

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

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ЗВАРЮВАННЯ імені Є.О. ПАТОНА**

КАФЕДРА ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

"На правах рукопису"
УДК 621.791

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ В.В. Квасницький

“ ” _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему:

**«Установка для маловідходного виробництва прокатних профілів зі
зварних блюмів»**

Виконав: студент II курсу, групи ЗС-21мп
Гаращенко Павло Валерійович

(підпис)

Керівник:

Доцент, к. т. н., доцент. Чвертко Євгенія Петрівна

(підпис)

Консультант з охорони праці:

Професор, д. т. н., проф. Левченко Олег Григорович

(підпис)

Консультант з розроблення стартап-проєкту:

Доцент, к. е. н., доцент Глущенко Ярослава Іванівна

(підпис)

Рецензент:

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені
Є.О. Патона

Кафедра зварювального виробництва

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«___» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Гаращенко Павлу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Установка для маловідходного виробництва прокатних профілів зі зварних блюмів

науковий керівник Чвертко Євгенія Петрівна, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «08» листопада 2023 р. № 5195-с

2. Термін подання студентом дисертації «30» грудня 2023р.

3. Об'єкт дослідження процес зварювання блюмсів

4. Вихідні дані матеріал блюмсів — сталь групи 1.1 ISO/TR 15608; розміри поперечного перерізу блюмсів — 50x50 мм; продуктивність установки 100 стиків на годину; умови зварювання - цехові

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз виробу та можливих способів зварювання, вибір оптимального способу, його характеристика із зазначенням можливих дефектів; розробка технічного завдання на проектування установки; компонування функціональної схеми установки; розрахунок основних характеристик зварювального трансформатора, вторинного контура та знімача грату; компонування електричної частини установки; визначення послідовності роботи вузлів і систем; визначення

заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; розробка стартап-проєкту

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: технологія зварювання виробу, функціональна схема та циклограма роботи установки; загальний вигляд установки; креслення зварювального трансформатора; креслення вузла для зняття ґрату; схема електрична принципова.

7. Орієнтовний перелік публікацій: -

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розроблення стартап-проєкту	Глуценко Я.І., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Левченко О.Г., зав.каф.		

9. Дата видачі завдання 8 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Систематизація і оброблення матеріалів для включення до пояснювальної записки	20 листопада 2023 р.	
2	Розроблення проєктної частини	04 грудня 2023 р.	
3	Збір додаткових матеріалів, детальне розроблення та обґрунтування проєктних рішень	18 грудня 2023 р.	
4	Оформлення графічно-ілюстративного матеріалу	25 грудня 2023 р.	
5	Літературне оброблення і остаточне оформлення пояснювальної записки	30 грудня 2023 р.	

Студент

Павло ГАРАЩЕНКО

Науковий керівник

Євгенія ЧВЕРТКО

РЕФЕРАТ

Проект присвячений розробці машини для безперервного стикового зварювання сталевих прокату гарячим розплавом.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки на одній сторінці з ілюстраціями, таблицями та додатками.

Ілюстрації складаються з 5 креслеників формату А1 та 3 А2.

Список використаних джерел містить 23 посилань.

Метою роботи є проектування системи зварювання сталевих заготовок. Проведено аналіз можливих методів зварювання: дугове зварювання плавленням, безперервне стикове зварювання плавленням та зварювання тертям. За результатами аналізу обрано спосіб зварювання: контактне стикове зварювання безперервним оплавленням.

Визначено основні параметри режиму зварювання.

Підготовлено технічне завдання на проектування.

Розроблено структуру установки та систему керування. Розроблено алгоритми роботи установки.

Проведено розрахунок вторинних контурів машини.

Враховані питання охорони праці та навколишнього середовища. Виконано вентиляційні розрахунки.

Ключові слова: безперервне стикове зварювання плавленням, сталевий прокат, обладнання, система управління, техніко-економічне обґрунтування, охорона праці.

ABSTRACT

The project is devoted to the development of a machine for continuous hot melt butt welding of rolled steel.

The diploma project consists of an explanatory note on one page with illustrations, tables and appendices.

The illustrations consist of 5 A1 and 3A2 format drawings.

The list of used sources contains 23 links

The purpose of the work is to design a system for welding steel blanks. An analysis of possible welding methods was carried out: arc fusion welding, continuous butt fusion welding and friction welding. Based on the results of the analysis, the welding method was chosen: contact butt welding by continuous reflow.

The main parameters of the welding mode are defined.

A design brief has been prepared.

The structure of the installation and the control system have been developed. Algorithms for the operation of the installation have been developed.

The secondary contours of the machine were calculated.

Labor and environmental protection issues are taken into account. Ventilation calculations have been made.

Key words: continuous fusion butt welding, rolled steel, equipment, control system, feasibility study, labor protection.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	0
ВСТУП.....	0
1.ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ЗВАРЮВАННЯ.....	1
1.1. Характеристика матеріалу, що зварюється	1
1.1.1.Фізичні властивості зварюваного матеріалу.	1
1.1.2. Хімічна властивість зварюваного матеріалу.	3
1.1.3.Механічні властивості зварюваного матеріалу.	4
2. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ, ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКА ЗІ ЗАЗНАЧЕННЯМ МОЖЛИВИХ ДЕФЕКТІВ	16
2.1 Вибір оптимального способу зварювання.....	16
2.2 Характеристика процесу зварювання.	27
2.3 Розрахунок параметрів режиму зварювання.....	31
2.4 Види дефектів та методи їх усунення	35
3. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ	43
4. КОМПОНУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ.....	47
4.1. Розробка функціональної схеми установки	47
4.2. Циклограма роботи елементів установки	48
5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИННОГО КОНТУРУ.....	50
5.1 Активний опір контурів	51
5.2 Розрахунок індуктивного опору контурів.....	55
5.3 Розрахунок повного опору контурів машини	55

					ЗС-21мп.00.00.000.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гарашенко П.В.			Установка для маловідходного виробництва прокатних профілів зі зварних блюмів	Літ.	Арк.
Перевір.		Чвертко Є.П.					Аркушів
Н. контр.		Лисак В.В.				КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Патона	
Затверд.		Квасницький В.В.					

6. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ УСТАНОВКИ ТА КОНСТРУКЦІЯ ОСОВНИХ ЇЇ ВУЗЛІВ ТА ПРИСТРОЇВ	57
6.1. Структура установки	57
6.2. Опис конструкції зварювальної машини.....	57
7. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ САК УСТАНОВКИ; ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ БЛОКІВ САК.....	60
7.1. Опис складу і порядку роботи електричної частини установки	60
7.2. Привод оплавлення.....	61
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
8.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів	64
8.1.1 План виробничого приміщення	65
8.1.2 Оцінка умов праці.....	67
8.1.3 Рівень шуму	68
8.1.4 Підвищена напруга в електричному колі	70
8.1.4 Електромагнітні випромінювання	72
8.1.5 Машини, механізми і вироби, що рухаються, в тому числі приводи стискання	76
8.2 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці.....	77
8.3 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	80
8.3.1 Пожежна безпека	80
8.3.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	82
9. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	83
9.1. Опис ідеї проекту.....	83
9.2. Технологічний аудит ідеї проекту	87
9.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	88
9.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	95
9.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	97
9.6 Висновки	99

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	103
ДОДАТКИ	106

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Вироби з профільного прокату мають широке застосування. Їх використовують на транспорті, в будівництві та на виробництві.

Матеріал профілів - низьковуглецева сталь. Їх можна з'єднувати найрізноманітнішими методами зварювання плавленням і зварюванням під тиском, але властивості з'єднання є невизначеними.

Зварювання плавленням вимагає додаткових витратних матеріалів, а властивості зварного з'єднання варіюються від з'єднання до з'єднання.

При зварюванні безперервним оплавленням в аналогічних групах виробів якість з'єднання постійна, якщо робочі параметри утримуються в певних межах. Загалом, цей метод не вимагає створення додаткової оснастки для складання і зварювання виробу, а також немає особливих вимог до підготовки торців деталей. Єдиною додатковою роботою є зняття сітки.

Для виконання цього методу розроблено машину контактного стикового зварювання квадратного прокату. Для цієї машини розраховано параметри вторинного контуру.

В ході виконання проекту розроблено проект конструкції обладнання та вузлів машини для стикового зварювання.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРІАЛУ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ЗВАРЮВАННЯ

1.1. Характеристика матеріалу, що зварюється

Низьковуглецеві сталі мають вміст вуглецю менше 0,25%. Вона також відома як м'яка сталь через свою низьку міцність, низьку твердість і м'якість. Це найпоширеніша марка сталі на ринку, і її властивості прийнятні для багатьох застосувань. М'яка сталь містить близько 0,05-0,25% вуглецю, тому вона пластична, має відносно низьку міцність на розрив і легко піддається деформації. Деякі деталі машин, що вимагають зносостійкості, піддаються термічній обробці, наприклад, цементації.

М'які сталі характеризуються коротким часом відпуску, м'якістю, стійкістю до пресування і пластичністю. Їх легко кувати, зварювати, різати та виконувати різні інші операції. Вони часто використовуються у виробництві прутків, пресованих деталей, ланцюгів, заклепок, болтів і дроту.

1.1.1.Фізичні властивості зварюваного матеріалу.

Температура плавлення

Температура плавлення низьковуглецевої сталі становить 1400-1500 °С. Це означає, що вона плавиться при нагріванні до цієї температури і стає рідкою. Температура плавлення низьковуглецевої сталі залежить від її хімічного складу. Вміст легуючих елементів, таких як марганець, кремній, нікель, хром, молібден та ін., може підвищити температуру плавлення сталі.

Теплопровідність

Теплопровідність низьковуглецевої сталі становить 45-50 Вт/(м·К). Це означає, що вона добре проводить тепло. Теплопровідність низьковуглецевої сталі залежить від її структури. Вміст легуючих елементів може підвищити теплопровідність сталі.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електропровідність

Електропровідність низьковуглецевої сталі становить 50-60 мкОм·м. Це означає, що вона добре проводить електричний струм.

Електропровідність низьковуглецевої сталі залежить від її структури. Вміст легуючих елементів може підвищити електропровідність сталі.

Магнітна сприйнятливість

Магнітна сприйнятливість низьковуглецевої сталі низька. Це означає, що вона слабо притягується до магніту. Магнітна сприйнятливість низьковуглецевої сталі залежить від її структури. Вміст легуючих елементів, таких як марганець, хром, молібден та ін., може підвищити магнітну сприйнятливість сталі.

Додаткова інформація

- Вплив вмісту вуглецю на фізичні властивості низьковуглецевої сталі

З підвищенням вмісту вуглецю в низьковуглецевій сталі зростає її твердість, міцність і жорсткість, а також знижується пластичність, оброблюваність різанням і зварюваність.

- Вплив легування на фізичні властивості низьковуглецевої сталі

Добавка легуючих елементів в низьковуглецеву сталь може підвищити її міцність, твердість, жорсткість, пластичність, оброблюваність різанням і зварюваність, а також її стійкість до корозії.

- Приклади застосування низьковуглецевої сталі з урахуванням її фізичних властивостей

- Детали машин і механізмів з складною конфігурацією. Завдяки високій пластичності низьковуглецеву сталь можна легко і швидко формувати в складні вироби.

- Будівельні конструкції. Завдяки високій міцності низьковуглецеву сталь можна використовувати для виготовлення будівельних конструкцій, які повинні витримувати великі навантаження.

- Обладнання, що працює в агресивних середовищах. Завдяки високій стійкості до корозії низьковуглецеву сталь можна використовувати для виготовлення обладнання, яке буде працювати в агресивних середовищах.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2. Хімічна властивість зварюваного матеріалу.

Основним легуючим елементом низьковуглецевої сталі є вуглець. Вуглець впливає на такі хімічні властивості сталі, як:

- Корозійна стійкість. Вуглець підвищує схильність сталі до корозії. Це пов'язано з тим, що вуглець утворює карбіди, які є більш активними, ніж сталь.
- Взаємодія з кислотами і лугами. Вуглець підвищує схильність сталі до взаємодії з кислотами і лугами. Це пов'язано з тим, що вуглець утворює карбонати і гідроксиди, які є більш розчинними, ніж сталь.

Крім вуглецю, низьковуглецева сталь може містити інші легуючі елементи, такі як:

- Марганець підвищує міцність і зносостійкість сталі.
- Кремній підвищує міцність і зварюваність сталі.
- Нікель підвищує міцність, корозійну стійкість і жаростійкість сталі.
- Хром підвищує міцність, корозійну стійкість і жаростійкість сталі.
- Молібден підвищує міцність і жаростійкість сталі.

Вміст цих легуючих елементів в низьковуглецевій сталі зазвичай не перевищує 1%.

Корозійна стійкість низьковуглецевої сталі

Корозія – це процес руйнування металу під впливом навколишнього середовища. Низьковуглецева сталь схильна до корозії в агресивних середовищах, таких як:

- Кислоти, такі як соляні, азотні та сірчані кислоти.
- Луги, такі як каустична сода і натрій гідроксид.
- Морська вода.
- Повітря з підвищеною вологістю.

Щоб підвищити корозійну стійкість низьковуглецевої сталі, її можна легувати марганцем, хромом, нікелем або іншими легуючими елементами. Також можна застосовувати поверхневі покриття, такі як цинкування, хромування або фарбування.

Взаємодія низьковуглецевої сталі з кислотами і лугами

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Низьковуглецева сталь взаємодіє з кислотами і лугами, утворюючи карбонати і гідроксиди. Ці продукти взаємодії є більш розчинними, ніж сталь, і можуть призвести до її руйнування.

Щоб зменшити взаємодію низьковуглецевої сталі з кислотами і лугами, її можна легувати марганцем, хромом або іншими легуючими елементами. Також можна застосовувати поверхневі покриття, такі як цинкування, хромування або фарбування.

Приклади застосування низьковуглецевої сталі в залежності від хімічних властивостей

- Для виготовлення деталей, які працюють в агресивних середовищах, низьковуглецеву сталь легують марганцем, хромом, нікелем або іншими легуючими елементами. Наприклад, для виготовлення деталей, які працюють в морській воді, використовують низьковуглецеву сталь з підвищеним вмістом марганцю.
- Для виготовлення деталей, які не працюють в агресивних середовищах, низьковуглецеву сталь можна використовувати без легування. Наприклад, для виготовлення корпусів, осей, втулок і інших деталей машин і механізмів можна використовувати низьковуглецеву сталь без легування.

1.1.3.Механічні властивості зварюваного матеріалу.

Механічні властивості низьковуглецевої сталі залежать від її хімічного складу, структури і стану поверхні.

Міцність

Міцність – це здатність матеріалу чинити опір деформації при дії навантаження. Міцність низьковуглецевої сталі відносно низька. У стані поставки (відпаленому) міцність низьковуглецевої сталі становить 250-350 Мпа.

При гарячому деформуванні міцність низьковуглецевої сталі можна підвищити до 450-550 Мпа. При холодному деформуванні міцність низьковуглецевої сталі можна підвищити до 600-700 Мпа.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пластичність

Пластичність – це здатність матеріалу деформуватися без руйнування. Пластичність низьковуглецевої сталі висока. У стані поставки (відпаленому) пластичність низьковуглецевої сталі становить 15-20%. При гарячому деформуванні пластичність низьковуглецевої сталі підвищується. При холодному деформуванні пластичність низьковуглецевої сталі знижується.

Зварюваність

Зварюваність – це здатність матеріалу утворювати міцне і герметичне з'єднання при зварюванні. Зварюваність низьковуглецевої сталі висока. Зварювання низьковуглецевої сталі можна проводити різними методами, такими як ручне дугове зварювання, автоматичне дугове зварювання, контактне зварювання та ін.

Оброблюваність різанням

Оброблюваність різанням – це здатність матеріалу піддаватися обробці різанням, наприклад, струганню, різанню, свердленню та токаренню. Оброблюваність різанням низьковуглецевої сталі висока. З низьковуглецевої сталі можна легко і швидко виготовляти деталі з складною конфігурацією.

Залежність механічних властивостей від вмісту вуглецю

Міцність, пластичність, зварюваність і оброблюваність різанням низьковуглецевої сталі залежать від її вмісту вуглецю. З підвищенням вмісту вуглецю міцність і жорсткість низьковуглецевої сталі підвищуються, а пластичність, зварюваність і оброблюваність різанням знижується.

- У стані поставки (відпаленому) низьковуглецева сталь має структуру перліту.
- При гарячому деформуванні низьковуглецева сталь переплавляється і утворює структуру аустеніту.
- При холодному деформуванні низьковуглецева сталь отримує структуру мартенситу.

Застосування низьковуглецевої сталі з урахуванням механічних властивостей

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Низьковуглецева сталь з високою пластичністю і зварюваністю використовується для виготовлення деталей, які повинні мати високу гнучкість і міцність на розрив. Наприклад, з низьковуглецевої сталі виготовляють корпуси, осі, втулки, шестерні та інші деталі машин і механізмів.

Низьковуглецева сталь з високою міцністю використовується для виготовлення деталей, які повинні витримувати великі навантаження. Наприклад, з низьковуглецевої сталі виготовляють балки, колони, ферми та інші будівельні конструкції.

Низьковуглецева сталь з високою оброблюваністю різанням використовується для виготовлення деталей з складною конфігурацією. Наприклад, з низьковуглецевої сталі виготовляють деталі машин і механізмів, які вимагають тонкої обробки.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ, ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКА ЗІ ЗАЗНАЧЕННЯМ МОЖЛИВИХ ДЕФЕКТІВ

2.1 Вибір оптимального способу зварювання

Характеристики матеріалу, які в подальшому будемо використовувати для розрахунків:

1. коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda = 0,02 \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}},$$

2. густина матеріалу:

$$\gamma = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

3. коефіцієнт теплопровідності:

$$c = 461 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

4. температура плавлення:

$$T_{\text{пл}} = 1803 \text{ К},$$

5. коефіцієнт температуропровідності:

$$a = 0,73 \cdot 10^{-4} \frac{\text{см}^2}{\text{К}}.$$

6. питомий опір:

$$\rho = 75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Максимальна площа поперечного перерізу зварюваних деталей:

$$F = 2500 \text{ мм}^2.$$

Для отримання заданого з'єднання можливе використання таких способів зварювання:

1. Ручне дугове зварювання;

2. Зварювання тертям;

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Контактне стикове зварювання безперервним оплавленням.

