

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

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

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____Віктор КВАСНИЦЬКИЙ
« ____ » _____ 2023 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технологічні системи з'єднань та
інженерії поверхонь»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Технологія зварювання декоративних виробів з дроту»

Виконав: студент IV курсу, групи ЗС-91
Дудка Євгеній Олексійович

(підпис)

Керівник: доцент, к.т.н., доцент,
Чвертко Євгенія Петрівна

(підпис)

Консультант з економічної частини:
доцент, к.т.н., Глущенко Ярослава Іванівна

(підпис)

Консультант з охорони праці
Зав. каф., д.т.н., професор
Левченко Олег Григорович

(підпис)

Рецензент: доцент, к.т.н., доцент,
Кондрашев Павло Васильович

(підпис)

Засвідчую, що у цьому
дипломному проєкті 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 – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – «Технологічні системи з'єднань та інженерії поверхонь»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Дудці Євгенію Олексійовичу

1. Тема проєкту «Технологія зварювання декоративних виробів з дроту»,
керівник проєкту Чвертко Євгенія Петрівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по
університету від «___» _____ 2023 р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 5 червня 2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту Тип зварного з'єднання — напусткове з 2 або 3 деталей;
матеріал — маловуглецева сталь; діаметр дроту — 3 мм

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1. Вибір способу зварювання

4.2. Матеріали та обладнання для підбору технологічного вікна параметрів режиму зварювання

4.3. Визначення технології зварювання з'єднань

4.4. Планування розміщення устаткування на виробничій площі

4.5. Економічний розділ

4.6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1. Виріб, конструктивні елементи з'єднання (1 А1).

2. Установка для зварювання декоративних виробів (1 А1).

3. Вибір технологічних вікон параметрів режиму зварювання (2 А1).

4. Функціональна схема установки, принципова електрична схема установки (1 А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Тимошенко Н.Ю., доц.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Левченко О. Г., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Прим.
1	Аналіз літератури за темою проєкту	до 30 квітня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проєктних рішень технологічної частини проєкту	до 15 травня	
3	Розробка економічної частини проєкту	до 20 травня	
4	Розробка інженерних рішень з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	до 20 травня	
5	Оформлення графічного матеріалу	до 25 травня	
6	Оформлення пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	до 5 червня	

Студент

(підпис)

Євгеній ДУДКА

Керівник

(підпис)

Євгенія ЧВЕРТКО

АНОТАЦІЯ

В цьому дипломному проекті основною метою дослідження було досягнення якісних та стабільних зварних з'єднань декоративних виробів з дроту шляхом оптимального налаштування параметрів точкового зварювання. Для досягнення цієї мети була проведена лабораторна робота з дослідженням вибору режиму зварювання, під час якої були експериментально визначені оптимальні значення сили стиску, сили струму, часу зварювання та інших параметрів.

Результати дослідження показали, що використання відповідних параметрів режиму зварювання при точковому зварюванні декоративних виробів з дроту сприяє отриманню якісних зварних з'єднань з високою міцністю і естетичним виглядом. Відповідно до отриманих результатів, було розроблено рекомендації щодо оптимального налаштування обладнання та вибору параметрів зварювання.

Здійснений техніко-економічний аналіз, був створений комплекс інженерних заходів з питань охорони праці з урахуванням особливостей обраного режиму зварювання.

Результатом даного дипломного проекту є розроблений технологічний процес та підібране обладнання для підвищення стабільності зварювання на майстер-класах.

Ключові слова: *точкове зварювання, декоративні вироби, сталевий дріт*

ANNOTATION

In this diploma project, the main objective of the research was to achieve high-quality and stable welded joints of decorative wire products through optimal adjustment of spot welding parameters. To achieve this goal, a laboratory work was conducted to study the selection of welding mode, during which the optimal values of clamping force, current strength, welding time, and other parameters were experimentally determined.

The research results showed that the use of appropriate welding mode parameters in spot welding of decorative wire products contributes to obtaining high-quality welded joints with high strength and aesthetic appearance. Based on the obtained results, recommendations were developed for the optimal adjustment of equipment and selection of welding parameters.

A technical and economic analysis was carried out, and a complex of engineering measures was developed regarding occupational safety considerations, taking into account the characteristics of the chosen welding mode.

The result of this diploma project is the developed technological process and selected equipment for improving welding stability in master classes.

Keywords: *spot welding, decorative products, steel wire.*

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз декоративних конструкцій з дроту	9
1.1 Опис конструкції.....	10
1.2 Характеристика матеріалу дроту.....	12
1.3 Характеристики матеріалу з точки зору можливості з'єднання способом зварювання тиском	14
2 Аналіз існуючих способів зварювання дроту зі сталі	15
2.1 Аналіз технології контактного точкового зварювання	17
2.2 Аналіз переваг та недоліків точкового зварювання	21
2.3 Критерії якості зварного з'єднання	22
2.4 Контроль якості та моніторинг якості звірних з'єднань.....	24
3 Технологічне обладнання для точкового зварювання	26
3.1 Експериментальна установка для зварювання точковим зварюванням	26
3.2 Технічні характеристики та опис установки	28
3.3 Додаткове обладнання для зварювання	29
3.4 Програмне забезпечення	32
4 Розрахунок основних параметрів режиму зварювання	33
4.1 Лабораторний підбір параметрів режиму зварювання.....	33
4.2 Висновок до лабораторного дослідження	40
5 Економічні витрати під час зварювання	42
6 Охорона праці під час проведення зварювальних робіт	47

					ЗС-91.003.00.001			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА			
Розроб.	Дудка Є.О							
Перевір.	Чвертко Є.П.							
Н. контр.	Лисак В.В.							
Затверд.	Квасницький В.В.							
					Літ.	Арк.	Аркушів	
							8	65
					КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім.. ЄО.Патона			

6.1 Рівень шуму	48
6.2 Підвищена напруга в електричному колі	49
6.3 Електромагнітні випромінювання.....	51
6.4 Пожежна безпека.....	55
6.5 Системи заходів і засобів безпечної експлуатації електроустановок ...	56
6.6 Вимоги безпеки в надзвичайній ситуації	58
Список використаної літератури	60
Додаток А	63

Вступ

В сучасному світі набувають популярності різні декоративні вироби з металу де застосовують зварювання, найбільшого поширення здобув дріт, завдяки його пластичності, простоті з'єднання та дешевизні.

Зварювання дроту - це технологічний процес, який знаходить широке застосування у створенні декоративних виробів. Цей метод виготовлення забезпечує можливість створювати унікальні та естетично привабливі вироби з дроту, які мають високу цінність як серед митців, так і серед шанувальників мистецтва.

У роботі ми детально розглянемо процес створення декоративних виробів з дроту за допомогою зварювання, зокрема його основні принципи, технології та використовувані матеріали. Ми також проаналізуємо наукові дослідження та інноваційні розробки, які здійснюються в цій галузі в Україні.

Моя робота переслідує задачу розробити оптимальну технологію зварювання дроту виконання декоративних виробів з дроту для забезпечення найбільшої стабільності та естетичного вигляду самого виробу.

Для реалізації поставленої задачі необхідно:

- 1.Вибрати матеріал дроту
- 2.Розрахувати режим зварювання
- 3.Експериментально довести робочий режим зварювання
- 4.Дослідити якість отриманого з'єднання
- 5.Розробити технологію контактного зварювання декоративного дроту

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 АНАЛІЗ ДЕКОРАТИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ДРОТУ

Декоративні вироби з металу стають невід’ємною частиною нашого життя, з кожним роком його поширення стає дедалі більшим. Декоративні вироби з металу включають широкий спектр предметів, що застосовують як елементи декору. Серед них можна виділити скульптури, гарнітури, ліхтарі, меблі, огорожі, меблі, вази, садові аксесуари та інші. Кожен тип виробу має свою унікальну форму, стиль і індивідуальні характеристики, які роблять його особливим.

Дуже часто можна побачити декоративні вироби від любителів, які виготовляють різні фігури для власного господарства. Такі фігури можуть освіжати при приміщенні роблячи його цікавим. Як правило любителі використовують залишки чорного металу для втілення своїх фантазій, приклад аматорської роботи буде зображений на рис.1.1



Рис.1.1. Аматорський декоративний виріб [9]

При виготовленні будь-якого виробу насамперед має бути вибраний матеріал дроту, це може бути різна сталь, алюміній, мідь та латунь в залежності від зовнішнього вигляду металу та здатності до окислювання.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Виготовлення декоративних конструкцій з дроту може вимагати певних навичок та технологій. Складності можуть включати точність згинання дроту, зварювання, формування складних деталей та забезпечення стійкості конструкції. Однак, виготовлення декоративних виробів з дроту також має переваги, такі як можливість індивідуального проектування, легкість та гнучкість матеріалу, естетичний вигляд та варіативність стилів.

1.1 Опис конструкції

У даному розділі ми детально описуємо конструкцію декоративного виробу. Подальша робота буде виконана для виготовлення сердечка з дроту для майстер-класів на яких кожен бажаючий зможе виготовити без значних зусиль цей декоративний виріб для себе чи як на подарунок. На рис.1.1 показано кінцевий вигляд виробу.



Рис.1.1. Кінцевий вигляд виробу

Виготовлення цього виробу буде виконуватися за допомогою технології зварювання. Виріб складається з двох дротів, які з'єднані у формі серця, а також з підставки, яка приварюється до нижньої частини серця. Детальний опис конструкції надається нижче.

Перед початком зварювальних робіт, потрібно зробити заготовки як говорилося вище серце буде виконано з використання трьох дротів два з яких попередньо потрібно зігнути в верхній частині для утворення параболи, згин буде здійснений приблизно на 3:4 довжини дроту, а довжина дротів в районі 20см окрім підставки довжина якої буде за побажанням кожного.

На рис.1.2 зображено загальний вигляд заготовок (2 дроти зігнуті для утворення серця і один дріт для підставки) для подальшої роботи.



Рис.1.2. Заготівки

Точних даних для заготовок немає так як ці заготовки будуть використовуватись на майстер-класах де кожен виріб буде унікальним для того щоб задовольнити кожного бажаючого зробити серце з дроту своїми руками.

В подальших дослідях будуть використовуватись дроти товщиною 3мм та довжиною 2шт. – 22см, 1шт. – 15см з габаритами 280x100.

Міцність виробу буде визначена в подальших дослідях, але так як це декоративний виріб міцність зварних з'єднань не є вирішальним параметром тому ми можемо знехтувати стандартом якості ISO 17636.

1.2 Характеристика матеріалу дроту

Під час експерименту було зварено зразки з низьковуглецевої сталі марки Ст3 діаметром 3 мм. Хімічний склад та фізико-механічні властивості Ст3 відповідають вимогам ДСТУ 380-2005, які представлені в таблицях 1.1 (хімічний склад), 1.2 механічні властивості та табл 1.3 фізичні властивості зазначеного стандарту: [13]

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі Ст3

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.14- 0.22	0.12- 0.3	0.4- 0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.004	до 0.3	до 0.3	до 0.08

Таблиця 1.2. Механічні властивості при T=20°C сталі Ст3 :

Сортамент	Размер	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5
-	мм	-	МПа	МПа	%
Прокат гарячекатаний	до 20		370-480	245	26
Твердість матеріалу Ст 3 ,			HB 10 ⁻¹ = 111 МПа		

Табл. 1.3. Фізичні властивості матеріалу Ст 3 .

T	E 10⁻⁵	λ	ρ	C	R 10⁹
Град	МПа	Вт/(м·град)	кг/м³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.13		7900		725
100	2.08	16	7860	469	792
200	2.02	18	7820	486	861
300	1.95	20	7780	498	920
400	1.87	21	7740	511	976
500	1.76	23	7690	519	1028
600	1.67	25	7650	528	1075
700	1.53	26	7600	532	1117
T	E 10⁻⁵	λ	ρ	C	R 10⁹

Позначення:*Механічні властивості :* σ_b - Границя короткочасної міцності, [МПа] σ_t - Границя пропорційності (границя текучості для залишкової деформації), [МПа] δ_5 - Відносне збільшення (подовження) при розриві , [%]**НВ** - Твердість по Брінеллю , [МПа]*Фізичні властивості :***T** - Температура, при котрій отримані дані властивості , [Град]**E** - Модуль пружності першого роду, [МПа] λ - Коефіцієнт теплопровідності (теплоємності матеріалу), [Вт/(м·град)] ρ - Густина матеріалу , [кг/м³]**C** - Питома теплоємність матеріалу (діапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)]**R** - Питомий електроопір, [Ом·м]

1.3 Характеристики матеріалу з точки зору можливості з'єднання способом зварювання тиском

Ст3 відноситься до матеріалів групи 1. Для цієї групи характерно:

Ця група сталей характеризується такими особливостями, як середнє значення граничного електроопору, малий показник опору деформації, низька чутливість до термічного циклу і вибризувань. Це дозволяє зварювати ці сталі як на жорстких, так і на м'яких режимах з використанням електродів з плоскою робочою поверхнею. Вони мають електропровідність не менше 80% електропровідності міді і твердість у діапазоні 120-140 НВ.

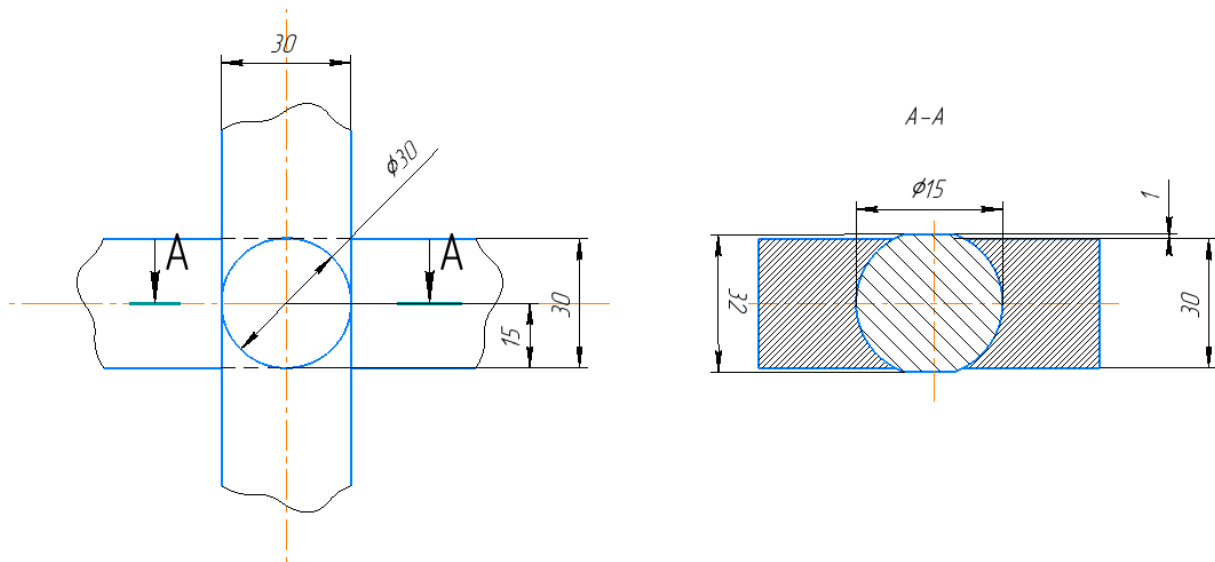


Рис. 1.3. Конструкційні елементи зварного з'єднання

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ЗВАРЮВАННЯ ДРОТУ ЗІ СТАЛІ

Існує безліч способів зварювання, але не всі підходять для зварювання дроту. Розглянемо основні способи і вже тоді проаналізуємо який спосіб буде підходити найкраще так як наша головна мета в кінцевому результаті отримати виріб який буде мати естетичний вигляд та бути простим в експлуатації.

Основні види зварювання:

- Зварювання MIG (захисний газ): При MIG /MAG зварювання дріт плавиться в середовищі захисного газу і безперервно надходить в зону формування шва. Захисний газ застосовується, щоб створити дугу і захистити зону зварювання від атмосферного забруднення.

Ручне дугове зварювання не підходить через відсутність регулювання глибини проплавлення основного металу та цей вид зварювання не підійде для людини яка ніколи не займалась зварюванням

- Зварювання TIG (зварювання вольфрамовим електродом в середовищі інертного газу): Також відоме як газо-вольфрамове дугове зварювання (GTAW), TIG-зварювання використовує вольфрамовий електрод для створення дуги і потребує окремого присадного матеріалу, який потрібно додавати вручну. Це точний метод зварювання, який підходить для тонких матеріалів.

TIG не підходить через те, що потребує вищого рівня кваліфікації зварника та не підходить через тип матеріалу, так як цей метод використовується переважно для нержавіючої сталі, алюмінієвих та нікелевих сплавів.

- Точкове зварювання: Точкове зварювання включає накладання тиску та електричного струму на точку з'єднання двох металевих шматків, створюючи локалізоване зварне з'єднання. Воно часто використовується для з'єднання тонких листів металу, включаючи сталеву дріт.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Газове зварювання: Газове зварювання, також відоме як кисневе зварювання, використовує полум'я, утворене сумішшю паливного газу і кисню, для нагрівання і розплавлення металевих поверхонь. Для додавання матеріалу і створення з'єднання може використовуватися присадний прут. Хоча це менш поширений спосіб зварювання сталевих дроту, він може бути придатним для певних застосувань.

Використовуючи цей метод є великий ризик виникнення пожежі, а також через низьку концентрацію тепла виникає широка зона розповсюдження тепла.

- Лазерне зварювання: Лазерне зварювання використовує високоенергетичний лазерний промінь для плавлення та з'єднання металевих поверхонь. Це точний та швидкий метод, який майже не впливає на теплову зону впливу. Лазерне зварювання часто використовується у високотехнологічних галузях, де важлива точність та якість зварювання.

- Ультразвукове зварювання: Ультразвукове зварювання використовує високочастотні механічні коливання для створення тертя і тепла між металевими поверхнями, в результаті чого вони сплавляються разом. Воно зазвичай використовується для з'єднання невеликих і делікатних компонентів.

Кожен з цих методів має свої переваги, але недоліки на жаль переважають. Нам потрібен такий спосіб зварювання який в собі включаю дешевизну, естетичний зовнішній вигляд зварного з'єднання дроту та простота в використанні.

Найбільш підходящим способом зварювання для наших цілей виділяється точкове контактне зварювання. Цей метод дозволяє зварювати тонкий сталевий дріт без усяких складностей з підібраним режимом зварювання без ризиків для оточуючих, сам метод не складний навіть для людей які раніше ніколи не мали справу зі зварюванням, також плюсом буде невелика вартість зварювання

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

2.1 Аналіз технології контактної точкової зварювання

Контактне зварювання - це процес утворення нероз'ємних з'єднань конструкційних металів в результаті їх короткочасного нагрівання електричним струмом і пластичного деформування зусиллям стиснення.

При контактному зварюванні, так само як і при інших способах зварювання, з'єднання деталей відбувається шляхом утворення зв'язку між атомними агрегатами в зоні контакту цих деталей. Цей процес вимагає витрати теплової та механічної енергії, яка надходить ззовні, для створення фізичного контакту і активації з'єднувальних поверхонь.

Для формування з'єднання необхідною умовою є утворення спільної зони розплавлення (ядра), яка має визначені розміри згідно зі стандартом. Процес формування зварного характеризується коротким часом зварювання і великим зварювальним струмом.

Розміри ядра або шва регламентуються ГОСТ 15878-79

При розглянутих способах зварювання утворення з'єднання відбувається значною мірою за єдиною схемою, що полягає із трьох етапів I-III (рис. 2.1).