Розглянемо переваги та недоліки кожного з названих способів.

1. Ручне дугове зварювання (РДЗ) - це спосіб зварювання, при якому зварювані заготовки з'єднуються за рахунок плавлення металу в зоні зварювання електричною дугою.

Принцип дії РДЗ:

При РДЗ між зварювальною електродою і зварюваними заготовками встановлюється електрична дуга. Електрична дуга - це розряд між двома електродами в атмосфері газу або повітря. При пропусканні електричного струму через дугу виділяється велика кількість тепла, яке нагріває метал заготовок до температури плавлення. Плавлений метал заготовок утворює зварну ванну.

Обладнання для РДЗ:

Для РДЗ використовується наступне обладнання:

- Зварювальний апарат. Зварювальний апарат забезпечує подачу електричного струму до електроди і зварюваних заготовок.
- Електроди. Електроди - це присадний метал, який плавиться разом з металом заготовок і утворює зварну ванну.
- Зварювальні рукавиці. Зварювальні рукавиці захищають руки зварника від високої температури і опіків.
- Зварювальна маска. Зварювальна маска захищає очі і обличчя зварника від випромінювання електричної дуги.

Технологія РДЗ:

Технологія РДЗ складається з наступних етапів:

- Підготовка заготовок. Заготовки перед зварюванням повинні бути ретельно очищені від бруду, іржі та інших забруднень.
- Установка заготовок. Заготовки повинні бути встановлені так, щоб забезпечити доступ до місця зварювання.
- Запалювання дуги. Дугу можна запалити за допомогою іскрового або контактного способу.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Ведення дуги. Дугу ведуть так, щоб зварювальна ванна була рівномірною і не розтікалася.
- Закінчення зварювання. Зварювання закінчують, коли зварена ванна затвердіє.

Дефекти зварних швів при РДЗ:

При РДЗ можуть утворюватися такі дефекти зварних швів:

- Непровари. Непровари утворюються внаслідок неповного проплавлення заготовок.
- Тріщини. Тріщини утворюються внаслідок утворення напружень у зварних швах.
- Газові пори. Газові пори утворюються внаслідок утворення газів у зварних швах.
- Металургічні дефекти. Металургічні дефекти утворюються внаслідок нерівномірного розподілу елементів у зварних швах.

Застосування РДЗ:

РДЗ широко застосовується для зварювання різних матеріалів, у тому числі:

- Листового металу. РДЗ широко використовується для зварювання листового металу, наприклад, для виготовлення корпусів автомобілів, холодильників, пральних машин.
- Дроту. РДЗ використовується для зварювання дроту, наприклад, для виготовлення зварних конструкцій, арматури.
- Труб. РДЗ використовується для зварювання труб, наприклад, для виготовлення трубопроводів, сантехнічних виробів.

РДЗ застосовується в різних галузях промисловості, у тому числі в машинобудуванні, будівництві, електротехніці, авіації та космонавтиці.

Переваги РДЗ:

Основними перевагами РДЗ є:

- Широкий спектр застосування. РДЗ можна використовувати для зварювання різних матеріалів, у тому числі листового металу, труб, профілів.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Висока продуктивність. РДЗ є одним з найпродуктивніших способів зварювання.
- Можливість зварювання в різних положеннях. РДЗ можна використовувати для зварювання в різних положеннях, у тому числі в нижньому, горизонтальному і вертикальному положеннях.

Недоліки РДЗ:

Основними недоліками РДЗ є:

- Висока вимогливість до підготовки заготовок. Заготовки перед зварюванням повинні бути ретельно.

2. Зварювання тертям - це метод зварювання, при якому зварювані заготовки з'єднуються за рахунок пластичної деформації металу в зоні зварювання, яка виникає внаслідок тертя цих заготовок одна об одну.

Існує два основних види зварювання тертям:

- Зварювання тертям з оплавленням. При цьому виді зварювання заготовки нагрівають до температури плавлення внаслідок тертя, а потім, після припинення тертя, їх з'єднують за рахунок пластичної деформації.
- Зварювання тертям з перемішуванням. При цьому виді зварювання заготовки нагрівають до температури, при якій відбувається перемішування металу, а потім, після припинення тертя, їх з'єднують за рахунок пластичної деформації.

Основні процеси, що відбуваються при зварюванні тертям:

- Зближення заготовок. При зближенні заготовок між ними виникає тертя, яке супроводжується виділенням тепла.
- Нагрівання заготовок. Тепло, що виділяється при терті, нагріває заготовки.
- Оплавлення заготовок. При досягненні температури плавлення метал заготовок починає плавитися.
- Формування зварної ванни. Плавлений метал заготовок утворює зварну ванну.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- З'єднання заготовок. Після припинення тертя заготовки з'єднуються за рахунок пластичної деформації.

Переваги зварювання тертям:

- Висока продуктивність. При зварюванні тертям можна зварювати великі заготовки за короткий час.
- Висока якість зварних швів. При зварюванні тертям можна отримати зварювальні шви високої якості, без дефектів.
- Широкий спектр застосування. Зварювання тертям можна використовувати для зварювання різних матеріалів, у тому числі листового металу, труб, профілів.

Недоліки зварювання тертям:

- Висока вимогливість до підготовки заготовок. Заготовки для зварювання тертям повинні бути ретельно очищені від бруду, іржі та інших забруднень.
- Висока вартість обладнання. Обладнання для зварювання тертям є досить дорогим.

Технологія зварювання тертям використовується для зварювання широкого спектру виробів, у тому числі:

- Листового металу. Зварювання тертям широко використовується для зварювання листового металу, наприклад, для виготовлення корпусів автомобілів, холодильників, пральних машин.
- Труб. Зварювання тертям використовується для зварювання труб, наприклад, для виготовлення трубопроводів, сантехнічних виробів.
- Профілів. Зварювання тертям використовується для зварювання профілів, наприклад, для виготовлення металевих конструкцій.

Зварювання тертям застосовується в різних галузях промисловості, у тому числі в машинобудуванні, будівництві, електротехніці, авіації та космонавтиці.

Види обладнання для зварювання тертям:

- Станції зварювання тертям. Станції зварювання тертям призначені для автоматичного зварювання тертям.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Установки зварювання тертям. Установка зварювання тертям призначена для ручного або напівавтоматичного зварювання тертям.

Параметри режиму зварювання тертям:

- Швидкість зближення заготовок. Швидкість зближення заготовок визначає величину тертя між ними.

- Час зварювання. Час зварювання визначає тривалість нагрівання заготовок.

- Швидкість відведення заготовок. Швидкість відведення заготовок визначає швидкість з'єднання заготовок.

Дефекти зварних швів при зварюванні тертям:

- Непровари.

Непровари утворюються внаслідок неповного проплавлення заготовок.

- Тріщини.

Тріщини утворюються внаслідок утворення напружень у зварних швах.

- Газові пори

Газові пори утворюються внаслідок утворення газів у зварних швах.

Принцип дії.

При зварюванні тертям заготовки зближуються з певною швидкістю і притискаються одна до одної. При цьому між ними виникає тертя, яке супроводжується виділенням тепла. Тепло, що виділяється при терті, нагріває заготовки до температури плавлення або перемішування металу. Після припинення тертя заготовки з'єднуються за рахунок пластичної деформації.

Види зварювання тертям.

Як було сказано вище, існує два основних види зварювання тертям: з оплавленням і з перемішуванням.

Обладнання для зварювання тертям.

Обладнання для зварювання тертям складається з двох основних частин: приводу і робочого інструменту. Привід забезпечує зближення і відведення заготовок з певною швидкістю. Робочий інструмент призначений для створення тертя між заготовками.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри режиму зварювання тертям.

Параметри режиму зварювання тертям вибираються в залежності від товщини заготовок, матеріалу заготовок і вимог до якості зварних швів.

Дефекти зварних швів при зварюванні тертям.

Дефекти зварних швів при зварюванні тертям можуть утворюватися внаслідок неправильної підготовки заготовок, неправильного вибору режиму зварювання або неякісного обладнання.

Застосування зварювання тертям:

Зварювання тертям застосовується для зварювання широкого спектру виробів, у тому числі:

- Листового металу. Зварювання тертям широко використовується для зварювання листового металу, наприклад, для виготовлення корпусів автомобілів, холодильників, пральних машин.
- Труб. Зварювання тертям використовується для зварювання труб, наприклад, для виготовлення трубопроводів, сантехнічних виробів.
- Профілів. Зварювання тертям використовується для зварювання профілів, наприклад, для виготовлення металевих конструкцій.

Зварювання тертям застосовується в різних галузях промисловості, у тому числі в машинобудуванні, будівництві, електротехніці, авіації та космонавтиці.

Переваги зварювання тертям:

Основними перевагами зварювання тертям є:

- Висока продуктивність. При зварюванні тертям можна зварювати великі заготовки за короткий час.
- Висока якість зварних швів. При зварюванні тертям можна отримати зварювальні шви високої якості, без дефектів.
- Широкий спектр застосування. Зварювання тертям можна використовувати для зварювання різних матеріалів, у тому числі листового металу, труб, профілів.

Недоліки зварювання тертям:

Основними недоліками зварювання тертям є:

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Висока вимогливість до підготовки заготовок. Заготовки для зварювання тертям повинні бути ретельно очищені від бруду, іржі та інших забруднень.

- Висока вартість обладнання. Обладнання для зварювання тертям є досить дорогим.

Основні напрямки розвитку зварювання тертям:

- Розробка нових матеріалів для робочого інструменту. Робочий інструмент для зварювання тертям повинен бути міцним, теплопровідним і мати високу стійкість до зносу.

- Розробка нових технологій зварювання тертям. Мета розробки нових технологій зварювання тертям - підвищення продуктивності і якості зварних швів.

- Розробка обладнання для зварювання тертям. Мета розробки нового обладнання для зварювання тертям - зниження вартості обладнання і підвищення його продуктивності.

3. Контактне точкове зварювання безперервним оплавленням (КТОЗ)

- це вид контактного зварювання, при якому зварювальні електроди натискають на поверхні заготовок, нагрівають їх до температури плавлення, і потім, без переривання контакту, протягують їх по поверхні заготовок, утворюючи зварний шов.

Основні процеси, що відбуваються при КТОЗ, такі:

- Зближення електродів. При зближенні електродів між ними виникає електричне поле, яке створює силу притягання. Ця сила, разом з механічним тиском, що створюється електродами, забезпечує необхідний контакт між електродами і заготовками.

- Нагрівання заготовок. При контакті електродів і заготовок через них проходить електричний струм, який викликає нагрівання заготовок. Нагрівання відбувається внаслідок опору матеріалу заготовок електричному струму.

- Оплавлення заготовок. При досягненні температури плавлення матеріал заготовок починає плавитися.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Формування зварної ванни. Плавлений матеріал заготовок утворює зварну ванну.

- Протягування електродів. Електроди, без переривання контакту, протягуються по поверхні заготовок, формуючи зварний шов.

КТОЗ має ряд переваг перед іншими видами контактного зварювання:

- Висока продуктивність. При КТОЗ можна зварювати великі поверхні заготовок за короткий час.

- Висока якість зварних швів. При КТОЗ можна отримати зварювальні шви високої якості, без дефектів.

- Широкий спектр застосування. КТОЗ можна використовувати для зварювання різних матеріалів, у тому числі листового металу, дроту, труб.

Недоліки КТОЗ:

- Висока вартість обладнання. Обладнання для КТОЗ є досить дорогим.
- Висока вимогливість до підготовки заготовок. Заготовки для КТОЗ повинні бути ретельно очищені від бруду, іржі та інших забруднень.

Технологія КТОЗ використовується для зварювання широкого спектру виробів, у тому числі:

- Листового металу. КТОЗ широко використовується для зварювання листового металу, наприклад, для виготовлення корпусів автомобілів, холодильників, пральних машин.

- Дроту. КТОЗ використовується для зварювання дроту, наприклад, для виготовлення зварних конструкцій, арматури.

- Труб. КТОЗ використовується для зварювання труб, наприклад, для виготовлення трубопроводів, сантехнічних виробів.

КТОЗ може здійснюватися в ручному, напівавтоматичному та автоматичному режимах. У ручному режимі оператор самостійно керує процесом зварювання, в напівавтоматичному режимі оператор керує тільки початком і кінцем процесу зварювання, а в автоматичному режимі процес зварювання повністю автоматизований.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для КТОЗ застосовуються спеціальні електроди, які виготовляються з різних матеріалів, у тому числі з міді, латуні, срібла, золота. Електроди повинні бути міцними, теплопровідними і мати високу стійкість до окислення.

Параметри режиму КТОЗ, такі як сила струму, напруга, час зварювання, швидкість протягування електродів, вибираються в залежності від товщини заготовок, матеріалу заготовок і вимог до якості зварних швів.

Для підвищення якості зварних швів при КТОЗ застосовуються різні методи, такі як:

- Підігрів заготовок. Підігрів заготовок перед зварюванням дозволяє скоротити час зварювання і підвищити якість зварних швів.
- Захист зварної ванни. Захист зварної ванни від окислення дозволяє підвищити якість зварних швів і запобігти утворенню дефектів.
- Підтримка постійного струму. Підтримка постійного струму дозволяє підвищити якість зварних швів і запобігти утворенню дефектів.

При КТОЗ параметри режиму зварювання вибираються в залежності від товщини заготовок, матеріалу заготовок і вимог до якості зварних швів.

Сила струму є основним параметром режиму КТОЗ. Сила струму визначає величину теплового потоку, що виділяється в зоні контакту електродів і заготовок. Чим більша сила струму, тим швидше відбувається нагрівання заготовок і формування зварної ванни.

Напруга впливає на форму зварної ванни. При підвищеній напрузі зварена ванна стає більш плоскою, при зниженій напрузі - більш опуклою.

Час зварювання визначає тривалість контакту електродів і заготовок. Чим більший час зварювання, тим більша довжина зварної ванни.

Швидкість протягування електродів визначає швидкість руху зварної ванни. Чим більша швидкість протягування електродів, тим більша ширина зварної ванни.

Підігрів заготовок дозволяє скоротити час зварювання і підвищити якість зварних швів. При підігріві заготовок до температури 100-200 °C збільшується швидкість нагрівання заготовок і зменшується ймовірність утворення дефектів.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захист зварної ванни дозволяє підвищити якість зварних швів і запобігти утворенню дефектів. Для захисту зварної ванни від окислення застосовують різні методи, такі як:

- Аргонне середовище.

При зварювання в аргонному середовищі зварена ванна захищається від окислення потоком аргону.

- Газозахисна оболонка.

При зварювання в газозахисній оболонці зварена ванна захищається від окислення потоком інертного газу, наприклад, азоту або гелію.

- Порошкове покриття.

При зварювання з порошковим покриттям зварена ванна захищається від окислення шаром порошку, який плавиться разом з металом заготовок.

Підтримка постійного струму дозволяє підвищити якість зварних швів і запобігти утворенню дефектів. При зварювання постійним струмом відбувається більш рівномірний розподіл тепла в зоні контакту електродів і заготовок, що зменшує ймовірність утворення дефектів.

Дефекти зварних швів при КТОЗ

При КТОЗ можуть утворюватися такі дефекти зварних швів:

- Непровари.

Непровари утворюються внаслідок неповного проплавлення заготовок.

- Проміжні тріщини.

Проміжні тріщини утворюються внаслідок утворення напружень у зварних швах.

- Поверхневі тріщини.

Поверхневі тріщини утворюються внаслідок утворення напружень у поверхневому шарі зварних швів.

- Газові пори.

Газові пори утворюються внаслідок утворення газів у зварних швах.

- Металургічні дефекти.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Металургічні дефекти утворюються внаслідок нерівномірного розподілу елементів у зварних швах.

Для запобігання утворенню дефектів зварних швів при КТОЗ необхідно дотримуватися технології зварювання і правильно вибирати режими зварювання.

Використання КТОЗ

КТОЗ використовується для зварювання широкого спектру виробів, у тому числі:

- Листового металу. КТОЗ широко використовується для зварювання листового металу, наприклад, для виготовлення корпусів автомобілів, холодильників, пральних машин.
- Дроту. КТОЗ використовується для зварювання дроту, наприклад, для виготовлення зварних конструкцій, арматури.
- Труб. КТОЗ використовується для зварювання труб, наприклад, для виготовлення трубопроводів, сантехнічних виробів.

КТОЗ застосовується в різних галузях промисловості, у тому числі в машинобудуванні, будівництві, електротехніці, авіації та космонавтиці.

Загалом, вибір методу зварювання залежить від конкретних вимог проекту, матеріалів та умов експлуатації.

Призначаємо спосіб зварювання: контактне стикове зварювання безперервним оплавленням.

2.2 Характеристика процесу зварювання.

Стикове зварювання безперервним оплавленням здійснюється шляхом зближення деталей, які затискаються в електродах зварювальної машини. Електроди підключені до джерела зварювального струму, який нагріває торці деталей до плавлення (Рисунок 1). Після затискання деталей в електродах зварювальної машини на них подається напруга від трансформатора. Під впливом електричного струму деталі починають наближатися одна до одної. При зіткненні торців деталей їх поверхні плавляться (Рисунок 2).

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

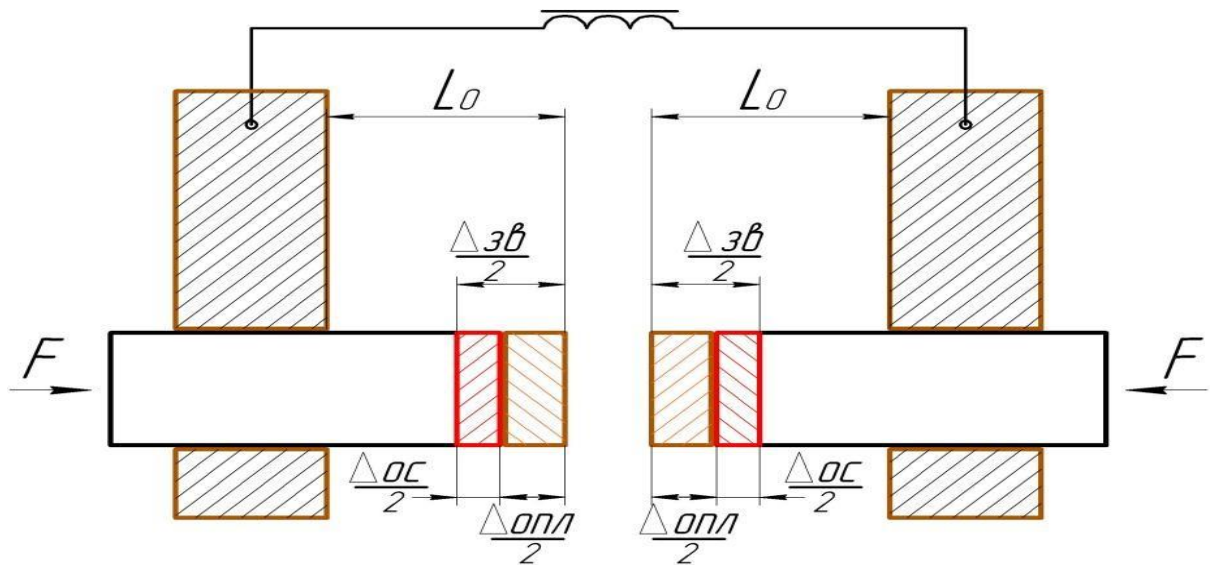
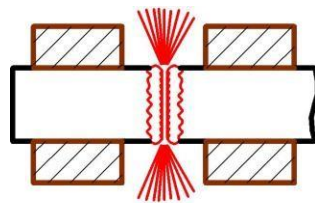


Рисунок 1. Схема стикового зварювання оплавленням:

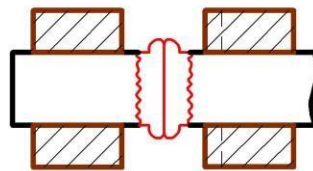
l_0 – установочна довжина деталей, що зварюються;

$\Delta_{зв}$ – припуск на зварювання; $\Delta_{опл}$ – припуск на опалвлення;

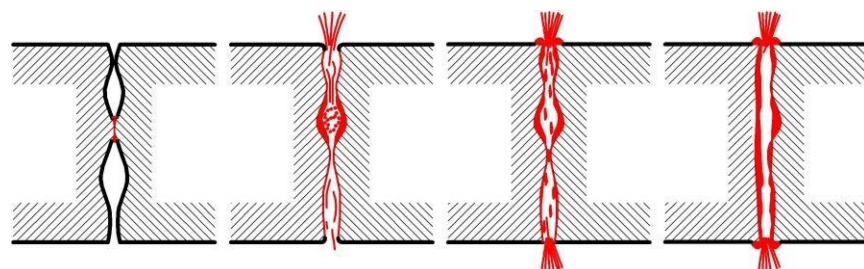
$\Delta_{ос}$ – припуск на осадку;



а/



б/



в/

Рисунок 2. Етапи формування з'єднання:

а - опалвлення; б - осадка; в – окремі стадії етапу опалвлення.

Під час зварювання опалвленням торці деталей не тільки плавляться, але й нагрівається приконтатна зона. Це необхідно для того, щоб деталі можна було пластично деформувати в завершальному етапі зварювання - осадці.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-21мп.00.00.000ПЗ

Арк.

28

Осадкою називається процес витиснення розплавленого металу разом з оксидами та іншими неметалевими включеннями з зони зварювання. Після цього торці деталей зближуються і деформуються. Ця деформація формує з'єднання, попереджуючи утворення дефектів литої структури і покращуючи властивості металу в з'єднанні.

Таким чином, процес зварювання оплавленням проходить у рідкій та твердій фазах. Для успішного зварювання необхідно, щоб на торцях деталей утворився шар розплавленого металу і досягалося певне поле температур в приконтактній зоні.

Під час першого контакту, через контакт протікає струм високої інтенсивності в точці з обох кінців (з невеликим зусиллям притискання). Внаслідок цього, метал контактної перемички миттєво нагрівається до температури кипіння і випаровується, руйнуючись вибуховим способом. Під час вибуху, частина металу перемички викидається з місця з'єднання у вигляді іскор і крапель.

Процес розпилення розплавленого металу під час зварювання під флюсом стрічковою пилкою на зварювальному триває до тих пір, поки на торцевих поверхнях деталей не утвориться рівномірний шар розплавленого металу. Тепло передається до металу деталей за допомогою іскрового проміжку.

Опір контакту між зварювальним швом і заготовкою під час контактного зварювання плавленням називається опором плавлення. Величина опору плавлення залежить від розміру і кількості рідинних містків, характеру поверхневого оксидного шару, перерізу деталі та природи зварюваного металу. Більшість тепла, що виділяється між електродами, припадає на опір плавлення, а саме 85-90%.

На заключній стадії плавлення збільшується кількість рідких містків, і їх провідність зростає. Для заданої довжини, питомий опір деталі під час зварювання монотонно зростає. Тільки на кінцевій стадії питомий опір металу деталі має значний вплив на процес тепловиділення.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після того, як деталь під час плавлення нагрілася на необхідну глибину і на всій поверхні торця утворився шар рідкого металу, він стискається під дією зварювального зусилля зі зростаючою швидкістю зварювання. Під час осадження, рідкий метал проштовхується через з'єднання разом із оксидами та іншими забрудненнями, формуючи металевий зв'язок у з'єднанні від рідкої до твердої фази. З використанням відносно жорсткого режиму зварювання формуються з'єднання високої якості, де швидкість регенерації торцевих поверхонь наближається майже до 100%.

Процес зварювання відбувається в кілька етапів:

1. Притискання деталей. Деталі притискаються одна до одної зусиллям, достатнім для створення необхідного контакту між їхніми поверхнями.
2. Проходження електричного струму. Через деталі пропускається електричний струм, який створює в зоні контакту високий нагрів.
3. Оплавлення металу. Метал в зонах контакту плавиться під дією тепла, що виділяється при проходженні струму.
4. Злиття металу. Плавлений метал зливається в одну цілу масу, утворюючи зварний шов.

Швидкість оплавлення металу залежить від його теплопровідності, температури плавлення і сили струму. Чим більша теплопровідність металу, тим швидше він оплавляється. Чим нижча температура плавлення металу, тим також швидше він оплавляється. Сила струму впливає на температуру в зоні контакту, а отже, і на швидкість оплавлення.

Для стикового контактного зварювання оплавленням застосовують різні типи зварювальних машин. Найпростіші зварювальні машини мають два електроди, які притискають деталі одна до одної. Більш складні зварювальні машини мають додаткові пристрої для регулювання сили струму, частоти струму та інших параметрів зварювального процесу.

Стикове контактне зварювання оплавленням застосовується для зварювання деталей з різних матеріалів, таких як сталі, мідь, алюміній, латунь тощо. Цей метод зварювання має ряд переваг, зокрема:

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Висока продуктивність.
- Висока якість зварних швів.
- Можливість зварювання деталей з різними матеріалами.

Недоліками стикового контактного зварювання оплавленням є:

- Висока вартість обладнання.
- Необхідність попередньої підготовки деталей до зварювання.
- Неможливість зварювання деталей з великою товщиною.

2.3 Розрахунок параметрів режиму зварювання

Основними параметрами режиму стикового зварювання безперервним розплавом є інтенсивність і сила зварювального струму, швидкість підходу до деталі під час плавлення, перед осадженням і на початку осадження, припуски на шов, оплавлення і осадження, час плавлення і осадження, зусилля осадження і стиснення. Вихідними даними для розрахунків є матеріал і геометричні властивості поперечного перерізу деталі, що зварюється.

Розрахунок електричних параметрів режиму базується на визначенні зварювального струму і напруги з рівняння теплової потужності оплавлення $q_{опл}$. Величину її визначають із виразу [2]:

$$q_{опл} = Q \cdot V_{опл} \cdot F \cdot \gamma, \quad (1.1)$$

де Q , Дж/кг – енергія, що необхідна для оплавлення одиниці маси металу; $V_{опл}$, м/с – середня кінцева швидкість оплавлення (для низьковуглецевих сталей приймають у межах $(5...6) \cdot 10^{-3}$ м/с); F , м² – площа поперечного перерізу зварюваної деталі; γ , кг/м³ – щільність матеріалу.

З урахуванням несинусоїдальної форми кривої зварювального струму, усереднена потужність машини визначається за формулою :

$$P = \frac{U \cdot I \cdot X \cdot \cos \varphi}{\eta} \quad (1.2)$$

де U – вторинна напруга трансформатора, В; I – зварювальний струм, А; X – коефіцієнт, що дорівнює відношенню першої гармоніки струму до його

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діючого значення; $\cos\varphi$ – зсув фаз між напругою і першою гармонікою струму; η – ККД зварювальної машини.

Прирівнюючи $q_{опл}$ до P , одержуємо вираз для визначення зварювального струму :

$$I = \frac{Q \cdot V_{опл} \cdot F \cdot \gamma}{U} \cdot \frac{\eta}{X \cdot \cos\varphi} \quad (1.3)$$

При проведенні розрахунків для більшості зварюваних деталей U приймається в межах від 5,5 до 8,0 В (напруга зростає зі збільшенням перерізу деталей), а вираз $\frac{X \cdot \cos\varphi}{\eta} = 0,8 \div 0,9$.

Призначаємо середню кінцеву швидкість оплавлення $V_{опл} = 5,0$ мм/с.

За графіком рис. 5 [4] визначаємо необхідну енергію оплавлення:

$$Q = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

Призначаємо вторинну напругу трансформатора $U = 7$ В;

Обираємо значення виразу $\frac{\eta}{X \cdot \cos\varphi} = 0,8$.

Визначаємо величину зварювального струму і потужність зварювальної машини за формулами (1.3) та (1.2) відповідно:

$$I = \frac{Q \cdot V_{опл} \cdot F \cdot \gamma}{U} \cdot \frac{\eta}{X \cdot \cos\varphi} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2250 \cdot 10^{-6} \cdot 7850}{7} \cdot 0,8 = 20190 \text{ А.}$$

$$P = \frac{U \cdot I \cdot X \cdot \cos\varphi}{\eta} = \frac{7 \cdot 20190}{0,8} = 176700 \text{ Вт.}$$

Густина струму при оплавленні складе:

$$j = \frac{I}{F} = \frac{20190}{2250} = 8,97 \text{ А/мм}^2.$$

Еквівалентний опір між електродами при оплавленні можна прирівняти до опору оплавлення. Опір оплавлення визначається наближено за емпіричною формулою [2]:

$$R_{опл} = \frac{9500 \cdot k}{F^{\frac{2}{3}} \cdot V_{опл}^{\frac{1}{3}} \cdot j} \cdot 10^{-6}, \text{ Ом} \quad (1.4)$$

де $V_{опл}$ – швидкість оплавлення, см/с; F – площа перерізу деталей, см²;

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

j – густина зварювального струму, А/мм²; k – коефіцієнт, що враховує властивості

сталі (для низьковуглецевих сталей $k = 1,0$).

Отже, опір оплавлення (1.4):

$$R_{EKB} = R_{опл} = \frac{9500 \cdot k}{F^{\frac{2}{3}} \cdot V_{опл}^{\frac{1}{3}} \cdot j} \cdot 10^{-6} = \frac{9500 \cdot 1}{(2250 \cdot 10^{-2})^{\frac{2}{3}} \cdot (5 \cdot 10^{-1})^{\frac{1}{3}} \cdot 8,97} \cdot 10^{-6} = 170 \cdot 10^{-6} \text{ Ом.}$$

Геометричні параметри процесу зварювання проілюстровано на Рисунок 3

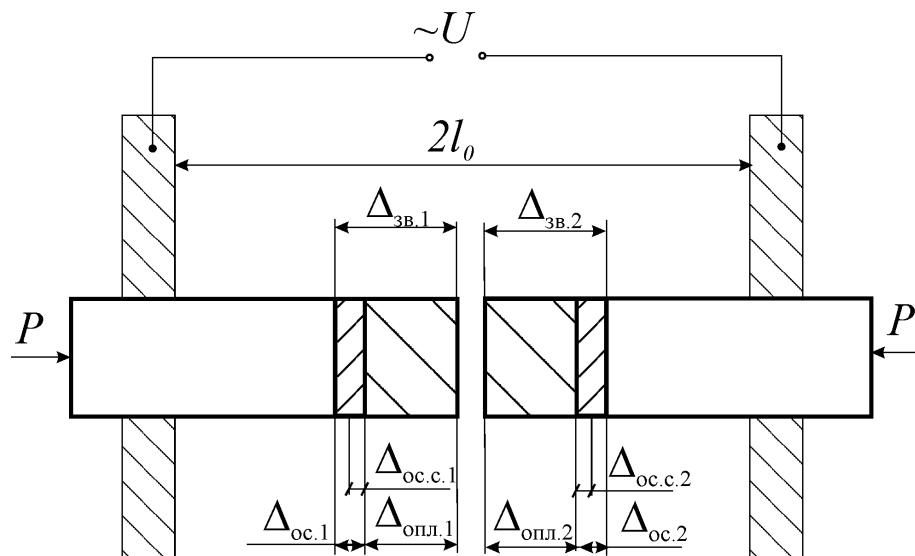


Рисунок 3 - Схема процесу стикового зварювання оплавленням

Припуск на зварювання обирають у залежності від площі поперечного перерізу деталей . Обираємо припуск на зварювання $\Delta_{зв} = 50...60$ мм

Інші припуски:

– на осадку: $\Delta_{ос} = (0,2...0,3) \cdot \Delta_{зв} \quad (1.6)$

– на осадку під струмом: $\Delta_{ос.с} = (0,5...0,8) \cdot \Delta_{ос} \quad (1.7)$

– на оплавлення: $\Delta_{опл} = (0,7...0,8) \cdot \Delta_{зв} \quad (1.8)$

Обчислюємо припуски за формулами (1.6) – (1.8):

– на осадку: $\Delta_{ос} = (0,2...0,3) \cdot \Delta_{зв} = (0,2...0,3) \cdot (50...60) = 10...18$ мм;

– на осадку під струмом: $\Delta_{ос.с} = (0,5...0,8) \cdot \Delta_{ос} = (0,5...0,8) \cdot (10...18) = 5,0...14$ мм;

– на оплавлення: $\Delta_{опл} = (0,7...0,8) \cdot \Delta_{зв} = (0,7...0,8) \cdot (50...60) = 35...48$ мм.

Визначимо кінематичні параметри процесу зварювання. Швидкість оплавлення $V_{опл}$ повинна збільшуватись наприкінці процесу та досягати максимального значення перед осадкою. Низька початкова швидкість оплавлення збільшує глибину прогрівання деталей, а висока кінцева швидкість оплавлення попереджує окислення металу на торцях деталей і забезпечує наявність шару розплавленого металу на них. Початкова швидкість осадки $V_{ос.поч}$ повинна бути не нижчою за певне значення, яке зростає зі збільшенням схильності металу до окислення.

Середня швидкість осадки визначається як $V_{ос.сер.} = 0,75 V_{ос.поч.}$

Отже, кінематичні параметри процесу зварювання:

- середня кінцева швидкість оплавлення: $V_{опл} = 5,0$ мм/с;
- початкова швидкість осадки (табл. 10 [4]): $V_{ос.поч} = 50$ мм/с;
- середня швидкість осадки: $V_{ос.сер} = 0,75 V_{ос.поч} = 38$ мм/с.

Тривалість процесів визначається за формулами :

- оплавлення:

$$t_{онл.} = \frac{\Delta_{онл.}}{V_{онл.сер.}} \quad (1.9)$$

- осадки:

$$t_{ос.} = \frac{\Delta_{ос.}}{V_{ос.сер.}} \quad (1.10)$$

- зварювання:

$$t_{зв} = t_{онл} + t_{ос.} \quad (1.11)$$

Визначимо тривалість процесів:

$$\text{– оплавлення: } t_{онл} = \frac{\Delta_{онл}}{V_{онл.сер}} = \frac{35...48}{0,75 \cdot 5} = 9,3...12,8 \text{ с;}$$

$$\text{– осадки: } t_{ос} = \frac{\Delta_{ос}}{V_{ос.сер}} = \frac{10...14}{38} = 0,26...0,38 \text{ с;}$$

$$\text{– зварювання: } t_{зв} = t_{онл} + t_{ос} = (9,3...12,8) + (0,26...0,38) = 9,56...13,18 \text{ с.}$$

Зусилля осадки, Н, визначають за формулою :

$$P_{ос} = p \cdot F \quad (1.12)$$

де p , МПа – тиск осадки.

Тоді зусилля затискання, Н, складатиме:

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{oc} = K_{зат} \cdot P_{OC} \quad (1.13)$$

де $K_{зат}$ – коефіцієнт затискання.

Визначаємо зусилля затискання та осадки:

- тиск осадки : $P = 100 \text{ МПа}$;
- зусилля осадки : $P_{oc} = P \cdot F = 100 \cdot 10^6 \cdot 2250 \cdot 10^{-6} = 225000 \text{ Н}$;
- коефіцієнт затискання : $K_{зат} = 2,0$;
- зусилля затискання : $P_{зат} = K_{зат} \cdot P_{oc} = 2,0 \cdot 225000 = 450000 \text{ Н}$.

2.4 Види дефектів та методи їх усунення

Контактне точкове зварювання - це спосіб з'єднання деталей, який забезпечує високу міцність зварного з'єднання. Однак, для отримання якісного зварного з'єднання необхідно правильно підібрати параметри зварювання.