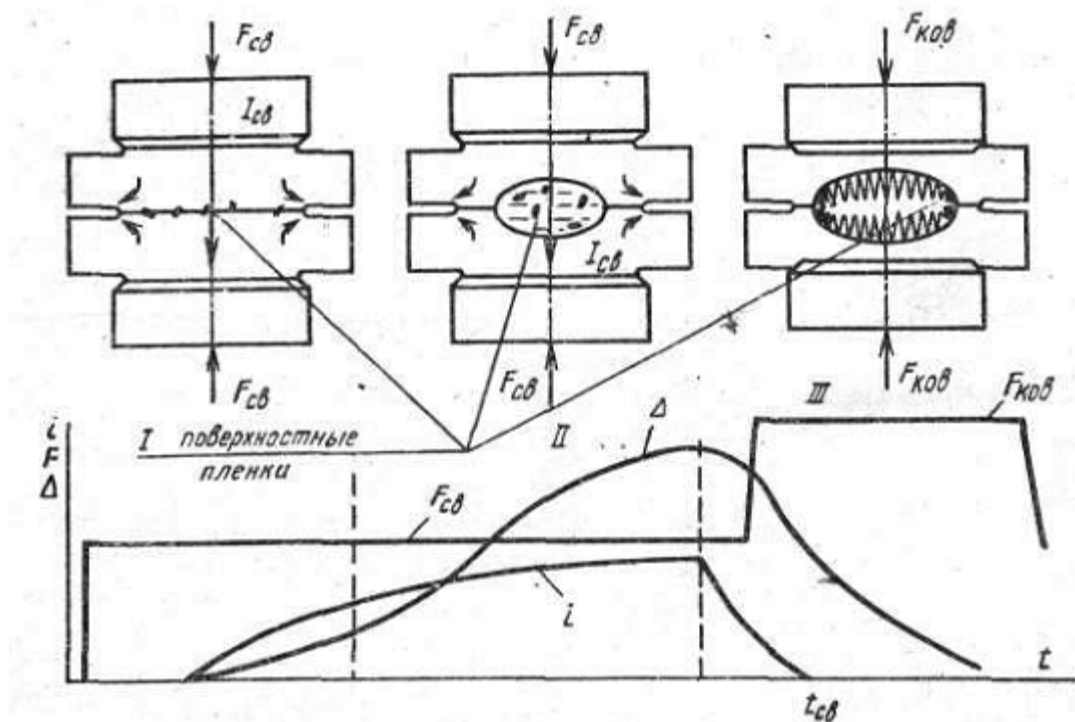


Рис 2.1. Етапи формування з'єднання

На першому етапі зварювання застосовується прикладання сили до деталей, що спричиняє пластичну деформацію мікрорельєфу на контактних поверхнях між деталями та електродом. Після цього включається зварювальний струм, що нагріває метал та вирівнює мікрорельєф поверхонь, руйнує поверхневі плівки і формує електричний контакт. В результаті нагрітого металу, що піддається об'ємній деформації, утворюється щільний поясок в зазорі між деталями.

На другому етапі відбувається розплавлення металу та формування ядра. З плином часу, коли струм проходить через метал, ядро збільшується до своїх максимальних розмірів. Під впливом тепла та струму відбувається перемішування розплавленого металу у ядрі, що призводить до формування металічних зв'язків у рідкій фазі.

На третьому етапі розпочинається вимкненням струму, що спричиняє охолодження розплавленого металу та його кристалізацію у вигляді ядра. Під час кристалізації виникають залишкові напруження, оскільки об'єм ядра зменшується. В кінці цього етапу знімають зусилля, які були прикладені до деталей.

Повну кількість теплоти яка відділяється під час зварювання між мідним електродами за час зварювання можна визначити за законом Джоуля-Ленца:

$$\Delta Q = \int_0^t I^2(t) \cdot r_{ee}(t) dt \quad (1.1)$$

де $I(t)$ – Сила струму;

$r_{ee}(t)$ – опір між електродами, що змінюється в процесі зварювання.

При зварюванні двох деталей, однакових за товщиною та фізичними властивостями (рис.2.2), загальний опір визначається сумою опорів зони зварювання:

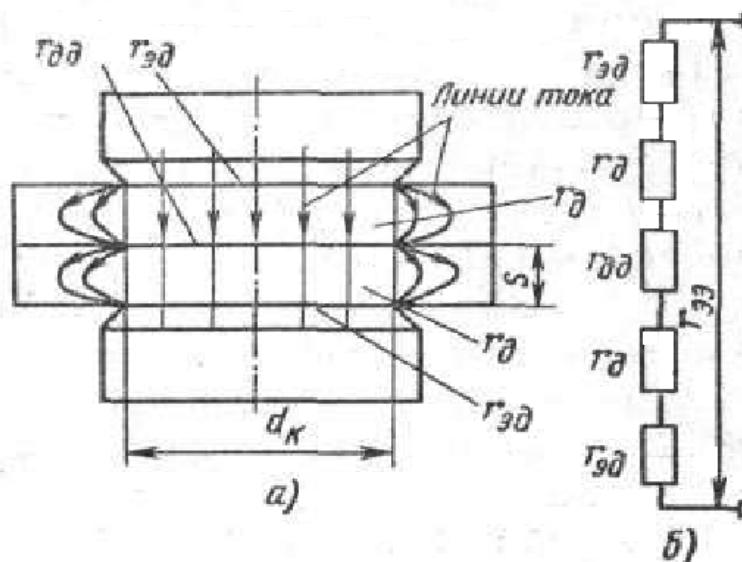


Рис. 2.2. Електричний опір зони зварювання: а) розподіл опорів; б) еквівалентна електрична схема

$$r_{ee} = 2 \cdot r_d + 2 \cdot r_{ed} + r_{dd} \quad (1.2)$$

де r_d – власний активний опір;

r_{ed} – контактний опір між електродом і деталлю;

r_{dd} – контактний опір між деталями.

Для отримання наступного з'єднання після попереднього циклу зварювання передбачається певна пауза, після чого процес повторюється.

У точковому зварюванні пластична деформація при зварюванні другої і наступних точок полегшується завдяки теплопередачі від попередніх точок. Це спостерігається на всіх трьох етапах формування з'єднання. Також знижується швидкість кристалізації ядра, що призводить до зменшення залишкових напруг.

Для отримання якісних з'єднань (точок) необхідно мати повне розуміння всього процесу формування, який можна умовно розділити на окремі фізичні процеси з метою аналізу (див. рис. 2.3).



Рис. 2.3. Основні і супутні процеси при утворенні з'єднань

Діаметр контакту (d_k) між електродом і деталлю, а також між двома деталями, який змінюється під час процесу зварювання, еквівалентний діаметру робочої поверхні (d_e). У разі використання електродів з ідеальною сферичною поверхнею, діаметр контакту значно змінюється протягом зварювання, збільшуючись, наприклад, в 1,5-2 рази від моменту включення струму до його вимкнення.

Якщо виконувати багато точок на робочій поверхні цих електродів, то утворюється плоска площадка, чий діаметр приблизно дорівнює діаметру робочої поверхні. Іншими словами, в цьому випадку діаметр контакту дорівнює діаметру робочої поверхні.

Однак у процесі виконання багатьох точок на електродах з плоскою робочою поверхнею краї площі поступово заокруглюються. Це означає, що незважаючи на початкову форму електродів, вони мають тенденцію до

формування стійкої конфігурації робочої поверхні, яка має плоску площу на робочій частині з плавним переходом до зовнішньої циліндричної частини електрода. Суму опорів, що складається з контактного опору ($2r_{ед}$) і опору електрода до розплавлення ($r_{дл}$), часто називають загальним контактним опором (r_k). Для аналізу ролі контактних і власних опорів у процесі нагрівання, зручно використовувати рівняння, яке представляється у вигляді інтегралу ($Q_{ee} = \int_0^{t_{зв}} i_{зв}^2(t) r_{ee}(t) dt$)

$$Q_{ee} = \int_0^{t_{зв}} i_{зв}^2(t) r_k(t) dt + \int_0^{t_{зв}} i_{зв}^2(t) 2r_{дл}(t) dt \quad (1.3)$$

Властивості металів, форма з'єднаних деталей, зусилля стискання, нерівномірне нагрівання та стан поверхні впливають на опори r_k і $r_{дл}$ у різній мірі. Поділ зварювального контакту на зони є умовним, оскільки електричні поля в цих зонах взаємозалежні.

Врахувати всі фактори розрахунковим шляхом неможливо, тому в багатьох випадках використовують експериментальні дані та спрощені наближені розрахунки.

2.2 Аналіз переваг та недоліків точкового зварювання

Точкове зварювання є унікальною технологією, яка підходить для певних типів металів. Воно має свої переваги і недоліки, які важливо врахувати при виборі цього методу з'єднання елементів.

Точкове зварювання має деякі переваги, такі як:

- Немає потреби у використанні додаткових матеріалів, таких як гази і флюси.
- Відсутність утворення відходів і шлаків.
- При зварюванні без газу не викидаються шкідливі речовини, які можуть пошкодити здоров'я робітника.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Високий рівень коефіцієнта корисної дії, що означає ефективне використання енергії під час процесу зварювання.

- Можливість використання високопродуктивних багатоточкових машин, складально-зварювальних потокових машин, агрегатів і роботизованих комплексів контактного зварювання.

- Забезпечення високої якості з'єднань за короткий час.

Враховуючи ці фактори, точкове зварювання може бути вигідним вибором для з'єднання елементів.

Якщо правильно виконувати точкове зварювання, можна отримати високоякісне з'єднання, яке відрізняється акуратністю і надійністю. Навчання точковому зварюванню для новачків зазвичай є простішим, ніж набуття навичок інших видів зварювання.

Окрім переваг, є і ряд недоліків, з якими необхідно ознайомитися :

- Дуже складно досягти надійного з'єднання при зварюванні різних металів, або це практично неможливо.

- При подачі сильного імпульсу відбувається розбризкування металу.

- Існує складність у конструкції зварювальної головки і механізму стискування при одночасному зварюванні декількох точок.

- Ускладнюється конструкція електродів та їх експлуатація, особливо при багатоточковому зварюванні.

Ці фактори важливо враховувати при розгляді точкового зварювання і прийнятті рішення щодо його використання.

2.3 Критерії якості зварного з'єднання

Результативність зварювання при контактному точковому зварюванні визначається, перш за все, наявністю міцного металевого зв'язку, який повинен мати встановлену площу з'єднання. Ефективність цього процесу можна оцінити за допомогою розмірів зони взаємного розплавлення деталей, які з'єднуються.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Якщо вимоги до цих параметрів не виконуються, можуть утворюватись дефекти, які негативно впливають на надійність зварних конструкцій. Тому, важливо дотримуватись встановлених критеріїв якості зварювання та забезпечувати належний контроль за процесом для досягнення найкращих результатів.

Дефекти контактного зварювання класифікують за стандартом ДСТУ EN ISO 6520-2:2015 у наступні шість груп:

- P1: тріщини;
- P2: порожнини;
- P3: тверді включення;
- P4: непровар;
- P5: дефект форми;
- P6: будь-які інші дефекти, які не включені в групи P1-P5.

Критичними дефектами при зварюванні є дефекти категорії "P5", які безпосередньо впливають на зовнішній вигляд виробу, Дефекти категорії "P5" включають такі проблеми, як: відхилення від необхідної форми, канавка на поверхні, поглиблення, виступ на поверхні, тощо. Приклади дефектів покажу на рис. 2.4 та рис.2.5.

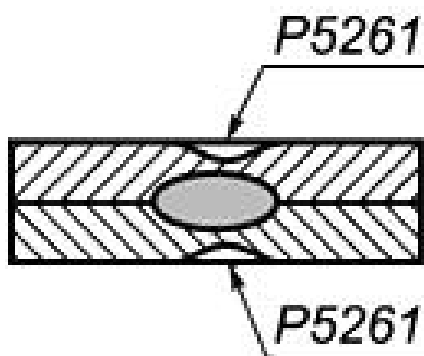


Рис. 2.4 дефект поглиблення

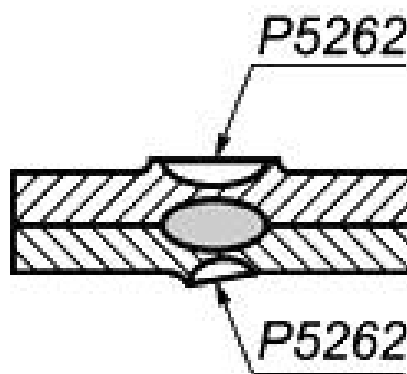


Рис. 2.5 дефект виступу на поверхню

Ці дефекти можуть призводити до неприємного вигляду виробу і низької якості виконаної роботи.

2.4 Контроль якості та моніторинг якості з'єднань

Одна з особливостей точкового зварювання полягає в тому, що процес відбувається дуже швидко, і неможливо спостерігати формування з'єднання або коригувати його вручну. Весь термомеханічний цикл зварювання відбувається автоматично. Тому якість зварного з'єднання залежить від правильної роботи зварювального обладнання і відпрацювання відповідних технологічних факторів, таких як якість збірки, стан поверхні, якість електродів та пристосувань. [15]

Для контролю якості зварювання використовуються кілька методів.

Перший метод - контроль якості зварювання за технологічними операціями, що оцінює правильність підбраного режиму зварювання. Цей метод широко застосовується в промисловості і є основним способом перевірки якості. Щоб збільшити достовірність оцінки, рекомендується виконувати статистичну обробку технологічних зразків.

Другий метод - контроль техніки виконання зварювання, спрямований на попередження можливості утворення дефектів як у зварному з'єднанні, так і у зварному вузлі. Наприклад, неправильне положення зварного шва відносно осі електрода може призводити до утворення виплесків і тріщин. Якість виконання цих операцій залежить від кваліфікації зварювальника і правильної організації контролю техніки виконання зварювання.

Третій метод - контроль зварювальних пристосувань, який полягає в періодичній перевірці розмірів і розташування пристосувань відносно осі електродів. Якщо використовується складне обладнання, таке як програмні маніпулятори, то контроль здійснюється за спеціальною методикою.

Четвертий метод - супутній контроль, який включає вимірювання електричних, механічних і фізичних параметрів процесу зварювання. Цей контроль здійснюється через періодичні вимірювання параметрів режиму

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

зварювання на зварювальних машинах або за допомогою автоматичних систем контролю. Його метою є забезпечення стабільної якості зварювання.

П'ятий метод - використання багатофакторного контролю, що передбачає одночасний вимір двох або більше параметрів режиму або процесу зварювання. Встановлено, що такий підхід забезпечує більш достовірну оцінку якості зварювання порівняно з вимірюванням лише одного параметра. Використання багатофакторного контролю дозволило підвищити достовірність прогнозів розмірів зони розплавлення деталей з 94% до 99% при контролі точкового зварювання панелей з титанових і алюмінієвих сплавів.

Багатофакторний контроль є одним з перспективних напрямків у розробці засобів автоматичного контролю процесу зварювання.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

3.1 Експериментальна установка для зварювання точковим зварюванням

Для розробки системи моніторингу та проведення експериментів зі зварювання дослідних зразків було використано такі компоненти/елементи:

- машина для контактного точкового зварювання типу МТ-1215 У4;
- регулятор циклу зварювання (РЦЗ) на базі Arduino;
- аналого-цифровий перетворювач;
- оснастка для зварювання зразків;
- персональний комп'ютер, де зберігались данні сигналів;

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26



Рис. 3.1 Машина для контактного точкового зварювання МТ-1215.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3.2 Технічні характеристики та опис установки

Таблиця 3.1. Основні технічні характеристики установки МТ-1215

Найменування параметру	Величина параметру
Номинальна первинна напруга мережі живлення однофазного змінного струму, В	380
Номинальна частота мережі живлення, Гц	50
Найбільший вторинний струм, кА	15±2,2
Найбільша потужність при короткому замиканні, кВА, не більше	120
Регулювання зварювального струму	Комбіноване
Корисний виліт машини, мм	500
Межі товщин металу, що зварюється (маловуглецева сталь), мм	$(0,5+0,5)^{(5,0+5,0)}$
Опір вторинного контуру машини постійному струму, Ом, не більше	$5,6 \cdot 10^{-6}$
Найбільша короткочасна продуктивність при зварюванні деталей із маловуглецевої сталі товщиною 0,5+0,5 мм точ./хв., не менше	300
Витрати стисненого повітря, при ході електроду 5 мм, і продуктивності до 230 точ./хв., кг/год., не більше	15
Витрати охолоджуючої води при роботі на номінальному режимі, л/год., не більше	400
Маса машини, кг, не більше	410

Так як виріб має не дуже складну форму та загалом повинен мати унікальний вигляд, ніяких додаткових обладнань не використовуємо.

3.3 Додаткове обладнання для зварювання

У процесі зварювання значення напруги і струму були виміряні датчиком і передавалися до персонального комп'ютера за допомогою АЦП Е-140. Далі ці дані були записані у файл за допомогою L-graph і оброблені у Matlab. Збережені дані були зберігались на жорсткому диску для подальшої обробки. Хід виконання експерименту документувався у текстовому файлі.

Система обробки даних, що використовувалась, повинна бути швидкою та ефективно обробляти великий обсяг даних. Для цього була застосована цифрова система, яка дозволяла швидко і зручно обробляти дані, збирати їх і зберігати у великому обсязі.

Для реєстрації зварювального струму та напруги використовувалась плата цифрового введення (АЦП) Е14-140, виготовлена компанією L-Card. Зовнішній вигляд плати можна побачити на рисунку 3.2, а технічні характеристики наведені в таблиці 3.2. [6]



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд АЦП Е14-140 (вид зверху)

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2. Основні технічні характеристики плати E14-140 [6]

Кількість каналів	16 диференціальних 32 із загальною землею
Діапазони вхідного сигналу	$\pm 10V$, $\pm 2.5V$, $\pm 0.625V$, $\pm 0.156V$
Розрядність АЦП	14 біт
Максимальна частота перетворення	100 кГц
Вхідний опір	$\geq 1 \text{ МОм}$
Інтегральна нелінійність перетворень	макс. $\pm 1.5 \text{ МЗР}$
Диференціальна нелінійність перетворень	макс. -1 до $+1.5 \text{ МЗР}$
Зміщення нуля без калібрування	$\pm 4 \text{ МЗР}$ в діапазонах $\pm 10V$, $\pm 2.5V$, $\pm 0.625V$; $\pm 5 \text{ МЗР}$ в діапазоні $\pm 0.156V$
Коефіцієнт придушення синфазного сигналу 1 кГц в 16-канальному диференціальному режимі	69...72 Дб
Міжканальне проходження синусоїдального сигналу 1 кГц на діапазоні $\pm 10V$, при частоті запуску АЦП 100 кГц та внутрішньому опорі джерел сигналів 50 Ом	-92 Дб

Плата E14-140 є пристроєм, що швидко обробляє аналогову та цифрову інформацію для введення, виведення та обробки. У проведених експериментах ця плата була використана для перетворення миттєвих значень струму і напруги в цифровий формат і запису їх на жорсткий диск.

Для запобігання впливу перешкод на результати запису, плата використовує гальванічний розв'язок. В платах серії L-Card використовується часткове мультиплексування ліній зв'язку між комп'ютером і платою вводу/виводу. Цей підхід дозволяє зменшити кількість гальванорозв'язаних

магістралей передачі даних і оптоелектронних компонентів. Обмін даними між елементами системи з гальванічним розв'язком в платах Е-140 здійснюється потетрадно. Керування передачею даних через гальванічну розв'язку забезпечується сигнальним процесором АТМega8515 від фірми Atmel.