Основними параметрами контактного точкового зварювання є сила електрода, зварювальний струм та час зварювання. Ці параметри впливають на розмір, форму та положення зварної точки.

Крім основних параметрів, на якість зварного з'єднання також впливають умови охолодження, фізичні властивості матеріалу, товщина матеріалу, розташування та форма електродів.

Неправильний вибір параметрів зварювання або порушення інших умов зварювання можуть призвести до утворення дефектів зварного з'єднання.

Дефекти контактного зварювання, що пов'язані з виробництвом, визначаються як ненавмисні відхилення від ідеального стану. Вони класифікуються за стандартом ДСТУ EN ISO 6520-2:2015 у наступні шість груп:

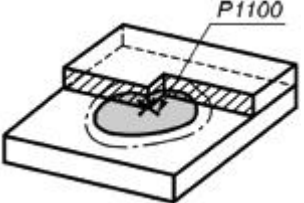
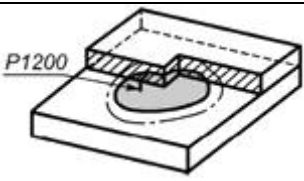
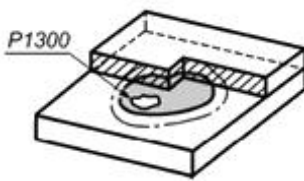
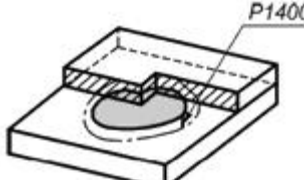
- Р1: тріщини;
- Р2: порожнини;
- Р3: тверді вclusions;
- Р4: непровар;
- Р5: дефект форми;

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Р6: будь-які інші дефекти, які не включені в групи Р1-Р5.

Класифікація дефектів при контактному точковому зварюванні наведена у вигляді назв, визначень та позначок наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Дефекти контактної зварювання [9]

Позначення дефекту	Найменування дефекту	Визначення та / або пояснення дефекту	Малюнки зварних швів з дефектами
Група 1 - Тріщини			
Р 100	Тріщини	Порушення суцільності викликане локальним розривом, який може бути результатом охолодження або перебільшення напруги	
Р 1001	Мікротріщини	Тріщина, видима зазвичай під мікроскопом	
Р 1100	Розгалужена тріщина	Численні тріщини, що розходяться від загальної центральної точки і зазвичай розташовані в литому ядрі зварної точки	
Р 1200	Тріщина на краю литого ядра зварної точки	Тріщина, часто у формі коми, яка може сягати в ЗТВ	
Р 1300	Тріщина в площині з'єднання	Тріщини, зазвичай спрямовані до краю області литого ядра	
Р 1400	Тріщина в зоні термічного впливу (ЗТВ)	Див. Стовець 2	

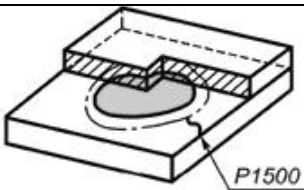
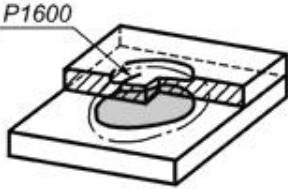
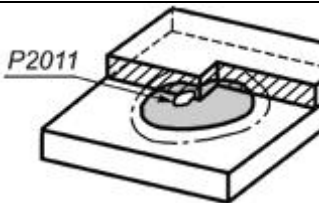
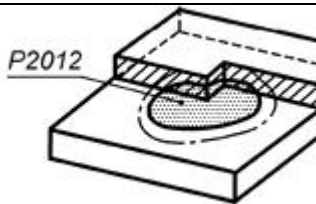
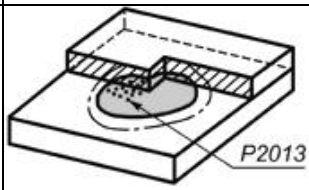
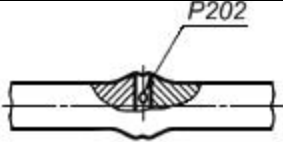
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-21мп.00.00.000ПЗ

Арк.

36

Продовження таблиці 2.1

Р 1500	Тріщина в сновному металі (позаЗТВ)	Див. Стовпець 2	
Р 1600	Поверхнева тріщина	Тріщина, що виходить на поверхню в зоні шва	
Група 2 - Порожнини			
Р 200	Порожнина	Див. Стовпець 2	
Р 201	Газова раковина	Порожнина, заповнена захопленим газом в області литого ядра, в шві або в зоні термічного впливу (ЗТВ)	
Р 2011	Газова пора	Газова раковина практично сферичної форми	
Р 2012	Рівномірна пористість	Ряд газових пор, розподілених порівняно рівномірно по металу шва	
Р 2013	Локалізована (кластерна) пористість	Рівномірно розподілена група пор	
Р 202	Усадкова раковина	Порожнина, утворена в металі зварного шва під час кристалізації	
Р 203	Раковина, утворена при зварювальному	Порожнина, утворена від незакритої при зварюванні	

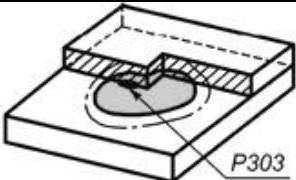
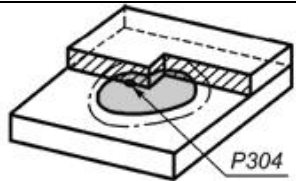
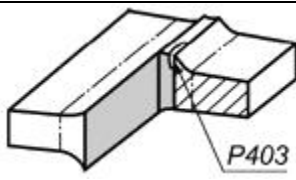
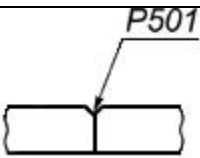
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-21мп.00.00.000ПЗ

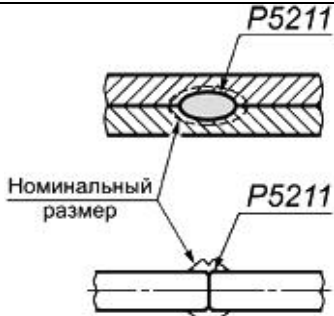
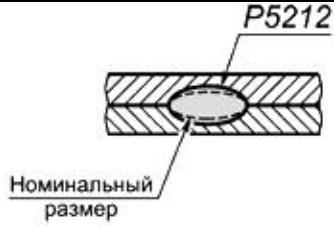
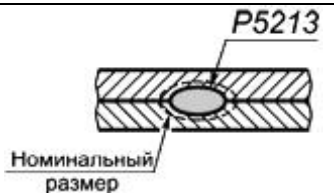
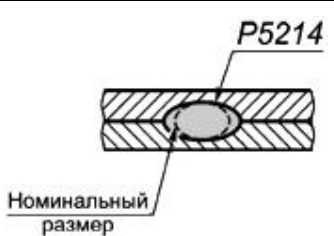
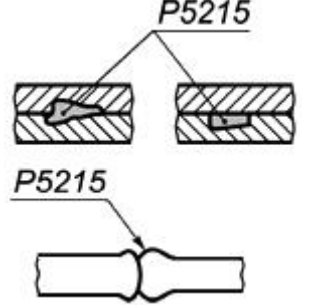
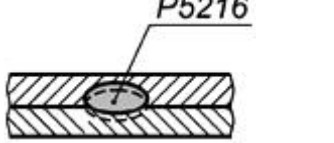
Арк.

37

Продовження таблиці 2.1

	відпуску	порожнини; може з'явитися при усадженні	
Група 3 - Тверді включення			
P 303	Оксидне включення	Тонкі включення оксидів металів в звареному шві (одиначні або група)	
P 304	Металеве включення	Частка стороннього металу, що потрапила в метал шва	
Група 4 - Непровар			
P 400	Непровар	Неповне розплавлення в з'єднанні	
P 401	Відсутність шва	Зварювальні поверхні не з'єдналися	
P 403	Недостатнє розплавлення (непроварений шов)	Зварювальні поверхні з'єдналися лише частково або недостатньо	
Група 5 - Неправильна форма і розміри			
P 500	Неправильна форма	Відхилення від необхідної форми сполуки	
P 501	Підріз	Канавка на поверхні, що утворилася в результаті зварювання	

Продовження таблиці 2.1

P 520	Деформування	Відхилення поверхні зварених заготовок від необхідних розмірів і форми	
P 521	Неправильні розміри литого ядра або зварного шва	Відхилення розмірів литого ядра або зварного шва від необхідних	
P 5211	Недостатня величина литого ядра або опади	Обсяг литого ядра металу занадто малий	
P 5212	Надмірна товщина литого ядра	Товщина литого ядра більша, ніж потрібно	
P 5213	Занадто маленький діаметр литого ядра	Діаметр литого ядра менше, ніж це потрібно	
P 5214	Занадто великий діаметр литого ядра	Діаметр литого ядра більше, ніж це потрібно	
P 5215	Асиметрія литого ядра або області усадки	Асиметрія форми і / або розташування литого ядра або усадки	
P 5216	Недостатня глибина проплавлення в	Глибина проплавлення в зоні литого ядра в одній з деталей, що з'єднуються,	

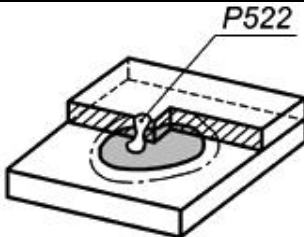
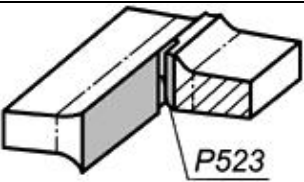
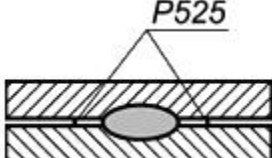
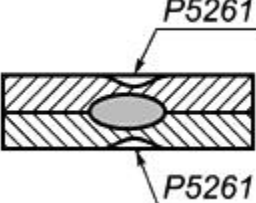
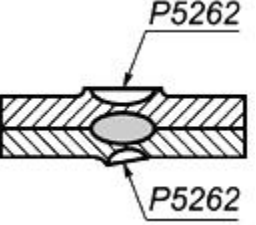
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЗС-21мп.00.00.000ПЗ

Арк.

39

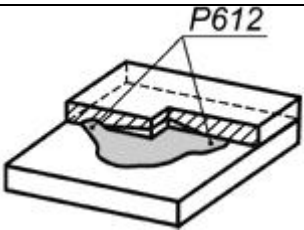
Продовження таблиці 2.1

	зоні литого ядра	виміряна від площини з'єднання, недостатня	
P 522	Пропал з одного боку	Глухий отвір в місці зварного шва, що утворився через виплеск розплавленого металу	
P 523	Пропал зони литого ядра або шва	Наскрізний отвір в місці шва, викликаний виплеском розплавленого металу	
P 524	Занадто велика зона термічного впливу	ЗТВ більша, ніж потрібно	
P 525	Занадто велика розбіжність листів	Зазор між поверхнями зварених деталей більше максимально допустимого	
P 526	Дефект поверхні	Відхилення зовнішнього вигляду поверхні звареної деталі від необхідного безпосередньо після зварювання	
P 5261	Поглиблення	Місцеві поглиблення на поверхні звареного виробу в місці дотику електрода	
P 5262	Виступ на поверхні	Буртики матеріалу, що утворилися в вигляді усадки або грата поруч з місцем вдавнення електрода	
P 5263	Налипання матеріалу електрода	Матеріал електрода прилипає до поверхні звареного виробу	

Кінець таблиці 2.1

P 5264	Неправильне вдавнення електрода	Відхилення розмірів відбитка електрода від необхідних	
P 52641	Надмірне вдавнення	Може бути таке: діаметр або ширина вдавнення більше, ніж потрібно;	
P 52642	Надмірна глибина вдавнення електрода	Глибина вдавнення електрода більше, ніж потрібно;	
P 52643	Неоднакове вдавнення електрода	Глибина і / або діаметр або ширина вдавнення не постійні	
P 5266	Оплавлення в місці затискачів (через пригорання)	Оплавлення на поверхні звареного виробу в місці струмопідводу	
P 5268	Пошкоджене покриття	Див. Стовпець 2	

Група 6 - Інші дефекти

P 600	Інші дефекти	Всі дефекти, які не можна віднести до груп 1-5	
P 602	Бризки металу	Металеві краплі, які прилипли до поверхні звареного виробу	
P 6011	Кольори мінливості (видима окісна плівка)	Окислена поверхня в зоні зварної точки або зварного шва	
P 612	Видавлювання матеріалу (виплеск шва)	Розплавлений метал, віддалений із зони шва, включаючи розбризкування	

Більшість дефектів контактного точкового зварювання складно виявити під час зварювання. Тому в цьому розділі буде розглянуто виплески, які є одним із найпоширеніших і найпростіших у виявленні дефектів.

Виплески - це викид розплавленого металу з зони зварювання. Вони можуть виникати між електродом і листовим металом або між деталями.

Поверхневі виплески негативно впливають на якість поверхні листового металу і знижують стійкість електродів. Міжфазні виплески погіршують міцність зварної точки і можуть супроводжуватися іншими дефектами.

Виплески можна виявити неозброєним оком або за допомогою вимірювання енергетичних параметрів.

Цей варіант мене подобається більше, тому що він більш лаконічний і зрозумілий. Він також містить більш детальну інформацію про виплески, включаючи їхні типи, причини виникнення та наслідки.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЄКТУВАННЯ

1. Назва та сфера застосування

1.1. Установка для проведення контактного стикового зварювання труб і видалення внутрішнього грату *ЗС-21мп.00.01.000ВЗ* (надалі - Установка) призначена для використання в економіці.

1.2. Установка призначена для експлуатації у виробничих умовах.

2.2. Підстава для розробки

2.2.1. Основою для проведення розробки є завдання для магістерської дисертації, визначене відповідно до наказу Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" (НТУУ "КПІ").

2.3. Мета і призначення розробки

2.3.1. Необхідність проведення даної розробки виникає внаслідок підвищення вимог до якості зварних з'єднань та збільшення їх кількості.

2.3.2. Установка розробляється для автоматизованого стикового зварювання.

2.3.3. Розроблювана установка є модернізованою версією.

2.3.4. Установка призначена для виробництва у кількості 5 одиниць.

2.4. Джерела розробки

2.4.1. Перелік основних документів на основі результатів попередніх робіт, які мають використовуватися при розробці.

2.4.1.1. Установка для зварювання труб К1010.

2.4.1.2. Механізм видалення внутрішнього грату К1170.

2.5. Технічні вимоги

2.5.1. Технічні вимоги до зварюваного виробу

2.5.1.1. Зварюваний виріб – квадратні блямси.

2.5.1.2. Матеріал виробу – сталь групи 1.1 ISO/TR 15608.

2.5.1.3. Розміри блямсів:

– переріз – квадрат 50 x 50 мм;

– довжина профілю – необмежена.

					<i>ЗС-21мп.00.00.000ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5.1.4. Вимоги до якості підготовки деталей

Зовнішню поверхню блямсів в місцях, де підводиться струм, слід очищувати до досягнення металевого блиску.

Вимог до якості обробки кромek деталей немає.

2.5.1.6. Вимоги до якості швів будуть додатково визначені.

2.5.2. Склад установки та вимоги до її конструкції

2.5.2.1. Установка складається з наступних компонентів, які перераховані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Компоненти установки

Найменування	Кількість	Призначення	Примітки
1. Машина зварювальна	1		
2. Механізм видалення грату	1		

2.5.2.2. Установка здійснює контактне стикове зварювання блямсів і відсічення грату відповідно до циклограми (див. плакат).

2.5.2.3. Режими роботи установки:

- автоматичний;
- ручний.

Тривалість включення – 50 %.

2.5.2.4. Задана продуктивність установки – 8 стиків на годину.

2.5.3. Технічні характеристики зварювальної машини:

- номінальний вторинний струм - 60 кА

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зусилля осадки - 225 кН
- максимальне зусилля затискання - 450 кН
- привод оплавлення - гідравлічний
- привод осадки - гідравлічний
- привод затискання - гідравлічний.

2.5.4. Технічні характеристики механізму видалення ґрату:

- привід механізму видалення ґрату - гідравлічний
- кут різання, градус - 6
- лінійна швидкість, мм/с - 10.

2.5.5. Вимоги до конструкції та технічні характеристики вузлів

2.5.5.1. Кліматичне виконання – УХЛЗ згідно з ГОСТ15150-69:

- температура повітря, градус Цельсія - від -40 до +45;
- верхнє та нижнє значення відносної вологості повітря при температурі +25°С - 98 %
- категорія розміщення при експлуатації – виробничі приміщення, які опалюються і мають вентиляцію.

2.5.2.2. Установка здійснює контактне стикове зварювання блямсів і відсічення ґрату відповідно до циклограми (див. плакат).

2.5.2.3. Режими роботи установки:

- автоматичний;
- ручний.

Тривалість включення – 50 %.

2.5.2.4. Задана продуктивність установки – 100 стиків на годину.

2.5.3. Технічні характеристики зварювальної машини:

- номінальний вторинний струм - 60 кА
- зусилля осадки - 225 кН
- максимальне зусилля затискання - 450 кН
- привод оплавлення - гідравлічний
- привод осадки - гідравлічний

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- привод затискання - гідравлічний.

2.5.4. Технічні характеристики механізму видалення ґрату:

- привід механізму видалення ґрату - гідравлічний

- кут різання, градус - 6

- лінійна швидкість, мм/с - 10.

2.5.5. Вимоги до конструкції та технічні характеристики вузлів

2.5.5.1. Кліматичне виконання – УХЛЗ згідно з ГОСТ15150-69:

- температура повітря, градус Цельсія - від -40 до +45;

- верхнє та нижнє значення відносної вологості повітря при температурі +25°С - 98 %

- категорія розміщення при експлуатації – виробничі приміщення, які опалюються і мають вентиляцію.