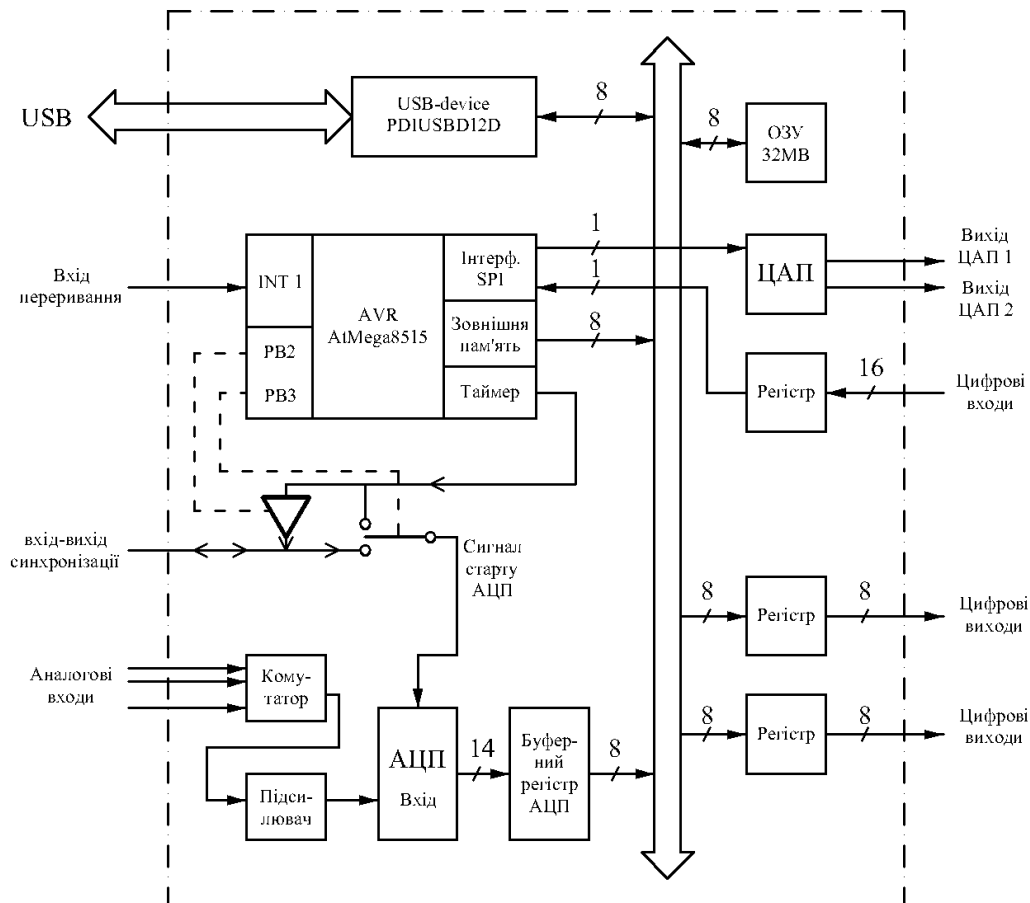


Рис. 3.3. Функціональна схема плати Е-140

При підключенні плати були вжиті додаткові заходи для захисту від перешкод. По-перше, землю диференціального сигналу було фізично відокремлено від загальної землі. Сигнал напруги був отриманий з електродів зварювальної машини. Кожна пара сигнальних дротів була виконана у вигляді біфіляру (витої пари), що підвищує ступінь зв'язку провідників і, в результаті, зменшує вплив зовнішніх електромагнітних хвиль на сигнал.

Система вимірювання працювала за такою схемою: сигнал з датчика підводився до АЦП з похибкою ± 2.5 В. Аналоговий сигнал, після перетворення на цифровий в АЦП, передавався через USB до комп'ютера, де за допомогою програми L-graph записувався до файлу.



Рис. 3.4. Схема вимірювання

3.4 Програмне забезпечення

Керування платою аналого-цифрового перетворення E14-140 здійснювалося через персональний комп'ютер з операційною системою Windows 7. Для контролю процесу запису сигналів використовувався спеціалізований програмний пакет L-graph v.2.3., який підтримує роботу з платою E14-140.

Під час запису сигналів формувався файл даних на жорсткому диску. Цей файл містив дискретизовані значення сигналу з плати E14-140 (а також службову інформацію програми L-graph v.2.3). Для подальшої обробки отриманих цифрових даних використовувався математичний пакет програм Matlab R2017b, особливо корисним було використання Neural Network Toolbox.

Варто зазначити, що точність вимірювання значно залежить від розміщення обладнання. Під час проходження зварювального струму через струмоведучий контур машини, навколо нього утворюється сильне магнітне поле, яке може негативно вплинути на АЦП та комп'ютер, якщо вони знаходяться у зоні його впливу. Тому необхідно розмістити АЦП та комп'ютер на відстані не менше одного метра від струмоведучого контуру у його площині.

4 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМА ЗВАРЮВАННЯ

4.1 Лабораторний підбір параметрів режиму зварювання

При теоретичному розрахунку режимів зварювання спостерігається закономірність: зі збільшенням тривалості імпульсу зварювального струму вдвічі сила зварювального струму знижується на тридцять відсотків.

Точність табличних даних для однакових товщин деталей, при схожості сили зварювального струму, розходяться в значенні сили стиснення і тривалості зварювального імпульсу. При постійності параметрів $I_{зв}$ і $t_{зв}$ режиму, збільшення $R_{зв}$ викликає зменшення розмірів зварного з'єднання, його міцності і стабільності. Однак, якщо збільшення $R_{зв}$ супроводжується таким збільшенням $I_{зв}$ або $t_{зв}$, що розміри зварного з'єднання залишаються незмінними, то зі зростанням величини зварювального струму міцність зварних точок збільшується і стає більш стабільною.

Також варто зазначити, що в нашій роботі є з'єднання двох дротів та трьох. Усі наступні досліді будуть направлені на утворення мінімальної розбіжності ширини зварювальних з'єднань.

Кінцевим результатом дослідом буде декілька режимів для утворення виробів двох типів:

А) Виріб з приблизно однаковою товщиною в місцях з'єднання двох і трьох дротів, тобто зварювання цих точок буде відбуватися при різних режимах

Б) Два дроти з яких буде утворюватися «серце» буде мати однакову товщину приблизну до товщини дроту, а підставка буде приєднана до низу першої заготовки не зважаючи на загальну товщину виробу

Хронологічна послідовність зварювання виробу:

1. Підготовка дротів (очищення, заготовка дроту за довжиною)

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2. Згин двох дротів
3. Зварювання двох дротів в формі серця
4. Зварювання третього дроту

З основних параметрів зварювання точкового зварювання незмінними будуть: $F_{зв}$ — зусилля між електродами, $t_{ст}$ — час стискання, $t_{пр}$ — час притискання, змінним буде лише $t_{зв}$ - час зварювання який ми будемо контролювати періодами, де 1 період за частотою 50 ГГц дорівнює 0,02с, та $I_{зв}$ - сила зварювального струму, але так як важко визначити точні параметри струму будемо відштовхуватися від $K_{тр}$ — коефіцієнта трансформації та **відсотка**

Сталі параметри зварювального режиму:

- Товщина: 3 + 3 мм
- Діаметр електроду: 6 мм
- Ступінь: 7
- Відкриття тиристорів: 70° ел.
- Час стискання: 50 періодів
- Час проковки: 50 періодів
- **Коефіцієнт трансформації : 94**
- $F_{зв} - 2 \text{ атмосфери} = 230$

Виходячи з розглянутих положень в дослідях необхідно:

- 1) Визначити оптимальні режими при яких зовнішній вигляд буде підходити під опис пунктів А) і Б)
- 2) Визначити силу стиску електродних дротів для вибраних значень тривалості зварювального імпульсу
- 3) Визначити відповідність геометричних розмірів при установлених режимах
- 4) Провести оцінку якості зварних з'єднань

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1. Використані режими та характеристики зварних швів при зварюванні двох дротів

№ виробу	$t_{зв}$, період	Виплеск металу	Висота з'єднання	% деформації
1	1	-	5,16	14%
2	1	-	5,15	14,2%
3	2	-	4,63	22,9%
4	2	-	4,59	23,5%
5	3	-	3,23	46,2%
6	3	+	3,2	46,7%
7	4	+	3,1	48,4%
8	4	+	3,08	48,7%

(Під словом виплеск мати на увазі виплеск на зовні, а саме бризки іскор під час зварювання)

Для якісного з'єднання усі дроти протирались ацетоном перед зварюванням.

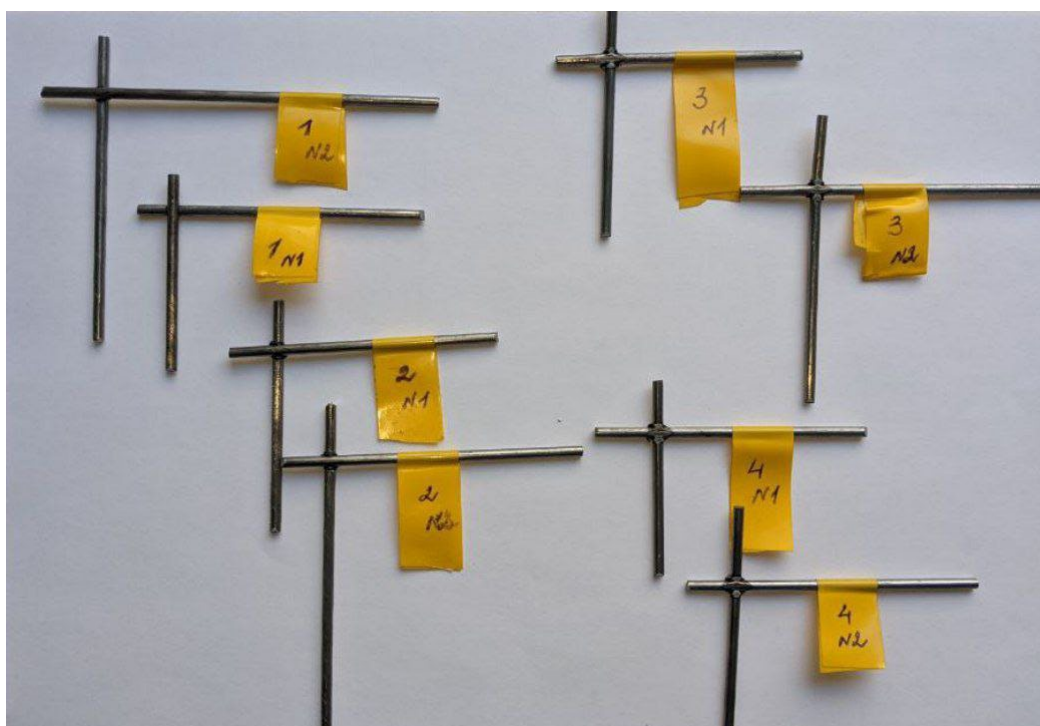


Рис. 4.1. Зразки зварювання двох дротів при різних режимах

При спробах зварювати дріт з часом один чи два періоди зразки 1-4 зварювались без значного втискання в інший дріт, через занадто малий час