2.5.5.2. Робоча область повинна бути захищена захисним щитком.

2.5.5.3. Установка має працювати від електромережі цеху змінного струму напругою 380 В. Зміни напруги в мережі живлення повинні залишатися в межах від –5 % до +10 % від номіналу згідно з ГОСТ 1309-67.

2.5.5.4. Установка повинна функціонувати від гідравлічної магістралі з тиском 12,5 МПа.

2.5.5.5. Ступінь захисту:

- для ніш та шаф з електроапаратурою – не менше IP54 за ГОСТ 14254-80;

- для пультів – не менше IP44 за ГОСТ 14254-80;

- для елементів, які виділяють багато тепла (трансформатор та інші) – не менше Р23 за ГОСТ 14254-80.

2.5.5.6. Опір ізоляції електричних кола блоків управління та кабелів повинен бути не менше 5 МОм при нормальних умовах.

2.5.5.7. Вимоги до охорони праці та навколишнього середовища наведено у розділі 7.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. КОМПОНУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ

4.1. Розробка функціональної схеми установки

Сумуючи інформацію про необхідні операції технологічного процесу зварювання прокату, обладнання має забезпечувати наступне:

- затискання деталей у горизонтальному положенні з можливістю їх роздільного затискання;
- зближення деталей з визначеною швидкістю;
- автоматичний перехід між процесами нагрівання, форсування та осадки;
- стабілізацію зварювального струму на певному рівні;
- можливість коригування положення виробу у вертикальній та горизонтальній площинах;
- подачу електричного струму до деталей;
- здатність працювати у режимі наладки виконавчих пристроїв установки;
- контроль за наявністю води в системі охолодження та блокування роботи вузлів установки у випадку аварійної ситуації.

Функціональну схему установки наведено на кресленні ЗА70.00.0000.203.

Установка включає в себе такі основні блоки:

1. блок керування;
2. два зварювальних трансформатора;
3. два тиристорних контактора;
4. механізми затискання (окремі);
5. механізм оплавлення та осадки;
6. датчик струму;
7. гратознімач;
8. пульт керування.

Блок керування складається з низьковольтної та високовольтної частин.

Його завданням є управління послідовністю включення та виключення елементів

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконавчого обладнання установки. Управління початком та завершенням процесу зварювання, а також режимом налагодження виконується за допомогою пульта керування.

Механізми затискання розташовані на стовпах машини. Один стовп закріплений нерухомо, тоді як інший рухається під впливом механізму плавлення та опадання. Ці механізми забезпечують фіксацію деталей під час процесу зварювання.

Подача зварювального струму до деталей відбувається через електромережу за допомогою тиристорних контакторів та зварювальних трансформаторів. Тиристорний контактор дозволяє змінювати значення зварювального струму, регулюючи кут відкриття тиристорів.

Система стабілізації плавлення забезпечує стабільність цього процесу в умовах реальних збурень.

4.2. Циклограма роботи елементів установки

Циклограму Графік роботи установки для зварювання прокату зображено на плакаті. Початковим станом виконавчих механізмів установки є вимкнені механізми затискання та вимкнений механізм оплавлення та осадки. Першим етапом процесу зварювання є встановлення та затискання деталей, причому механізми затискання керуються окремо. Оператор вручну веде контроль за цим процесом, надаючи відповідні команди.

Автоматичний цикл зварювання розпочинається включенням механізму оплавлення та осадки. На етапі оплавлення електромагніт осадки вимкнений, зближення деталей відбувається з невеликою швидкістю. Під час оплавлення система керування враховує відомості від датчиків зварювального струму та взаємного положення деталей, що призводить до стабілізації оплавлення.

Після досягнення певної відстані між деталями (яка відповідає виплавленню запасу для оплавлення), система керування отримує сигнал від

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчика положення. Тоді вмикається електромагніт осадки, деталі швидко зближуються, і зварювальний струм вимикається після певного заданого часу.

Розкріплення виробу відбувається автоматично, після чого виконавчі механізми машини повертаються у початкове положення.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИННОГО КОНТУРУ

З метою покращення умов підведення струму до виробу машину обладнано двома трансформаторами. Проведемо розрахунок кожного з контурів.

Ескіз верхнього вторинного контуру машини наведено на рис. 2.1. Ескіз нижнього вторинного контуру наведено на рис. 2.2.

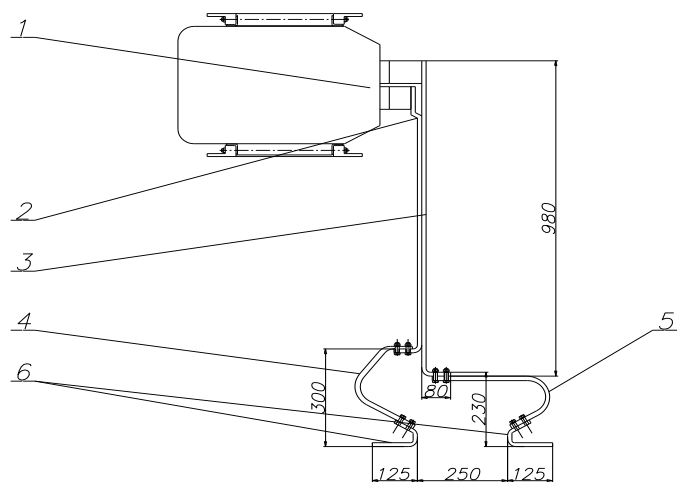


Рис. 2.1 Ескіз верхнього вторинного контуру зварювальної машини:

- 1 – зварювальний трансформатор;
- 2, 3, 6 – жорстка шина;
- 4, 5 – гнучка шина

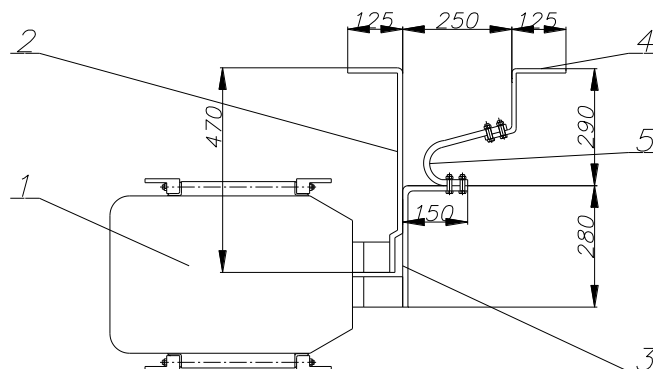


Рис. 2.2 Ескіз нижнього вторинного контуру зварювальної машини:

- 1 – зварювальний трансформатор;
- 2, 3, 4 – жорстка шина;
- 5 – гнучка шина

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площі перерізів елементів визначають за величинами тривалого вторинного струму $I_{2тр}$, А :

$$I_{2mp} = I_2 \sqrt{\frac{ПВ}{100}}, \quad (6.1)$$

де I_2 – сила зварювального струму; ПВ – режим роботи машини.

Призначаємо ПВ = 50 %.Отже:

$$I_{2тр} = 30000 \sqrt{\frac{50}{100}} = 21213 \text{ А.}$$

Площу перерізу кожного з елементів контуру знаходять за формулою, мм² [2]:

$$q = \frac{I_{2mp}}{j} \quad (6.2)$$

де $I_{2тр}$, А – тривалий вторинний струм; j , А/мм² – допустима густина струму.

5.1 Активний опір контурів

Значення активного опору контуру включає активні опори його елементів R_E та перехідних контактів між ними $R_{П}$:

$$R_K = \sum R_{дi} + \sum R_{Пi}, \quad (6.3)$$

де $R_{дi}$ – активний опір i -го елементу контуру, Ом; $R_{Пi}$ – активний опір i -го перехідного контакту, Ом

Опір окремого елементу контуру, мкОм :

$$R_{дi} = K_{П} \cdot \rho_i \cdot \frac{l_i}{q_i} \quad (6.4)$$

де ρ_i , мкОм·м – питомий опір матеріалу елементу, l_i , м – довжина елементу; q_i , мм² – площа поперечного перерізу елементу; $K_{Пi}$ – коефіцієнт поверхневого ефекту, визначається за дослідними кривими за критерієм подібності P , а для

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прямокутних елементів (та елементів деяких інших стандартних форм) – з урахуванням коефіцієнту форми K_ϕ .

Опори перехідних контактів обирають згідно рекомендацій [2].

Для верхнього контуру визначимо активний опір жорстких шин 2, 3 і 6.

Шини виконано з міді М1, отже:

$$\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Обираємо допустиму щільність струму (охолодження – водяне):

$$j = 4 \text{ А/мм}^2.$$

Площа поперечного перетину шин:

$$q = a \times b \text{ (} a \text{ – товщина, } b \text{ – ширина елемента контуру):}$$

$$q_2 = q_3 = q_6 = \frac{21213}{4} = 5303 \text{ мм}^2 = 25 \times 215 \text{ мм}^2.$$

Довжина шин (з рис. 2.1):

$$l_2 = 950 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$l_3 = 1050 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$l_6 = 2 \cdot 225 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Для визначення розрахункової формули K_Π , знаходимо значення:

$$r_{0(100\text{м})} = \rho \frac{100}{q} = 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{100}{5375 \cdot 10^{-6}} = 0,00033 \text{ Ом}.$$

Тоді:

$$\sqrt{\frac{f}{r_{0(100\text{м})}}} = \sqrt{\frac{50}{0,00033}} = 389.$$

Вибираємо розрахункову формулу:

$$K_\Pi = 0,25 + 0,56 \sqrt{\frac{f}{r_{0(100\text{м})}}} \cdot 10^{-2} + \frac{8,23}{\sqrt{\frac{f}{r_{0(100\text{м})}}}}$$

$$K_\Pi = 0,25 + 0,56 \sqrt{\frac{f}{r_{0(100\text{м})}}} \cdot 10^{-2} + \frac{8,23}{\sqrt{\frac{f}{r_{0(100\text{м})}}}} = 0,25 + 0,56 \cdot 389 \cdot 10^{-2} + \frac{8,23}{389} = 2,45.$$

Обчислюємо активні опори жорстких шин за формулою (6.4):

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{д2} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{950 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

$$R_{д3} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{1050 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

$$R_{д6} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{2 \cdot 225 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Для нижнього контуру визначимо активний опір жорстких шин 2, 3 і 4.

Площа поперечного перетину шин:

$$q_2 = q_3 = q_4 = \frac{21213}{4} = 5303 \text{ мм}^2 = 25 \times 215 \text{ мм}^2.$$

Довжина шин (з рис. 2.2):

$$l_2 = 600 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$l_3 = 450 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$l_4 = 250 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Обчислюємо активні опори жорстких шин за формулою (6.4):

$$R_{д2} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{600 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

$$R_{д3} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{450 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

$$R_{д4} = 2,45 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{250 \cdot 10^{-3}}{5375 \cdot 10^{-6}} = 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Для верхнього контуру визначимо активні опори гнучких шин 4 та 5.

Довжини шин: $l_4 = 500 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $l_5 = 450 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Аналогічно попередньому розрахунку приймаємо:

$$j = 2,5 \text{ А/мм}^2;$$

$$q_4 = \frac{21213}{2,5} = 8485 \text{ мм}^2 = 40 \times 215 \text{ мм}^2.$$

Матеріал: мідь М1, $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$

Опір 1 м шини:

$$r_{0(1м)} = \rho \frac{1}{q} = 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{1}{8600 \cdot 10^{-6}} = 2,04 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переріз шин – прямокутний. Обчислюємо критерій подібності та коефіцієнт форми для шин 4 та 5 за формулою:

$$P = 5 \sqrt{\frac{f}{r_{0(LM)} \cdot 10^7}} = 5 \sqrt{\frac{50}{2,04 \cdot 10^{-6} \cdot 10^7}} = 7,2;$$

$$K_\phi = \frac{b}{a} = \frac{215 \cdot 10^{-3}}{40 \cdot 10^{-3}} = 5,4.$$

За графіком рис. 9, а визначаємо: $K_\Pi = 2$.

Отже:

$$R_{д4} = 2 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{500 \cdot 10^{-3}}{8600 \cdot 10^{-6}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ом};$$

$$R_{д5} = 2 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{450 \cdot 10^{-3}}{8600 \cdot 10^{-6}} = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Для нижнього контуру визначимо активні опір гнучкої шини 5.

Довжина шини: $l_5 = 350 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

Отже:

$$R_{д5} = 2 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \frac{350 \cdot 10^{-3}}{8600 \cdot 10^{-6}} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Визначимо опір перехідних контактів. У верхньому контурі є шість перехідних опорів. Кількість болтових з'єднань у перехідних опорах – вісім. Контакти нерухомі, мідь-мідь. Отже, за рекомендаціями:

$$\Sigma R_{\Pi i} = 6 \cdot \frac{2}{2} \cdot 10^{-6} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

У нижньому контурі є чотири перехідні опори. Кількість болтових з'єднань у перехідних опорах – вісім. Контакти нерухомі, мідь-мідь. Отже, за рекомендаціями :

$$\Sigma R_{\Pi i} = 4 \cdot \frac{2}{2} \cdot 10^{-6} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок індуктивного опору контурів

Орієнтовно індуктивний опір контуру визначають на підставі дослідних даних за формулою, Ом :

$$X_K = S^{0.73} \cdot 10^{-3} \quad \text{Ом} \quad (6.5)$$

де S , см² – площа, яку охоплює контур (береться по осях перерізів сторін)

Верхній контур охоплює площу близько 2500 см². Визначаємо:

$$X_K = 170 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Нижній контур охоплює площу близько 1000 см². Визначаємо:

$$X_K = 100 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}.$$

5.3 Розрахунок повного опору контурів машини

Повний опір зварювального контуру машини (який включає всі елементи контуру, деталі, що зварюються і вторинну обмотку трансформатора) Z , Ом, знаходять за формулою :

$$Z = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} \quad (6.7)$$

де R_2 , Ом – активний опір машини при зварюванні, приведений до вторинної обмотки трансформатора:

$$R_2 = \sum R_i'' = R_T'' + R_K + R_D; \quad (6.8)$$

X_2 , Ом – індуктивний опір машини при зварюванні, приведений до вторинної обмотки трансформатора:

$$X_2 = \sum X_i'' = X_T'' + X_K + X_D; \quad (6.9)$$

R_T' і X_T' , Ом – відповідно активний та індуктивний опори вторинної та первинної обмоток трансформатора, які приведено до вторинної обмотки; R_K , R_D , X_K , X_D , Ом – відповідно активний та індуктивний опори вторинного контуру та зварюваних деталей з урахуванням струму шунтування.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У розрахунках та проектуванні машини величиною X_D можна знехтувати, оскільки для випадку зварювання прутків вона має відносно мале значення. Значення R_D ($R_{ЕКВ}$) відоме з розрахунку режиму зварювання.

Зазвичай роблять два розрахунки повного опору контуру: з урахуванням зварюваних деталей та без нього ($Z_{КЗ}$).

Величини опорів R'_T і X'_T знаходять орієнтовно за довідковими даними трансформаторів зварювальних машин, близьких за параметрами до тієї, що проектується.

Активний опір верхнього контуру:

$$R_K = R_{Д2} + R_{Д3} + R_{Д4} + R_{Д5} + R_{Д6} + R_n = 7,5 + 8,3 + 2 + 1,8 + 3,6 + 6 = 29,2 \text{ мкОм} .$$

Активний опір нижнього контуру:

$$R_K = R_{Д2} + R_{Д3} + R_{Д4} + R_{Д5} + R_n = 4,8 + 3,6 + 2 + 1,4 + 4 = 15,8 \text{ мкОм} .$$

Для попереднього розрахунку зварювальних контурів приймаємо опори зварювальних трансформаторів:

$$r_{mp} = 20 \cdot 10^{-6}, \text{ Ом}$$

$$x_{mp} = 20 \cdot 10^{-6}, \text{ Ом}$$

Таким чином, повний опір верхнього контуру в режимі короткого замикання:

$$Z_{КЗ} = \sqrt{(R_K + r_{mp})^2 + (X_K + x_{mp})^2} = \sqrt{(29,2 + 20)^2 + (170 + 20)^2} \cdot 10^{-6} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}$$

Повний опір нижнього контуру в режимі короткого замикання:

$$Z_{КЗ} = \sqrt{(R_K + r_{mp})^2 + (X_K + x_{mp})^2} = \sqrt{(15,8 + 20)^2 + (100 + 20)^2} \cdot 10^{-6} = 130 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} .$$

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ УСТАНОВКИ ТА КОНСТРУКЦІЯ ОСОВНИХ ЇЇ ВУЗЛІВ ТА ПРИСТРОЇВ

6.1. Структура установки

Складові установки включають наступні функціональні блоки:

- блок керування;
- зварювальна машина;
- насосна станція;
- операторський пульт.

6.2. Опис конструкції зварювальної машини

Зварювальна машина складається з двох корпусів – рухомого (12) та нерухомого (11). Корпуси з'єднані шарнірною віссю (3) і ізольовані один від одного. У нерухомому корпусі нижче місця зварювання закріплений циліндр осадки (8), шток якого шарнірно з'єднаний із додатковим штоком (6), який, в свою чергу, пов'язаний із рухомим корпусом (12). Регулювальна гайка (4) на кінці штока (6) передає зусилля осадки на рухомий корпус. Кожен корпус має консольний упор (7) зі струмопровідними башмаками (15), на яких закріплені зварні вироби. Башмаки мають форму, спрофільовану під зразок виробу. Консольне розташування упорів дозволяє автоматизувати процес установки та вилучення зварних виробів.

Подача струму відбувається односторонньо через шини (17), що з'єднані з виводами зварювальний трансформатора (18). Трансформатор розташований у верхній частині апарата. Зажаті вироби закріплюються на корпусах за допомогою затискачів – гідроциліндрів (9) з штоками, які впливають на важелі (10). На важелях є виступи (11) із змінними сталевими щітками (16), які, подібно до башмаків (15), мають профіль, відповідний формі звареного виробу.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щітки (16) вмонтовані на самозатискних сферичних опорах, що розширює діапазон розмірів зварних виробів.

Механізми затискання забезпечують роздільне стискання торців зварного виробу. Для вирівнювання торців в машині передбачено коригування положення рухомого корпусу по вертикалі разом із затисненим виробом. Коригування здійснюється поворотом вісі (3) шарніра, що з'єднує рухомий та нерухомий корпуси через черв'ячну пару та електропривід із стандартним редуктором (14). Рухомий корпус встановлений на ексцентричних втулках, які закріплені на осі за допомогою шпонок, тому при обертанні вісі (3) шарніра рухомий корпус (12) може переміщатись вгору і вниз зі затисненим виробом. Значення коригувальних переміщень ± 5 мм від нейтрального положення.

Привід механізмів затискання та осадки – гідравлічний, з насосної станції (5). Початковий етап осадки відбувається за допомогою акумулятора (19).

Зварювальний трансформатор та струмопровід охолоджуються водою.

Зварювальний трансформатор призначений для отримання необхідного зварювального струму і має вісім рівнів регулювання вторинної напруги. Трансформатор складається з броньованого магнітопроводу та блоку обмоток, які залили епоксидним компаундом. Магнітопровід складається з Р-подібних пластин електротехнічної сталі ЕТ1, зварених рам, ізольованих шпильок для збирання пластин в єдиний блок із рамами. Блок обмоток має шість дискових котушок первинної обмотки, один вторинний виток, який складається з трьох дисків, контактних колодок та трубок для охолодження. Епоксидний компаунд виконує функцію корпусної ізоляції, об'єднуючи обмотки (первинну і вторинну) в єдиний монолітний блок, який запобігає переміщенню обмоток відносно одна одної. Зміну вторинної напруги трансформатора здійснюється за допомогою штепсельного перемикача, пов'язаного з котушками первинної обмотки.

Апарат обладнаний електрогідравлічним слідкуючим приводом (2), що спільно зі спеціальним програматором дозволяє варіювати технологічні параметри зварювання в широкому діапазоні.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після затискання та, за потреби, коригування положення торців заготовки, процес зварювання відбувається в автоматичному циклі. Після завершення зварювання виріб розтискається, а рухомий корпус машини повертається в початкове положення, до того як зазирнути в контакт із жорстким упором (13).

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ САК УСТАНОВКИ; ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ БЛОКІВ САК

7.1. Опис складу і порядку роботи електричної частини установки

Принципову електричну схему можна побачити на кресленні під номером. Установка живиться від мережі змінного струму з напругою 380 В та частотою 50 Гц. Підключення установки до живлення відбувається за допомогою автоматичного вимикача QF1.

Установка складається з наступних блоків:

- A1 – блок керування, який конструктивно включає в себе блок мікропроцесора та інтерфейсу. Він відповідає за керування виконавчими механізмами установки відповідно до заданого алгоритму.

- A2 – привід оплавлення, де схема забезпечує регулювання швидкості обертання двигуна, який підключений до слідкуючого золотника. Привід побудований за схемою випрямляча-інвертора, включаючи кола зворотного зв'язку за струмом зварювання.

- A3 – керувальний пульт. На пульті розташовані кнопки, якими оператор проводить управління окремими етапами циклу зварювання. За допомогою цього пульта можливо віддавати такі команди:

- "пуск" – команда для початку автоматичного циклу зварювання;
- "стоп" – команда для зупинки процесу зварювання в звичайному режимі;
- "затискання/розтискання затискача рухомої колони" – команди, необхідні для закріплення рухомої заготовки в струмовідводах;

- "затискання/розтискання затискача нерухомої колони" – команди, необхідні для закріплення нерухомої заготовки в струмовідводах;

- "стискання/розведення колон" – команди, необхідні для перевірки роботи механізму осадки та правильності встановлення деталей у затискачах машини;

- "грат" – команда для початку операції зняття грату.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A4 і A5 – тиристорні контактори, кожен з яких керує фазовим регулюванням напруги відповідного трансформатора TV1 і TV2. Керування цими контакторами здійснюється блоком керування A1. Регулювання напруги трансформаторів відбувається за допомогою перемикачів ступенів SA1 і SA2.

Гідравлічна панель машини містить 20 електромагнітів гідравлічних розподільників YA1-YA20 (означення відповідають схемі гідравлічній принциповій). Кожен з цих електромагнітів має зворотний імпульсний діод VD1-VD20 відповідно. Діоди служать для запобігання зростанню струму і напруги в колах живлення електромагнітів при їхньому вимиканні. Час відкриття таких діодів є досить малим, тому при зростанні струму в колах живлення електромагнітів вони автоматично відкриваються, ефективно шунтуючи струм.

7.2. Привод оплавлення

Під час розробки установки було створено привід для механізму оплавлення. Електричну схему цього приводу можна знайти на кресленні

Основні завдання приводу під час зварювання включають наступне. Використовуючи слідкуючий золотник як привід оплавлення, система забезпечує стабілізацію оплавлення за двома зворотніми зв'язками: електричним, враховуючи струм зварювання, та механічним, враховуючи положення рухомих частин машини. Механічний зв'язок реалізується через з'єднання штока золотника з рухомими частинами машини, в даному випадку - з однією з колон. Важливою особливістю є те, що величина зварювального струму впливає на частоту обертання ротора двигуна, який керує рухом штока золотника. Зі збільшенням струму рух повинен сповільнюватись до повної зупинки при необхідності.

Основоючись на діапазоні діаметрів деталей, які зварює установка, слідкування може бути здійснено за усередненою густиною струму. Таким чином, привід повинен регулювати швидкість обертання ротора двигуна так,

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щоб забезпечити сталу густину струму в деталях. Це усуває необхідність введення блоку формування заданого сигналу в привід.

Привід асинхронного двигуна із коротко-замкнутим ротором зібраний відповідно до схеми "некерований випрямляч – керований інвертор" із зворотнім зв'язком за струмом зварювання. Цей привід живиться трифазною напругою через понижуючий трансформатор Т1.

Випрямляч побудований за шестифазною схемою. Вихід випрямляча приєднаний до згладжуючого дроселя L1. Дросель підвищує індуктивний опір кола, згладжуючи пульсації випрямленого струму і, таким чином, забезпечуючи плавніше обертання ротора двигуна.

Інвертор включає в себе шість оптотиристорів, шість діодів та шість конденсаторів. Шляхом послідовного включення тиристорів інвертора у колах живлення двигуна М4 створюється напруга з заданою діючою величиною та частотою. При цьому функція конденсаторів С1 – С6 аналогічна функції дроселя, а саме, вони компенсують провали у кривій інвертованої напруги.

Структура привода включає такі основні блоки:

- блок вимірювання струму випрямляча;
- контролер із супутніми пристроями;
- блок підсилення та гальванічного розв'язку;
- блок силових оптотиристорів.

Блок вимірювання містить датчик струму (трансформатор струму) та аналого-цифровий перетворювач. Напруга з датчика подається на вхід аналого-цифрового перетворювача D7, який перетворює рівень напруги, знятої з потенціометра, на восьмирозрядний двійковий код.

Оцифровані значення заданої та виміряної напруг надходять на входи мікроконтролера DD1. Контролер, відповідно до програми, порівнює ці значення та подає послідовні команди про вмикання фототиристорів інвертора (D1 – D6). Привід асинхронного двигуна із коротко-замкнутим ротором зібраний відповідно до схеми "некерований випрямляч – керований інвертор" із зворотнім

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зв'язком за струмом зварювання. Цей привід живиться трифазною напругою через понижуючий трансформатор Т1.

Випрямляч побудований за шестифазною схемою. Вихід випрямляча приєднаний до згладжуючого дроселя L1. Дросель підвищує індуктивний опір кола, згладжуючи пульсації випрямленого струму і, таким чином, забезпечуючи плавніше обертання ротора двигуна.

Інвертор включає в себе шість оптотиристорів, шість діодів та шість конденсаторів. Шляхом послідовного включення тиристорів інвертора у колах живлення двигуна М4 створюється напруга з заданою діючою величиною та частотою. При цьому функція конденсаторів С1 – С6 аналогічна функції дроселя, а саме, вони компенсують провали у кривій інвертованої напруги.

Структура привода включає такі основні блоки:

- блок вимірювання струму випрямляча;
- контролер із супутніми пристроями;
- блок підсилення та гальванічного розв'язку;
- блок силових оптотиристорів.

Блок вимірювання містить датчик струму (трансформатор струму) та аналого-цифровий перетворювач. Напруга з датчика подається на вхід аналого-цифрового перетворювача D7, який перетворює рівень напруги, знятої з потенціометра, на восьмирозрядний двійковий код.

Оцифровані значення заданої та виміряної напруг надходять на входи мікроконтролера DD1. Контролер, відповідно до програми, порівнює ці значення та подає послідовні команди про вмикання фототиристорів інвертора (D1 – D6).

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Мета цього розділу – розробити заходи, які допоможуть забезпечити безпеку працівників і зменшити вплив шкідливих та небезпечних факторів під час контактного точкового зварювання на машині K1010. Ці заходи також будуть використовуватися для дослідження впливу електричних параметрів на якість зварювання та створення системи моніторингу якості з'єднань.

Для досягнення цієї мети необхідно провести аналіз шкідливих та небезпечних факторів, що виникають під час роботи, і встановити відповідність нормативним вимогам безпеки та гігієни праці. На основі цього аналізу будуть розроблені інженерні рішення, спрямовані на забезпечення безпеки обладнання та запобігання пожежі.

Роботи, які виконуються на електрозварювальних установках, підпорядковуються нормам ДСТУ 2489-94 [10], які встановлюють вимоги та правила щодо безпеки під час зварювальних робіт.

8.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Головними виробничими факторами, які можуть шкодити людині під час контактного зварювання металів згідно з ДСТУ 2489-94 [10], є:

Зварювальні аерозолі та гази.

Рухомі машини, механізми, заготовки і вироби, включаючи приводи стиску, затиску та фіксації.

Підвищений рівень шуму на робочому місці.

Підвищена температура поверхні устаткування та матеріалів.

					ЗС-21мп.00.00.000.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гаращенко П.В.					
Перевір.		Левченко О.Г.					
Н. контр.		Лисак В.В.					
Затверд.		Квасницький В.В.					
					Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Патона		

Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони.

Підвищений рівень інфрачервоної радіації.

Підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини.

Підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

Фізичні перевантаження.

Щоб уникнути травм, захворювань та перенавантаження працівників, необхідно дотримуватися правил безпеки при роботі з машиною контактного точкового зварювання.

Робоче місце, підключення машини до електромережі, зберігання заготовок та утилізація відходів повинні відповідати вимогам охорони праці.

Робітник, який керує машиною, повинен мати допуск до неї з медичними показаннями, зокрема щодо впливу сильних магнітних полів.

Використання машини для інших цілей, крім контактного точкового зварювання, заборонено.

Для роботи з машиною контактного точкового зварювання необхідні такі умови:

Сухе зачинене приміщення.

Відсутність зовнішніх вібрацій.

Горизонтальна рівна поверхня.

Відсутність легкозаймистих парів від рідин та пилу, які проводять струм.

8.1.1 План виробничого приміщення

Виробничі приміщення для всіх видів зварювання повинні відповідати вимогам ДСП № 173-96 .

Підлога повинна бути рівною, не слизькою і відповідати санітарним вимогам

згідно з ДБН В.2.2-28:2010 [11].

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтер'єр приміщень і колірне оброблення в складально-зварювальних цехах повинні відповідати ДБН В.2.2-28:2010 [11].

Приміщення повинні бути оснащені витяжною і вентиляцією згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [12]. У зварювальних цехах потрібно розрахувати повітрообмін на розділення речовин до рівня ГДК, а кількість повітря, яке проходить системою припливу, має розраховуватися згідно з ДБН В.2.5-67:2013[12]. Повітря перед виходом в атмосферу має пройти фільтрацію від шкідливих речовин, щоб концентрація не перевищувала рівень викидів згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [12].

Припливне повітря подається у робочу зону або у напрямку робочого місця. Температура повітря, що поступає в систему вентиляції, має бути ненижче +20 °С згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [13].

План приміщення розраховувався з урахуванням ДБН В.2.2-28:2010 [11].

У таблиці 8.2 наведено нормативні вимоги до об'єму і площі приміщення на 1 працівника та місця розташування технологічного обладнання.

Таблиця 8.2 - Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметри приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	5,5 м ²	4,5 м ²
2	Об'єм на 1 працюючого	20 м ³	15 м ³
3	Мінімальна ширина проходу	1,5 м	1,5 м

8.1.2 Оцінка умов праці

У розділі 8.2 були розглянуті можливі небезпеки, пов'язані з контактним точковим зварюванням, а також заходи, які можна вжити для їх усунення. У цьому розділі проводиться аналіз виробничих факторів та технологічного процесу з метою виявлення причин травм, професійних захворювань та перенавантаження працівників.

Під час точкового зварювання виникають іскри, які можуть призвести до пожежі або вибуху. При зварюванні чистих деталей у навколишнє середовище викидається незначна кількість зварювальних аерозолів та газів. Однак, при зварюванні деталей, які містять іржу, масло, емульсії, антикорозійні покриття та інші речовини, утворюється значна кількість аерозолів, які можуть містити шкідливі речовини.

Зі збільшенням потужності контактної зварювальної машини збільшується вміст аерозолів у повітрі. Тому не можна стверджувати, що контактне зварювання не є шкідливим. Однак, порівняно з електродуговими методами, його вважають більш екологічним.

У таблиці 8.3 наведені найбільш небезпечні і шкідливі виробничі фактори, пов'язані з контактним точковим зварюванням.

Таблиця 8.3 - Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори

№	Обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки
1	Машина контактного точкового зварювання	електроди та інші рухомі частини конструкції	підвищений рівень шуму на робочому місці: шум від ударів електродів;

Продовження таблиці 8.3

2	Машина контактного точкового зварювання	струм	підвищена напруга в електричному колі: випадкове доторкання до неізолюваних струмопровідних частин електроустаткування
3	Машина контактного точкового зварювання	електромагнітні випромінювання	підвищений рівень електромагн. випромінювань: вплив на центральну нервову і серцево-судинну системах
4	Машина контактного точкового зварювання	механізми, які рухаються.	механічне ушкодження

8.1.3 Рівень шуму

Рівень шуму під час контактного зварювання визначається за допомогою ДСН 3.3.6.037-99 [14]. Ці норми класифікують рівень шуму на робочій ділянці на 5 ступенів. У таблиці 8.4 наведені ступені шуму для загального контактного зварювання, а в таблиці 8.5 - для машини K1010.

Таблиця 8.4 - Можливий ступінь звукового тиску також рівень шуму на робочому місці в період контактного зварювання [14]

Рівні звукового тиску в дБ (не більше) в октавних голосах із середньо герметичними частотами, Гц								Рівень звуку в дБ(А)
63,0	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0	80
99	62	86	83	80	78	76	74	

Таблиця 8.5 - Рівень звукового тиску і рівень шуму на робочому місці під час контактного зварювання для машини K1010.

Рівні звукового тиску в дБ в октавних голосах зі середньогеометричними частотами, Гц								Рівень звуку в дБ (А)
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
99	62	86	83	80	78	76	74	

Отже, для зниження рівня шуму і звукового тиску, які трохи перевищують стандартні значення, можуть бути застосовані заходи захисту від шуму відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 [14]. До таких заходів відносяться:

Використання колективних засобів захисту відповідно до ДСТУ7238:2011 [15].

Використання індивідуальних засобів захисту відповідно до ДСТУ7239:2011 [16].

Застосування будівельно-акустичних методів.

Основні методи колективного захисту включають організаційно-технічні та архітектурно-планувальні заходи, а також заходи з активної акустичної корекції.

Для зниження шуму будівельно-акустичні заходи включають в себе:

Встановлення екранів та кожухів.

Використання звукоізованих кабін для спостереження та управління.

Оброблення стін звукопоглинаючими матеріалами, такими як сплави металів, бетон, деревина, скло та пластмаса.

Розміщення устаткування з рекомендованою щільністю, що дозволяє використовувати екрани.

У результаті застосування цих заходів можна досягти зниження рівня шуму на 30-40 дБ.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1.4 Підвищена напруга в електричному колі

Найчастіше електротравми, включаючи смертельні випадки, відбуваються при роботі з електроустановками з напругою до 1000 В. Основні причини електротравматизму в промисловості такі:

Випадкове доторкання до неізольованих провідних частин електроустаткування.

Використання несправних ручних електроінструментів.

Застосування нестандартних або несправних переносних світильників з напругою 220 або 127 В.

Робота без надійних захисних засобів та пристроїв.

Доторкання до незаземлених корпусів електроустаткування, які опинилися під напругою через пошкоджену ізоляцію.

Недотримання правил установки, експлуатації та техніки безпеки при роботі з електроустановками і т.д.

Електротравма - це ушкодження, спричинене електричним струмом. При контакті з провідними, неізольованими елементами обладнання можуть виникнути такі типи електротравм:

Електричний удар - це порушення роботи серцево-судинної та дихальної систем, що може призвести до смерті.

Електричні опіки - це пошкодження шкіри та внутрішніх органів, спричинене нагріванням від електричного струму.

Металізація шкіри - це потрапляння металевих частинок під шкіру під впливом електричного струму.

Електроофтальмія - це запалення очей, спричинене електричним струмом.

Механічні ушкодження - це травми, спричинені падінням або рухом тіла під впливом електричного струму.

Максимально допустимі значення напруги дотику та сили струму для

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормального (безаварійного) та аварійного режимів роботи електроустановок визначаються згідно з ДСТУ 7237:2011. Ці значення залежать від шляху проходження струму через тіло людини. Для шляху "рука-рука" допустима напруга дотику не повинна перевищувати 50 В для нормального режиму роботи електроустановок і 12 В для аварійного режиму. Допустима сила струму для шляху "рука-рука" не повинна перевищувати 10 мА для нормального режиму роботи електроустановок і 3 мА для аварійного режиму.