зварювання геометричний розмір ядра був замалим, кольорів побіжалості не було

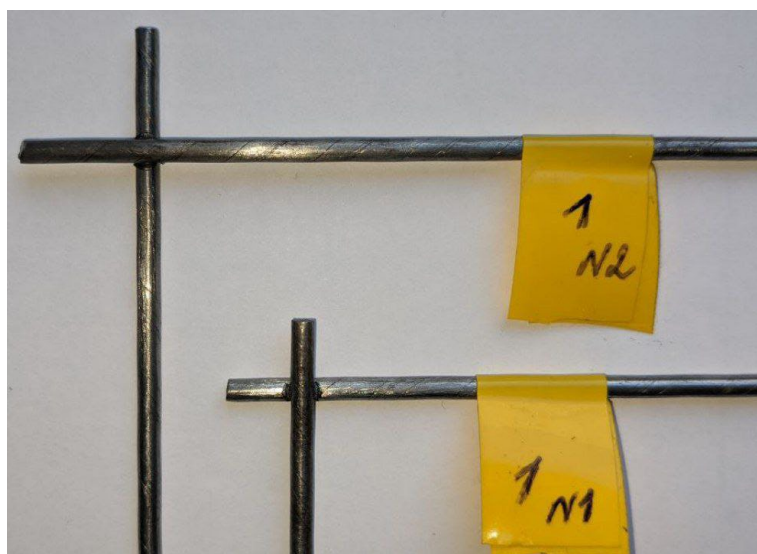


Рис. 4.2. Зразок з режимом 1 період

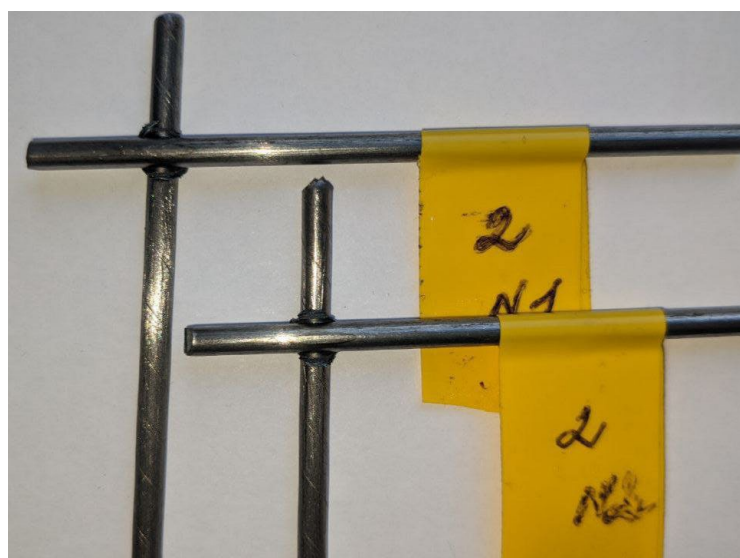


Рис. 4.3. Зразок з режимом 2 періоди

При зварюванні з режимом три та чотири періоди можна побачити вже те, що утворюється більше ядро і під тиском дрiт майже повністю втискається в інший дрiт. Ніяких зовнішніх дефектів які можуть зіпсувати зовнішній вигляд виробу не виявлено окрім виплеску, який буде усунено подальшими механічними обробками та фарбуванням.

Оцінка міцності виробу пройшла успішно так як навіть з часом зварювання 1 період розірвати дроти не вийшло, навіть за допомогою підручних інструментів такі як плоскогубці.

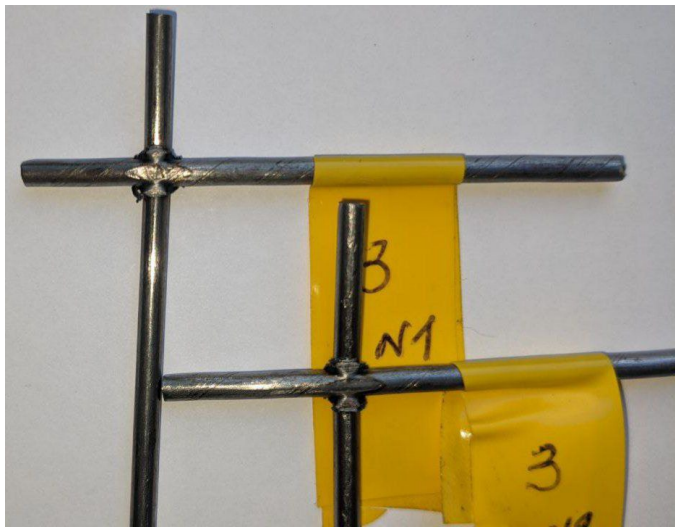


Рис. 4.4. Зразок з режимом 3 періоди

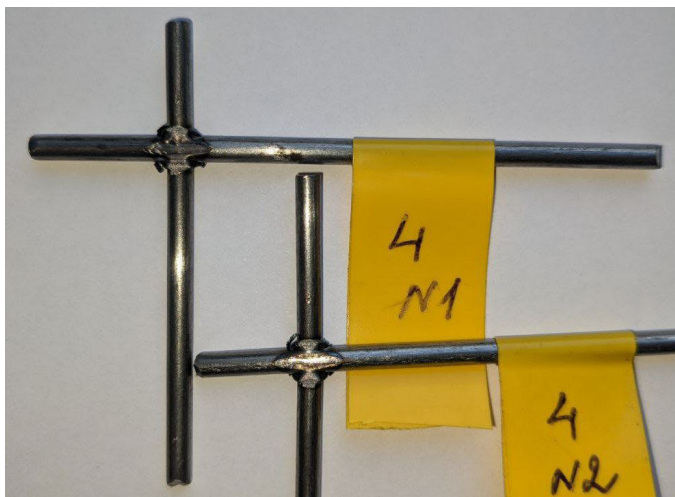


Рис. 4.5. Зразок з режимом 4 періоди

Режим зварювання з 4 періодами повністю задовольняє нашу мету Б), для вибору режиму яка буде задовольняти мету А) потрібно спочатку дослідити який режим за висотою виробу трьох дротів з двома дротами.

Таблиця 4.2. Використані режими та характеристики зварних швів при зварюванні трьох дротів

№ виробу	$t_{зв}$, період	Виплеск металу	Висота з'єднання	% деформації
1	1+1	- -	6,75	25%
2	1+1	- -	6,95	22,8%
3	1+2	- +	5,78	35,8%
4	1+2	- +	7,47	17%
5	1+3	- +	6,13	31,9%
6	1+3	- +	7,40	17,8%
7	2+1	- +	7,15	20,6%
8	2+1	+ +	6,84	24%
9	2+2	+ +	7,06	21,6%
10	2+2	+ +	6,94	22,9%
11	3+1	+ -	5,89	34,6%
12	3+1	+ -	5,89	34,6
13	3+2	+ +	5,67	36%
14	3+2	+ +	5,61	37,3%
15	3+3	+ +	5,44	39,6%
16	3+3	+ +	5,5	38,6%
17	3+4	+ +	4,96	44,9%
18	3+4	+ +	4,83	46,4
19	4+4	+ +	4,21	52%
20	4+4	+ +	4,15	52,5%

При зварюванні трьох дротів сам процес був складніший через неточність встановлення третього дроту на два інших. При стисканні третій дріт міг змінити своє положення і приваритися не рівно над першим з'єднанням, саме через в таблиці 4.2 такі розбіжності в зразках №4,6,8. Такі неточності визвані нерівною поверхнею дротів. Якщо перші два дроти зварити за режимом три або чотири періоди, то вже буде не точка притискання, а площа на якій простіше виставити та зафіксувати третій дріт.

На рис. 4.6, 4.7 та 4.8 зображені вироби з виставленим часом зварювання третього дроту 2 періоди, 3 періоди та 4 періоди відповідно

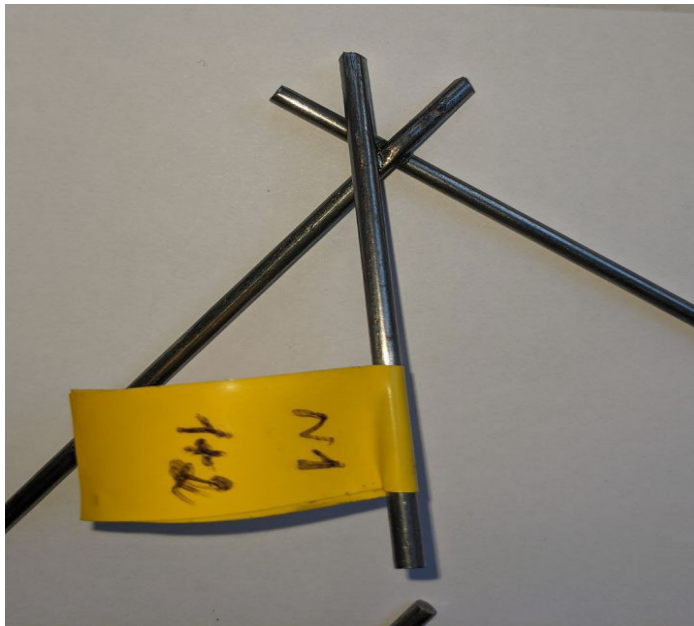


Рис. 4.6. Зварювання трьох дротів з часом зварювання 1+2



Рис. 4.7. Зварювання трьох дротів з часом зварювання 1+3

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

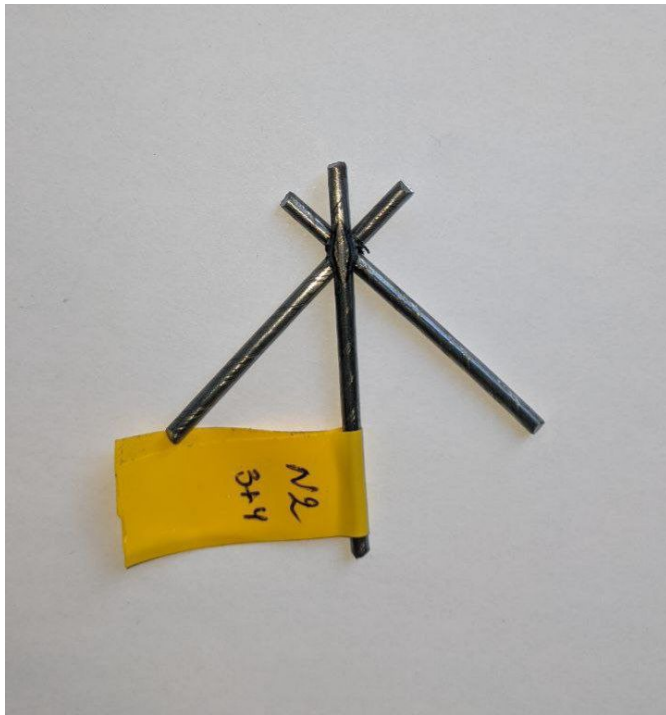


Рис. 4.8. Зварювання трьох дротів з часом зварювання 3+4

Як можна помітити з фото успіх рівного приєднання третього дроту до перших двох, дуже сильно залежить від режиму першого з'єднання, тобто чим рівніше буде поверхня тим простіше буде рівно встановити третій дріт.