Таблиця 8.5 - Граничнодопустимі значення напруги доторкання $U_{\text{доп}}$ та сили струму $I_{\text{л}}$ людини при нормальному режимі електроустановки

Вид струму	$U_{\text{доп}}$, В (не більше)	$I_{\text{л}}$, мА (не більше)
Змінний, 50 Гц	2	0,3

Таблиця 8.6 - Гранично допустимі значення напруги доторкання $U_{\text{дот}}$ та $I_{\text{л}}$, що проходить через тіло людини при аварійному режимі електроустановки

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість дії струму t , с					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	Більше 1,0
Змінний, 50 Гц	$U_{\text{дот}}$, В (не більше)	500	250	100	70	50	36
	$I_{\text{л}}$, мА (не більше)	500	250	100	70	50	6

Аварійний режим електроустановки є ознакою того, що в ній є дефекти, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій, таких як пожежа, вибух або електротравма.

З таблиці 8.6 видно, що напруга дотику $U_{\text{дот}}$ та сила струму $I_{\text{л}}$ залежать від тривалості впливу струму. Чим довше людина перебуває під впливом струму, тим більша ймовірність того, що вона отримає електротравму.

8.1.4 Електромагнітні випромінювання

Хоча напруга, що використовується при точковому зварюванні, не перевищує 600 В, вона не є основним фактором ризику для здоров'я працівників. Набагато більш небезпечними є сильні магнітні поля, що створюються при протіканні струму через вторинні обмотки джерел живлення. Магнітні поля промислової частоти (50 або 60 Гц) можуть негативно впливати на центральну нервову та серцево-судинну системи, навіть при невеликих значеннях інтенсивності.

Шкідливий вплив магнітного поля промислової частоти на організм людини може проявлятися в наступних симптомах:

Серцево-судинні порушення: зниження частоти серцевих скорочень (брадикардія), підвищення артеріального тиску, збільшення тонуусу кровоносних судин.

Морфологічні зміни: зміни в будові серця, судин, нервової системи.

Розлади в роботі внутрішніх органів: порушення травлення, дихання, роботи печінки, нирок тощо.

Геодинамічні порушення: порушення сну, пам'яті, координації рухів, зору, слуху.

Норми для магнітних полів регламентуються ДСН 3.3.6.096-2002 [18]. Напруженість магнітного поля вимірюється в амперах на метр (А/м). Рівень напруження магнітного поля частотою 50 Гц не повинен перевищувати 1,4 кА/м протягом робочої зміни тривалістю 8 годин.

Таблиця 8.7 показує тривалість перебування людини в магнітному полі з напруженістю вище 1,4 кА/м:

Час перебування персоналу, год	1	2	3	4	5	6	7	8
Напруженість магнітного поля, кА/м	6,0	4,9	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,4

Продовження таблиці 8.7

Магнітна індукція, мТл	7,5	6,1	5,0	4,0	3,13	2,5	2,0	1,75
------------------------	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

Для визначення рівня випромінювання від електрозварювальних установок (ЕЗУ) необхідно провести виміри на відстані від 0,5 до 1,5 метра від установок. Виміри дозволяють оцінити вплив електромагнітного поля (ЕМП) на персонал, а також вибрати місце розташування пульта керування та прийняти комплекс захисних заходів.

При проектуванні заходів з охорони від магнітного поля також враховують розмір поля в робочій ділянці, що вимірюється, і можливу напруженість магнітного поля. Якщо значення напруженості перевищують допустимі норми, необхідно вжити запобіжних заходів.

Для організаційно-технічних заходів можуть використовуватися різні методи захисту, зокрема:

Дотримання безпечної відстані між працівниками та джерелами ЕМП.

Захист часом, тобто обмеження тривалості перебування працівників у зоні впливу ЕМП.

Екранування струмопровідних шин, робочих елементів і всієї установки.

Вибір оптимальних електричних режимів зварювання та розмірів електродів.

Напруженість магнітного поля можна розрахувати за виразом

$$H = \frac{IL}{4\pi r^2},$$

де I – найбільший вторинний струм, кА;

L – сумарна довжина електродів, м;

r – відстань, на якій проводяться вимірювання, м;

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = \frac{IL}{4\pi r^2} = \frac{17 \times 0,57}{4 \times \pi \times (0,5)^2} = 3,1 \text{ кА/м}$$

Для захисту від магнітних полів необхідно застосовувати комплекс заходів, включаючи організаційні та технічні.

Організаційні заходи спрямовані на зменшення дії магнітного поля на працівників. Вони включають:

Рациональне розташування установок і пульта керування. Установкам і пульта керування слід надавати таке розташування, щоб працівники знаходилися на максимально можливій відстані від джерел магнітного поля.

Зменшення впливу випромінювання за допомогою захисту часом. Тривалість перебування працівників у зоні впливу магнітного поля слід обмежувати.

Для захисту працівників від впливу магнітного поля, що створюється електрозварювальними установками (ЕЗУ), необхідно дотримуватися мінімальної відстані між осі електродів ЕЗУ та робочими місцями. Ця відстань повинна бути не менше 2-3 метрів.

Якщо з технологічних або конструктивних причин неможливо дотриматися цієї відстані, необхідно використовувати додаткові заходи захисту, наприклад, рационально розташувати пульт керування зварювальними машинами.

Мінімальний проміжок між пультом керування та робочим місцем повинен бути не менше 1 метра.

Це допоможе зменшити вплив магнітного поля на працівників.

Якщо з технологічних або конструктивних причин неможливо перемістити пульт керування на безпечну відстань, необхідно обмежити тривалість впливу випромінювання шляхом застосування захисту часом. Час роботи може бути розрахований за допомогою такої формули:

$$t_{\text{доп}} = e^{\left(8 - \frac{IL}{7,85r^2}\right)} = 10 \text{ хв.}$$

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інженерно-технічні заходи спрямовані на зменшення впливу магнітного поля на працівників. Вони включають в себе:

Вибір оптимальних електричних режимів зварювання та розмірів електродів. Зменшення струму і напруги зварювання зменшує напруженість магнітного поля. Вибір оптимальних розмірів електродів також може сприяти зменшенню напруженості магнітного поля.

Екранування струмопровідних шин, робочих елементів і всієї установки. Екранування може проводитися за допомогою металевих листів, екранів або інших матеріалів, які поглинають магнітне поле.

Екранування електрозварювальних установок може бути двох видів:

Поблочне екранування. У цьому випадку екрануються окремі елементи установки, наприклад, трансформатор, електроди або струмопровідні шини.

Загальне екранування. У цьому випадку вся установка знаходиться в екранованій кабіні.

Кабіна для загального екранування виготовляється з кутової сталі, яка покрита листовою сталлю товщиною 1,5 мм. Струмопровідні шини та електроди також екрануються.

Ці заходи дозволяють забезпечити безпеку працівників при роботі з електрозварювальними установками.

Матеріалом для екрана використовується звичайна електротехнічна (трансформаторна) сталь, оскільки вона має високу магнітну проникність. Це означає, що вона добре проводить магнітне поле. Коефіцієнт екранування $K_{\Sigma}=2,4$ показує, що фактична напруженість магнітного поля, що проходить через екран, зменшується в 2,4 рази.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) допомагають захистити працівників від впливу магнітного поля. До ЗІЗ відносяться:

Захисні щитки захищають очі, обличчя та голову від впливу магнітного поля.

Окуляри захищають очі від впливу магнітного поля.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шоломи захищають голову від впливу магнітного поля.

Захисний одяг, такий як комбінезони та халати з металовмісної тканини, допомагає зменшити проникнення магнітного поля в тіло людини.

Службові приміщення, які розташовані на території об'єкта, слід розміщувати в місцях, захищених від електромагнітного поля (ЕМП). Такими місцями можуть бути, наприклад, радіотінь або мертва зона. Крім того, орієнтацію цих приміщень слід здійснювати таким чином, щоб уникнути опромінення дверей та вікон. У разі потреби можна застосовувати екранування.

8.1.5 Машини, механізми і вироби, що рухаються, в тому числі приводи стискання

Машини для контактного зварювання повинні бути оснащені захисними засобами, які забезпечують безпеку оператора, захищають від бризок металу і забезпечують безпечне спостереження за процесом зварювання. Ці захисні засоби повинні відповідати вимогам ДСТУ 2489-94 [10]. Пневмосистеми машин контактного зварювання повинні бути обладнані глушниками шуму.

Проходження технологічних процесів контактного зварювання металів досягається шляхом максимальної механізації та автоматизації зварювального процесу та його компонентів. Це означає, що зварювальний процес повинен бути максимально автоматизований, щоб зменшити участь людини і, відповідно, ризик травмування.

Електричне обладнання, що використовується у зварюванні, повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01 [19] та ДНАОП 0.00-1.21-98 [20].

Ці нормативні документи встановлюють вимоги безпеки до електричного обладнання, що використовується у зварюванні. Корпус будь-якої електрозварювальної установки потрібно заземлювати згідно з вимогами ПУЕ-2017 [16]. Захисне заземлення та занулення мають бути виконані належним

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чином. Заземлення та занулення електрозварювальних установок є обов'язковим заходом безпеки, який запобігає ураження електричним струмом.

Забороняється підключати кілька апаратів до одного заземлювального провідника. Це може призвести до зниження ефективності заземлення та, відповідно, до збільшення ризику ураження електричним струмом.

Розташування захисних пристроїв може вплинути на можливості використання обладнання. Наприклад, якщо захисний пристрій буде розташований на шляху руху деталей, це може ускладнити або навіть унеможливити роботу обладнання

Висновок про небезпечні та шкідливі фактори

Таблиця 8.8 - Нормативні та реальні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Рівень звуку при частоті 500 Гц	83 дБ	78 дБ
2	Підвищена напруга в електричному колі	4 В	$U_{\text{дотику}}$, не більше 2 В
3	Напруженість магнітного поля, кА/м	5,0 за 1 годину	6,0 за 1 годину

8.2 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці

У таблиці 8.9 наведено заходи, що забезпечують безпеку праці у даному технологічному процесі.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.9 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах даного технологічного процесу

№	Група заходів	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	система безпеки технологічних процесів (захисні огороження і частин; блокування)	а) захист від випадкового дотику до струмоведучих; б) захист очей, рук і всього тіла від механічних та інших впливів устаткування, що експлуатується (наприклад, частинами, що рухаються і обертаються, відходами обробки, бризками рідини тощо; в) захист обслуговуючого персоналу від попадання під небезпечну напругу
2	Режимні	заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях	Для уникнення пожежі

Продовження таблиці 8.9

3	Експлуатаційні	передбачають своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства	Для уникнення несправності устаткування
4	Засоби індивідуального захисту	засобів індивідуального захисту згідно з ДСТУ 7239: 2011 (навушники протишумні групи Б)	акустична ізоляція

Безпечне використання електроустановки забезпечується:

Для захисту очей, рук і всього тіла від механічних та інших різних впливів устаткування, що використовується, використовуються спеціальні захисні пристрої та електрозахисний одяг відповідно до вимог ДСТУ 7239:2011 [16].

Забезпечується захист від можливого дотику до струмоведучих частин шляхом використання технічних засобів та ізоляційних матеріалів згідно з вимогами безпеки електроустановок.

При роботі з електрозварювальним устаткуванням допускаються особи, що мають не нижчу кваліфікацію з техніки безпеки III рівня і пройшли попередню перевірку знань з електробезпеки. Оператори повинні бути ознайомлені з конструкцією обладнання K1010.

Перед ремонтом та обслуговуванням машини, а також заміною електродів, необхідно вимкнути її, відключити подачу стиснутого повітря та води. Заземлення машини є обов'язковим. На вхідних затисках може залишатися напруга, тому слід бути обережним. Ремонт та налагодження можуть проводитися тільки кваліфікованими спеціалістами.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Доступ до електричних схем дозволений тільки електрикам та налагоджувальникам, які мають пов'язану з машиною роботу. Операторам заборонено самотійно виконувати ремонтні роботи.

Оператори повинні бути забезпечені засобами захисту обличчя і очей відповідно до вимог ДСТУ 7239:2011 [16]. Спецодяг і взуття згідно з вимогами ДСТУ 7239:2011 [16] використовуються для захисту від іскор і бризок розплавленого металу.

Застосовуються спеціальні засоби захисту рук для захисту від контакту з гарячими поверхнями, іскрами та бризками розплавленого металу, згідно з вимогами ДСТУ 7239:2011 [16].

Рівень захисту людини від електричного струму на машині відповідає вимогам ДСТУ 12.0.230:2008 [22].

8.3 Вимоги безпеки в надзвичайних ситуаціях

8.3.1 Пожежна безпека

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 [23], місця проведення зварювальних робіт відповідають вимогам класу Г за вибухо- та пожежонебезпечністю. Це означає наявність у таких приміщеннях негорючих речовин і матеріалів у гарячому, розплавленому або розжареному стані, а процес обробки матеріалів супроводжується виділенням промислового тепла, іскор і полум'я. Також можуть бути присутніми легкозаймисті гази, рідини та тверді речовини, які можна використовувати як паливо або утилізувати

Для забезпечення пожежної безпеки виконуються такі заходи:

Запобігання спалахів ізоляції при короткому замиканні шляхом застосування максимального струменевого захисту.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уникнення утворення горючих середовищ шляхом сильної герметизації обладнання та обмеженням використання та зберігання горючих та вибухонебезпечних речовин.

Використання пожежної сигналізації, таких як датчики пожежі(наприклад, ИДФ-I, ДПД і т.д.).

Застосування різних вогнегасників (клас пожежі В) для тушіння пожеж, наприклад, ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А. Для пожеж вищого класу Е рекомендується використовувати вогнегасники типу УО, ОП-10А, вибираючи їх згідно з НАПБ Б.03.002-2007. Кількість і клас вогнегасників повинні відповідати вимогам.

Під час обробки тканини необхідно дотримуватися вимог безпеки від електростатичного іскроутворення. Також необхідно терміново злити пожежонебезпечні рідини та горючі гази в обладнанні.

Рекомендується регулярно очищати робоче місце цеху, механізми від горючих відходів, пилу та пожежонебезпечних відходів виробництва. Займисті розчинники та чистячі засоби також слід замінити безпечними технічними очисниками. Важливо передбачити різні засоби обмеження поширення вогню.

У приміщеннях повинні бути передбачені засоби колективного та індивідуального захисту для захисту працівників від небезпечних наслідків вогню і диму. Тип електрообладнання, що використовується в приміщенні, повинен відповідати рівню пожежо- та вибухобезпеки зон. У приміщеннях, де на виробництві використовується зварювання, рекомендується встановлювати вогнетривкі кожухи і оснащувати вуглекислотними вогнегасниками, а також вуглекислотними кирками, відрами, ломами і сокирами. Ящик з піском рекомендується поставити біля захисної кришки і регулярно перевіряти його на сухість.

Для швидкого гасіння можливих пожеж рекомендується використовувати азбестові ковдри. Для автоматичного виявлення пожежі у виробничих цехах із застосуванням зварювання рекомендується встановлювати датчики для

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оперативного сповіщення про виникнення пожежі та активації систем автоматичного пожежогасіння.

8.3.2 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробою електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника ділянки.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити постраждалому штучне дихання.

У випадку загорання зварювальної машини необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;

приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на ділянці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);

викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, ділянки).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника ділянки та звернутися в медпункт

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

В сучасній економіці набуває популярності явище, що визначається терміном "стартап". Стартап або стартап-компанія, походячи від англійського слова "start-up" (запускати), представляє собою форму бізнесу, спрямовану на досягнення прибутку через впровадження зовсім нової ідеї або перспективного продукту. Зазвичай термін "стартап" асоціюється з молодими компаніями та мобільними фірмами, які мають обмежені ресурси, засновані нещодавно або знаходяться на етапі активного розвитку. Сьогодні поняття "стартап" використовується в різних галузях бізнесу.

У цьому розділі буде проведений аналіз маркетингових можливостей ідеї вдосконалення установки для маловідходного виробництва прокатних профілів із зварних блюмів. Крім того, буде здійснена оцінка теоретичних можливостей введення цієї технології на ринок.

9.1.Опис ідеї проекту

У даному підрозділі буде описано ідею стартап-проекту, через які напрямки застосування вона буде реалізована, а також будуть обґрунтовані вигоди застосування установки для маловідходного виробництва прокатних профілів із зварних блюмів.

Концепція нашого стартап-проекту заключається в дослідженні та удосконаленні технології з метою її подальшого комерційного використання. Ця технологія, яка володіє значними перевагами, такими як економічність та екологічність, забезпечує підвищення механічних характеристик з'єднань. Наші клієнти отримують можливість зниження витрат на виробництво за рахунок удосконаленої технології, що призведе до підвищення їхньої

					ЗС-21мп.00.00.000.ПЗ										
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка стартап-проекту					Літ.		Арк.		Аркушів	
Розроб.		Гаращенко П.В.													
Перевір.		Глуценко Я.І.													
Н. контр.		Лисак В.В.													
Затверд.		Квасницький В.В.								КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О.Патона					

конкурентоспроможності та додаткового прибутку.

Більш докладний опис ідеї стартап-проекту подано у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1: Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Установка для виробництва профілів зі зварних блямб з мінімальними відходами	-Будівництво -Машинобудування -Сільське господарство -Промисловість	-Висока продуктивність -Найменший відсоток відходів -Низькі витрати на виробництво -Відповідає найвищим міжнародним стандартам якості -Найдовший гарантійний термін експлуатації

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг та порівнянням із конкурентами.