На рис. 4.6 та 4.7 видно значне відхилення третього дроту, через це ми відмовляємось від часу зварювання 1 та 2 періоди для з'єднання трьох дротів.

А) Виріб з приблизно однаковою товщиною в місцях з'єднання двох і трьох дротів, тобто зварювання цих точок буде відбуватися при різних режимах

Б) Два дроти з яких буде утворюватися «серце» буде мати однакову товщину приблизну до товщини дроту, а підставка буде приєднана до низу першої заготовки не зважаючи на загальну товщину виробу

4.2 Висновок до лабораторного дослідження

Для виконання умови **А)** (виріб повинен бути з приблизно однаковою товщиною в місцях з'єднання двох і трьох дротів) найбільш доцільним часом зварювання в режимі буде:

1. Перша точка в верхній частині з часом зварювання 2 періоди

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

2. Друга точка в нижній частині серця з часом зварювання 3 періоди
3. Третя точка приварює підставка до нижньої частини з часом зварювання 4 періоди

Такий режим дозволить отримати виріб з приблизно однаковою товщиною зварних з'єднань, а саме 4,5...4,6мм в верхній частині і 4,9....5мм в нижній частині

Для виконання умови **Б)** («серце» буде мати однакову товщину приблизну до товщини дроту, а підставка буде приєднана до низу першої заготовки не зважаючи на загальну товщину виробу) буде вибраний інший час зварювання точок. Переслідуючи мету отримати найбільш простий та стабільний режим було обрано режим з часом зварювання 4 періоди для всіх трьох точок.

В такому випадку «серце» буде мати приблизну товщину самого дроту, що дозволить без проблем приєднати підставку до нижньої частини з мінімальною частотою виникнення браків.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5 ЕКОНОМІЧНІ ВИТРАТИ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ

У даному розділі аналізуються витрати, пов'язані з виготовленням декоративного виробу з дроту на майстер-класі, які використовуються в цій дипломній роботі. У даному випадку проводиться розрахунок собівартості виробництва для даного продукту з метою порівняння його ціни з цінами на подібні вироби та цінами на інші майстер-класи. Для розрахунку собівартості враховуються витрати на матеріали, електроенергію, амортизацію (обладнання та приміщення) і витрати на оплату праці.

5.1 Витрати на матеріали

Дріт який використовується для виготовлення виробів складається зі Сталі 3 за ДСТУ 2651. Це дуже поширений дріт тому дізнатися його середню вартість на ринку не буде проблемою.

Для оцінки ціни витраченої на виготовлення декоративних виробів, будемо використовувати ціну рівного дроту діаметром 3мм з довжиною 1000мм зі сталі 3 відповідно до ДСТУ 2651



Рис. 5.1 Сталевий дріт діаметром 3мм [23]

					3С-91.005.00.000.00									
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Дудка Є.О.			Економічний розділ				Літ.		Арк.	Аркушів		
Перевір.		Глуценко Я.І.									41	65		
Н. контр.		Лисак В.В.												
Затверд.		Квасницький В.В.												
КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім.. ЄО.Патона														

Кілограм сталевого дроту діаметром 3мм коштує 144 грн. Повністю виготовлений виріб приблизно важить 31 грам, через те, що довжина дроти різних виробів може відрізняться (Рис.5.2)

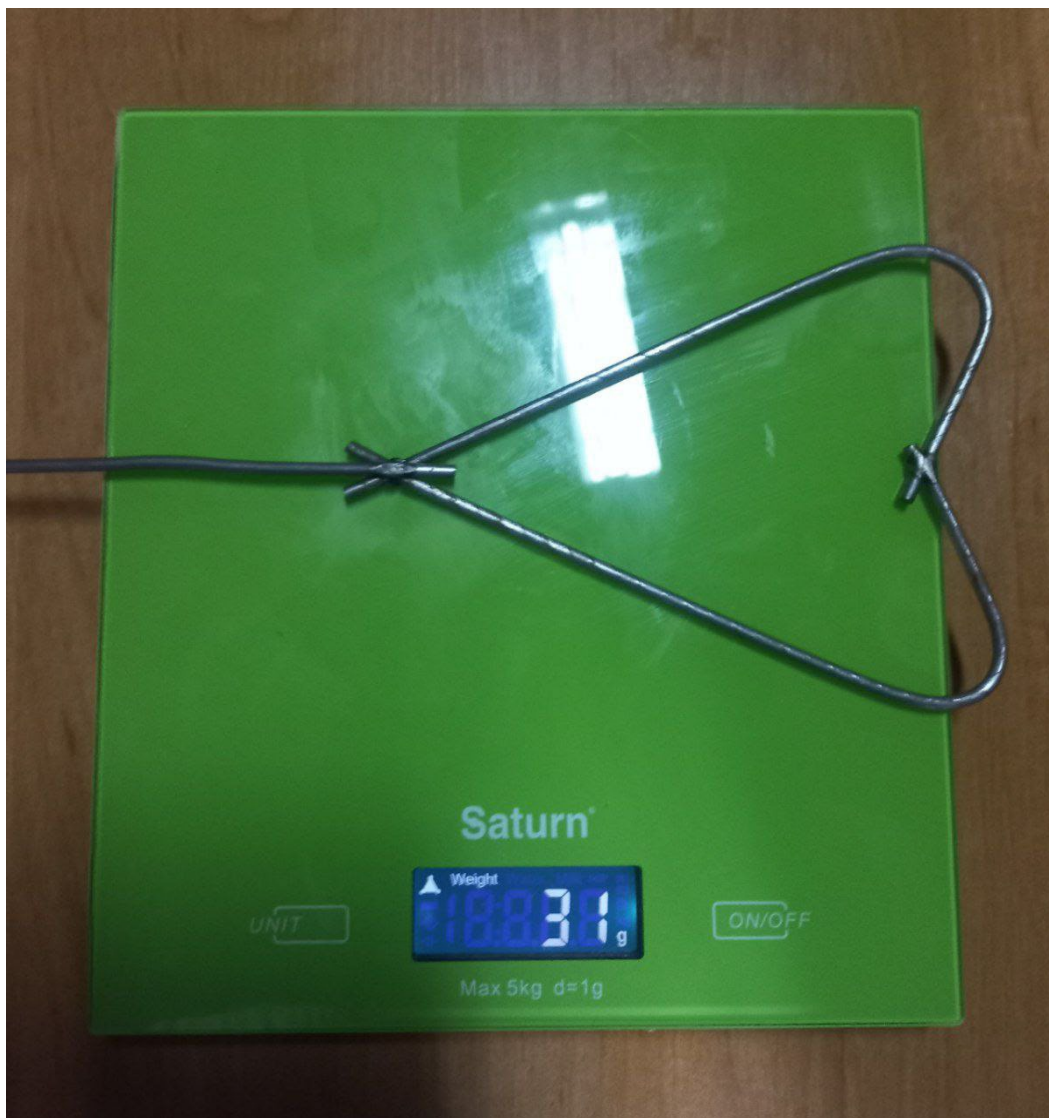


Рис. 5.2. Вага виготовленого виробу

Витрати матеріалу на одиницю продукції:

$$C_m = 0,031 * 144 = 4,46 \text{ грн}$$

Покупні комплектуючі і т.д. відсутні.

Транспортно-заготівельні витрати становлять 7% відповідно від вартості матеріалів:

$$C_{тр} = 4,46 * 0,07 = 0,31 \text{ грн}$$

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Витрати на оплату праці

Роботи по виготовленню декоративних виробів будуть виконуватися усіма бажаними на майстер-класі тому і ставки у цих людей не буде, проте під час виконання зварювальних робіт повинен бути присутній фахівець для контролю під час усіх робіт з ставкою, в нашому випадку це буде середня тарифна ставка зварювальника. Виходячи з цього маємо такі дані:

- Середня ставка зварювальника – 150 грн/год
- Трудомісткість виготовлення виробу – 0,2 норм/год
- Час проведення майстер-класу – 2 години
- Додаткова заробітна плата – 30% від основної заробітної плати;
- ЄСВ – 22% від основної та додаткової заробітної плати робітника;

Основна заробітна плата:

$$C_{o.z.} = 2 * 150 = 300 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{з.д.} = \left(\frac{30}{100}\right) * 300 = 90 \text{ грн}$$

Відрахування на ЄСВ:

$$C_{есв} = \left(\frac{22}{100}\right) * (300 + 90) = 85,8 \text{ грн}$$

5.3 Витрати на електроенергію

Під час виготовлення декоративних виробів середня споживана електроенергія становить від 6,0 до 8,0 кВт*год. Згідно з поточною ціною на електроенергію в Україні, яка складає 2,64 кВт*год, можна розрахувати витрати на електроенергію.