Таблиця 9.2:Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економіч ні характер истики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтр альна сторон а)	S (сильна сторона)
		Мій проект	ТОВ "Профіл -1"	ТОВ "Профіл -2"	ТОВ "Профіл- 3"			
1.	Продукт ивність	160 т/добу	100 т/добу	120 т/добу,	150 т/добу	-	-	Сучасна продукти вність, що відповіда є потреbam ринку

Продовження таблиці 9.2

2.	Відсоток відходів від виробництва продукції	4%	6%,	8%	10%			Найменший відсоток відходів виробництва, що дозволяє економити сировину та підвищувати рентабельність виробництва
3.	Витрати на виробництво	80 тис. грн/т	85 тис. грн/т	90 тис. грн/т	100 тис. грн/т			Нижчі витрати на виробництво, ніж у конкурентів

Продовження 9.2

4.	Якість продукції	Мій проект - відповіді дає вимогам ISO	відповіді дає вимогам ISO	відповіді дає вимогам ДСТУ	відповіді дає вимогам ГОСТ			Відповіді дає найвищим міжнародним стандартам якості
5.	Гарантійний термін експлуатації	Мій проект - 10 років	10 років	7 років	5 років			Найдовший гарантійний термін експлуатації

9.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу було проведено технологічний аудит технології, за допомогою якого можна реалізувати ідею стартапу. Технологічна здійсненність ідеї проекту наведена у таблиці 9.3

Таблиця 9.3: Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Установка для виробництва профілів зі зварних блямбів з мінімальними відходами	Створення веб-сайту, оренда офісу та приміщення з обладнанням для точкового зварювання для проведення експериментів, найм робітників	Дані технології вже існують, але потрібна подальша розробка та вдосконалення. Окрім того є необхідність проведення досліджень для окремих умов (тип сталей, товщина пластин тощо)	Технології доступні авторам проекту, які вже мають досвід з роботою цієї технології. Також у проект будуть залучені висококваліфіковані фахівці з великим досвідом роботи з цією технологією задля подальшого її вдосконалення
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: можлива			

За результатами аналізу робиться висновок, що можливості технологічної реалізації проекту та шляхи її здійснення є можливими. Для впровадження даної ідеї тепер потрібно провести аналіз перспектив для подальшого виходу на ринок.

9.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку таблицю 9.4

Таблиця 9.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3-5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	10-15 млрд грн/рік
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Високі початкові інвестиції, необхідність наявності технологій і кваліфікованих кадрів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відповідність вимогам міжнародних стандартів якості
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15-20

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що ринок виробництва профілів зі зварних блямів в Україні є привабливим для стартап-проектів. Ринок характеризується зростаючим попитом, відносно високою нормою рентабельності та наявністю потенційних конкурентних переваг.

Задля визначення ринкових перспектив потрібно спланувати напрямки розвитку стартапу, аналізуючи при цьому стан ринкового середовища. У межах даного підрозділу було визначено потенційні групи клієнтів, їх характеристики та було сформовано орієнтовний перелік вимог до технології. Всі результати були внесені у таблицю 9.5

Таблиця 9.5: Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності різних потенційних груп клієнтів	Вимоги споживачів
Потреба в інноваційних, високоефективних та економних технологій зв'язань різних типів сталей	Будівництво Машинобудування Підприємства металообробки Сільське господарство	- Забудовники є основними споживачами профілів зі зварних блям у будівництві. Вони вимагають від продукції високої якості, конкурентоспроможної ціни та широкого асортименту. - Підприємства машинобудівної галузі вимагають від продукції високої якості, надійності та довговічності. - Підприємства агропромислового комплексу вимагають від продукції конкурентоспроможної ціни та гарантійного терміну експлуатації.	- Висока якість продукції - Конкурентоздатна ціна - Широкий асортимент продукції - Надійність і довговічність продукції - Гарантійний термін експлуатації

Таблиця 9.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Поява нових конкурентів	Збільшення конкуренції на ринку та зниження частки ринку компанії	Вийти на ринок першими, запропонувати унікальні характеристики та переваги продукту, забезпечити високу якість продукту та сервісу

Продовження таблиці 9.6

2	Зміна економічної ситуації	Зниження попиту на товари та послуги, зниження платоспроможності населення	Запропонувати продукт за конкурентоспроможною ціною, забезпечити доступність продукту для широкого кола споживачів
3	Зміна технологій	Застаріння продукту, появу нових, більш сучасних продуктів	Забезпечити постійне вдосконалення продукту, впроваджувати нові технології

Таблиця 9.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту на розумні пристрої та технології	Зростання попиту на профілі зі зварних блямів може бути викликане зростанням економіки, розвитком нових галузей промисловості або появою нових застосувань для профілів.	Компанія може збільшити обсяги виробництва або розширити асортимент продукції.
2	Потреба споживачів у комфорті та безпеці	Задоволення потреб споживачів у комфорті та безпеці	Акцентувати увагу на цих характеристиках продукту в маркетингових комунікаціях
3	Інноваційність продукту	Залучення уваги споживачів до продукту, підвищення конкурентоспроможності на ринку	Провести маркетингову кампанію, яка підкреслить інноваційність продукту

Таблиця 9.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Вказати тип конкуренції	олігополія	На ринку існує невелика кількість основних гравців, які контролюють більшу частину ринку.
2. За рівнем конкурентної боротьби	високий	Ринок характеризується великою кількістю конкурентів, які активно борються за свою частку ринку.
3. За галузевою ознакою	внутрішньогалузева	Конкурентна боротьба відбувається між компаніями, які виробляють аналогічну продукцію.
4. Конкуренція за видами товарів:	товарно-видова	Конкурентна боротьба відбувається між компаніями, які виробляють різні види продукції, але призначені для однієї цільової аудиторії.
5. За характером конкурентних переваг	нецінова	Конкурентна боротьба відбувається за рахунок якості продукції, сервісу, маркетингових заходів та ін.
6. За інтенсивністю	марочна	Конкурентна боротьба відбувається за рахунок марок товарів та послуг.

Таблиця 9.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	ТОВ "Профіл-1" ТОВ "Профіл-2" ТОВ "Профіл-3"	Висока вартість обладнання Необхідність наявності кваліфікованих кадрів Великі виробничі потужності	Невелика кількість постачальників Концентрація постачальників Важливість продукції постачальників для виробника профілів	Велика кількість споживачів Невисока диференціація продукції Висока чутливість до ціни.	Наявність альтернативних матеріалів * Розвиток нових технологій
Висновки:	На ринку виробництва профілів зі зварних блямів існує невелика кількість основних гравців, які контролюють більшу частину ринку.	Інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів є високою.	Існують можливості входу в ринок, але вони є досить високими.	Клієнти мають високу силу на ринку, що робить їх важкими для переговорів	Товари-замінники є потенційною загрозою для галузі.

Таблиця 9.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Якість продукції	Якість продукції є одним з найважливіших факторів конкурентоспроможності. Споживачі завжди віддають перевагу продукції високої якості, навіть якщо вона коштує дорожче.

Продовження таблиці 9.10

2	Ціна продукції	Ціна продукції також є важливим фактором конкурентоспроможності. Споживачі завжди шукають товари, які пропонують найкраще співвідношення ціни та якості.
3	Швидкість і надійність поставок	Швидкість і надійність поставок також є важливими факторами конкурентоспроможності. Споживачі не хочуть чекати довго на замовлення і не хочуть, щоб їх замовлення були доставлені з порушенням термінів.
4	Сервіс	Сервіс також є важливим фактором конкурентоспроможності. Споживачі хочуть отримувати якісний сервіс, включаючи консультації, технічну підтримку та гарантію.
5	Репутація компанії	Репутація компанії також є важливим фактором конкурентоспроможності. Споживачі завжди довіряють компаніям з хорошою репутацією.

Таблиця 9.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ТОВ "Профіл-1"						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Якість продукції	20						+	
2	Ціна продукції	15			+				
3	Швидкість і надійність поставок	18					+		
4	Сервіс	17		+					
5	Репутація компанії	19						+	

Таблиця 9.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: • Унікальний дизайн є важливою перевагою для нового продукту, оскільки він дозволяє виділити продукт серед конкурентів. • Автоматичне виконання деяких функцій також є важливою перевагою, оскільки воно дозволяє спростити використання продукту для споживачів. • Ціна, нижча за ціни конкурентів є додатковою перевагою, яка може зробити продукт більш конкурентоспроможним на ринку.	Слабкі сторони: • Недостатній досвід у сфері виробництва та маркетингу може призвести до проблем у виробництві та просуванні продукту на ринок. • Недостатні фінансові ресурси можуть обмежити можливості стартап-проекту з розвитку та просування продукту. • Недостатня відомість бренду може ускладнити просування продукту на ринку.
Можливості: • Зростання попиту на розумні пристрої та технології створює сприятливі умови для впровадження нового продукту. • Потреба споживачів у комфорті та безпеці також є сприятливим фактором для впровадження нового продукту. • Інноваційність продукту може бути фактором, який привабить споживачів і дозволить новому продукту зайняти певну частку ринку.	Загрози: • Поява нових конкурентів може ускладнити просування нового продукту на ринку. • Зміна економічної ситуації може призвести до зниження попиту на новий продукт. • Зміна технологій може зробити продукт застарілим і неконкурентоспроможним

Таблиця 9.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Швидке впровадження на невеликий ринок	Висока	Короткі
2.	Поступове впровадження на великий ринок	Середня	Довгі
3.	Глобальне впровадження	Низька	Дуже довгі

9.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 9.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Машинобудування	Висока	Великий	Середня	Середня
2	Промисловість	Середня	Середній	Висока	Висока
3	Сільське господарство	Низька	Малий	Середня	Середня

Які цільові групи обрано:

Машинобудування

Промисловість

Таблиця 9.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Швидке впровадження на невеликий ринок	Концентрація	Унікальна пропозиція цінності (УПК), висока якість, інноваційність	Диференціація

Таблиця 9.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Так	Шукати нових споживачів	Ні	Новачок

Таблиця 9.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Висока якість, інноваційність, зручність використання	Диференціація	Унікальна пропозиція цінності (УПК), висока якість, інноваційність	Новий, інноваційний продукт, який відповідає найвищим стандартам якості

9.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 9.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Забезпечення продуктивності	Продуктивність	Сучасна продуктивність, що відповідає потребам ринку
2	Мінімальний відсоток відходів виробництва	Відсоток відходів виробництва	Найменший відсоток відходів виробництва, що дозволяє економити сировину та підвищувати рентабельність виробництва
3	Мінімальні витрати на виробництво	Витрати на виробництво	Нижчі витрати на виробництво, ніж у конкурентів
4	Якісна продукція	Якість продукції	Відповідає найвищим міжнародним стандартам якості
5	Надання гарантії	Гарантійний термін експлуатації	Найдовший гарантійний термін експлуатації

Таблиця 9.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Габаритні розміри: Ширина – 50мм Висота – 50мм Довжина – не більше 2 м	-	-

Продовження таблиці 9.19

	Якість: ДСТУ EN ISO 6520-1:2015
	Пакування
	Марка: назва організації-розробника + назва товару
III. Товар із підкріплення м	До продажу Маркетингові комунікації Сервісне обслуговування
	Після продажу Гарантія Сервісне обслуговування
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Унікальний дизайн Автоматичне виконання деяких функцій Ціна, нижча за ціни конкурентів	

Таблиця 9.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Ціна товари-замінника	Ціна товари-аналоги	Середній дохід цільової групи споживачів	Ціна нижча за ціну товари-замінника, але вище за ціну товари-аналоги

Таблиця 9.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Машинобудування Промисловість	Маркетинг Продаж Доставка Гарантія та сервіс	повинна бути короткою. Це пов'язано з тим, що споживачі цієї групи цінують свій час і хочуть отримувати товари та послуги швидко та зручно.	прямий продаж. Це означає, що виробник або дистриб'ютор товару буде безпосередньо продавати його споживачам

Таблиця 9.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Машинобудування Промисловість	Інтернет - соціальні мережі, веб-сайти, пошукові системи. Телебачення - рекламні ролики. Радіо - рекламні ролики.	Новий, інноваційний продукт Відповідає найвищим стандартам якості Зручний у використанні	Поінформувати цільову групу споживачів про новий продукт Сформувати позитивне уявлення про продукт Зацікавити споживачів у придбанні продукту	Рекламне звернення повинно бути: коротким, чітким та інформативним підкреслювати унікальність та переваги продукту викликати позитивні емоції у споживачів

9.6 Висновки

На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

- Можливість ринкової комерціалізації проекту

На основі аналізу попиту на ринку, динаміки ринку та прогнозів експертів, можна зробити висновок, що на ринку існує попит на новий продукт, який пропонує стартап-проект. Це пов'язано з такими факторами, як:

Динаміка ринку також є позитивною. У найближчі роки очікується зростання попиту на розумні пристрої та технології, що також створює сприятливі умови для впровадження нового продукту.

Рентабельність роботи на ринку також є позитивною. Вартість виробництва продукту є порівняно низькою, а ціна продукту є конкурентоспроможною. Це дозволяє очікувати, що проект буде рентабельним.

- Перспективи впровадження

З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проекту, можна зробити висновок, що проект має перспективи впровадження на ринку.

Потенційні групи клієнтів для нового продукту досить широкі. Це молоді люди віком від 18 до 35 років та люди середнього віку віком від 35 до 65 років. Ці групи споживачів характеризуються такими особливостями, які роблять їх привабливими для нового продукту:

нового продукту є порівняно низькими. Це пов'язано з тим, що продукт не є складним у виробництві та не вимагає значних інвестицій.

Стан конкуренції на ринку є помірним. На ринку існує кілька конкурентів, які пропонують аналогічні продукти. Однак, новий продукт має ряд переваг перед конкурентами, зокрема:

Ці переваги дозволяють новому продукту мати конкурентні переваги на ринку.

- Альтернатива впровадження

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що для ринкової реалізації проекту доцільно обрати альтернативу 2. Ця альтернатива передбачає прямий продаж продукту через власний інтернет-магазин та партнерські інтернет-магазини.

Ця альтернатива має ряд переваг перед іншими альтернативами, зокрема:

- Доцільність подальшої імплементації проекту

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що подальша імплементація проекту є доцільною. Проект має високий потенціал для успіху на ринку.

Для успішної реалізації проекту необхідно провести наступні заходи:

Розробити та впровадити маркетингову стратегію, спрямовану на просування продукту на ринок.

Забезпечити наявність достатніх фінансових ресурсів для впровадження проекту.

Забезпечити високу якість продукту та сервісу.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході глибокого дослідження, що охоплює аналіз матеріалу та можливих методів зварювання, було виявлено та обґрунтовано оптимальний спосіб – контактне стикове зварювання безперервним оплавленням. Ретельний огляд фізичних, хімічних і механічних властивостей зварюваного матеріалу дав змогу визначити відповідність вибраного методу та ефективність його застосування.

На основі цього вибору були розроблені технічне завдання та функціональна схема установки, включаючи розрахунок параметрів режиму зварювання та види можливих дефектів з їх усуненням. Детально розглянута структура установки та конструкція основних її вузлів і пристроїв, що сприятиме підвищенню продуктивності та надійності системи.

Окремий акцент був зроблений на електричних аспектах установки, з обґрунтуванням структури системи автоматики контролю, включаючи принципові електричні схеми блоків САК.

У рамках проекту було проведено детальний аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів з метою розробки ефективних інженерних рішень для забезпечення безпеки праці. Результати аналізу виявили план виробничого приміщення, оцінку умов праці та заходи з мінімізації шуму, електромагнітного випромінювання та інших ризикових факторів.

Завершальною частиною проекту стала розробка стартапу, включаючи опис ідеї проекту, технологічний аудит, аналіз ринкових можливостей, розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми. Зазначені кроки є стратегічними для успішного впровадження розробленого зварювального проекту на ринку. Цей проект не лише вирішує технічні завдання зварювання, але й розглядає аспекти безпеки праці та враховує сучасні вимоги сталого розвитку та екологічної відповідальності.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Контактная стыковая сварка сопротивлением с формированием соединения: Сб. науч. тр./ АН УССР. Ин-т электросварки им.Е.О.Патона; Редкол.: Лебедев В.К. и др. – Киев: ИЭС им.Е.О.Патона, 1986г. – 96 с.

2. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по курсам «Оборудование для сварки давлением» и «Сварка давлением» для студентов специальности «Автоматизированные электросварочные установки» и «Оборудование и технология сварочного производства»/ Сост. В.В. Сыроватка, П.Н.Чвертко, В.А.Пахаренко.- К.: КПИ, 1990.- 40с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних занять та курсового проекту з курсів «Зварювання тиском» та «Машини та установки для зварювання тиском» для студентів зварювальних спеціальностей/ укладачі: В.В.Сироватка, В.А.Пахаренко, П.М.Чвертко.- К.: НТУУ, 1998.- 48 с.

4. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок.- М.:Энергоатомиздат, 1986. – 144с.

5. Правила устройства электроустановок.- М.: Энергоатомиздат, 1987.- 648с.

6. Справочник по охране труда на промышленном предприятии/ под ред. Ткачук К.Н. и др. – К.:Техніка, 1991. – 285с.

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов/ Б.Д.Орлов, А.А.Чакалев, Ю.В.Дмитриев и др.; под общ. ред. Б.Д.Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1986.- 352с., ил.

8. Трансформаторы для электрической контактной сварки/ З.А.Рыськова, П.Д.Федоров, В.И.Жимерева.- 3-е изд., перераб. и доп.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990- 424с.: ил.

9. ДСТУ EN ISO 6520-1:2015 Зварювання та споріднені процеси. Класифікація геометричних дефектів у металевих матеріалах.

10. ДСТУ 2489-94. Система стандартів безпеки праці. Контактне зварювання. Вимоги безпеки.

11. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення

12. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування

13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень

14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

15. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація

16. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17.ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці.
Електробезпека.Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

18. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і
правила прироботі з джерелами електромагнітних полів

19. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила
будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних
установок

20.НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила
безпечноїексплуатації електроустановок споживачів

21.ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше
переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України
видання)

22.ДСТУ 12.0.230:2008 Система стандартів безпеки праці.
Системиуправління охороною праці. Загальні вимоги

23.НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій
приміщень,будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та
пожежною небезпекою

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ЗС-21мп.00.00.000ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[illegible]