Наприклад, при середній споживаній електроенергії в межах 6,0-8,0 кіловат-годин, витрати на електроенергію можуть становити:

- Мінімальні витрати на електроенергію: 6,0 кіловат-годин * 2,64 грн/кіловат-годину = 15,84 грн.
- Максимальні витрати на електроенергію: 8,0 кіловат-годин * 2,64 грн/кіловат-годину = 21,12 грн.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Для розрахунку електроенергії будемо використовувати середнє значення потужності, а саме 7 кВт/год, при 2 годинах роботи і ціні на електроенергію 2,64 грн/кВт*год отримуємо:

$$C_{\text{елек}} = 7 * 2 * 2,64 = 36,96 \text{ грн}$$

5.4. Витрати на амортизацію

Амортизаційні відрахування по устаткуванню визначаються за формулою (6.16):

$$C_{\text{амор}} = (B_6 * H_a * T_k) / (\Phi_d * K_v * 100) \quad (6.16)$$

B_6 – балансова вартість устаткування, грн. (зварювальна установка МТ-1215 на якому проводилась технологічна операція виготовлення декоративних виробів коштує близько 5500 доларів, а отже 202 730 грн (за теперішнім курсом валют), і плюс враховується коефіцієнт транспортно-монтажних робіт 1,1;

$$B_6 = 202730 * 1,1 = 223003 \text{ грн}$$

H_a – норма річних амортизаційних відрахувань (для даного випадку 15 %);
 T_k – час виготовлення декоративних виробів 2 години; Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування:

$$\Phi_d = 257 * 2 * 0,93 = 956,04 \text{ год}$$

В цій формулі значення: 257 – кількість робочих днів на рік; 2 – кількість майстер класів на день; 2 – тривалість проходження майстер класу; 0,93 – коефіцієнт, що враховує планові простої устаткування;

K_v – коефіцієнт використання устаткування (для даного випадку 0,7)

$$C_{\text{амор}} = \frac{223003 * 15 * 2}{956,04 * 0,7 * 100} = 99,96 \text{ грн}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування визначається за формулою:

$$C_p = \frac{223003 * 0,05 * 2}{0,7 * 956,04} = 33,32 \text{ грн}$$

Витрати, пов'язані з утриманням та амортизацією площі будівлі, котру займає устаткування розраховується за формулою:

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$C_{\text{буд}} = (F_i * K_f * Y_f * T_k) / (K_B * \Phi_d)$$

F_i – Установка МТ-1215 займає площу приблизно 6 м² в будівлі (в рамках 23 корпусу КПП, загальна площа якої становить близько 1500 м².); K_f – коефіцієнт, що враховує додаткову площу (в даній роботі 4); Y_f – річні витрати на утримання 1 м² площі будівлі, грн. (в даній роботі 52 грн.).

$$C_{\text{буд}} = \frac{(6 * 4 * 52 * 2)}{0,7 * 956,04} = 3,72 \text{ грн}$$

5.5 Висновок економічної частини

Відповідно до розрахунку собівартості виготовлення експериментальних декоративних виробів з дроту, отримано суму:

$$\begin{aligned} C &= C_m + C_{\text{тр}} + C_{\text{о.з.}} + C_{\text{з.д.}} + C_{\text{есв}} + C_{\text{елек}} + C_{\text{амор}} + C_p + C_{\text{буд}} \\ &= 4,46 + 0,31 + 300 + 90 + 85,8 + 36,96 + 99,96 + 33,32 + 3,72 \\ &= 654,53 \text{ грн} \end{aligned}$$

Сума була врахована з урахуванням різних факторів, таких як витрати на матеріали, електроенергію, оплату праці, амортизацію будівлі та устаткування, а також інші витрати.

Найбільшими витратами можна вважати витрати на заробітну плату, та амортизацію обладнання, але так як це будуть майстер-класи частіше за все вони будуть за власної ініціативи майстера.

Якщо розрахувати ціну за витрачений матеріал, електроенергію на один виріб, то отримаємо:

$$C_{\text{виробу}} = C_m + C_{\text{тр}} + C_{\text{елек}} + C_{\text{буд}} = 4,46 + 0,31 + 7,92 + 3,72 = 16,482 \text{ грн}$$

Отже виходячи з цього ,виготовлення таких виробів на майстер-класах буде не дуже затратне, але в майбутньому це зможе збільшити кількість людей зацікавлених як в зварюванні так і навчанні в КПП.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Метою даного розділу є розроблення протоколу безпеки праці для проведення досліджень з контактного точкового зварювання. У цьому розділі проводиться аналіз основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які виникають під час контактного зварювання металів, згідно з Державним стандартом України ДСТУ 2489-94.

Серед цих факторів можна виділити наступні:

- Високий рівень шуму на робочому місці.
- Виділення зварювальних аерозолів.
- Наявність рухомих машин, механізмів, заготовок та виробів, включаючи приводи стиску, затиску та фіксації.
- Підвищена температура поверхонь устаткування та матеріалів.
- Збільшена запиленість та наявність газів у повітрі робочої зони.
- Високий рівень інфрачервоної радіації.
- Збільшена напруга в електричному колі, яке може проходити через тіло людини.
- Експозиція до електромагнітних випромінювань.
- Фізичне перевантаження.

У даному розділі розробляються конкретні заходи безпеки праці, спрямовані на зменшення ризиків, пов'язаних з цими факторами, та забезпечення безпечних умов для проведення досліджень з контактного зварювання.

					ЗС-91.003.00.001			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дудка Є.О.							
Перевір.	Левченко О.В.							
Н. контр.	Лисак В.В.							
Затверд.	Квасницький В.В.							
					Літ.		Арк.	Аркушів
							46	65
					Охорона праці			
					КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім.. ЄО.Патона			

6.1 Рівень шуму

У ДСН 3.3.6.037-99 наведено рівні звукового тиску й шуму на робочому місці під час контактного зварювання. Ці рівні можна знайти у таблиці 5.1, яка містить допустимі значення для забезпечення безпеки працівників. Також, для конкретної машини МТ-1215 наведені відповідні значення у таблиці 5.2.

Ця інформація є важливою для визначення заходів контролю й зменшення рівнів шуму на робочому місці з метою забезпечення безпеки працівників.

Таблиця 5.1. допустимий рівень звукового тиску та рівень шуму на робочому місці під час контактного зварювання згідно з ДСН 3.3.6.037-99.

Рівні звукового тиску в дБ (не більше) в октавних голосах із середньо герметичними частотами, Гц									Рівень звуку в дБ (А)
31,5	63,0	125,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

Таблиця 5.2. Рівень звукового тиску і рівень шуму на робочому місці під час контактного зварювання для машини МТ-1215

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

У зв'язку з тим, що значення рівнів шуму і звукового тиску перевищують нормативно встановлені, використовуються заходи для захисту від шуму, які передбачені відповідно до ДСН 3.3.6.037-99. Для досягнення цього захисту використовуються різні засоби та методи, включаючи колективний та індивідуальний захист, а також будівельно-акустичні методи.

Колективний захист передбачає застосування акустичних, архітектурно-планувальних і організаційно-технічних засобів. Для зниження рівня шуму в цеху використовуються пристрої кожухів, екранів, звукоізовольовані кабінки спостереження та управління. Також шум знижують за допомогою облицювання стелі і стін звукопоглинаючими матеріалами та розміщення устаткування з меншою щільністю.

Будівельно-акустичні заходи включають в себе застосування звукоізолюючих матеріалів, таких як метал, бетон, дерево, скло та щільні пластмаси. За допомогою цих заходів можна знизити рівень шуму на 30-40 дБ. Також проводиться акустична обробка приміщень шляхом застосування звукопоглинаючих матеріалів на внутрішні поверхні та розташування штучних звукопоглиначів. Оптимальним є облицювання не менше 60% загальної площі огорожувальних поверхонь для досягнення максимального ефекту.

Враховуючи ці заходи, можна забезпечити ефективний захист від шуму під час контактного зварювання та створити комфортні умови праці для працівників.

6.2 Підвищена напруга в електричному колі

Найчастіше випадки електротравматизму, включаючи летальні випадки, спостерігаються під час роботи з електроустановками, де напруга не перевищує 1000 В. Основні причини електротравматизму на виробництві включають:

1. Випадкове доторкання до оголених струмопровідних частин електрообладнання.
2. Використання несправних ручних електроінструментів.
3. Використання нестандартних або несправних переносних світильників з напругою 220 або 127 В.
4. Робота без належних захисних засобів та пристосувань.
5. Доторкання до незаземлених корпусів електрообладнання, що опинилися під напругою через пошкодження ізоляції.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

6. Невиконання правил установлення, технічної експлуатації та правил безпеки під час роботи з електроустановками та інші причини.

Електротравми, які виникають в результаті контакту зі струмоведучими і незахищеними частинами обладнання, можуть включати електричні опіки, металізацію шкіри, механічні ушкодження, електрофтальмію, електричний удар та навіть клінічну смерть.

Летальні наслідки від дії електричного струму можуть бути спричинені:

1. Зупинкою серця або фібриляцією (хаотичним скороченням серцевого м'яза).

2. Припиненням дихання через судомне скорочення м'язів грудної клітки, що беруть участь у дихальному процесі.

3. Електричним шоком, що викликає розлади кровообігу, дихання, обміну речовин та інші негативні реакції організму.

Ці причини можуть призводити до трагічних наслідків при взаємодії з електричним струмом.

Нормативні значення напруги доторкання та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок під час протікання струму через тіло людини по шляху "рука – рука" або "рука – ноги" визначаються відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 (таблиця 6.3 та 6.4).

Таблиця 6.3. 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 6.4. 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

У таблиці 5.4 наведені значення напруги доторкання ($U_{\text{дот}}$ та сили струму ($I_{\text{л}}$), які виникають у випадку аварійного режиму електроустановки. Важливо зазначити, що ці значення значно змінюються в залежності від тривалості впливу струму.

6.3 Електромагнітні випромінювання

У процесі точкового зварювання використовуються напруги, які не перевищують 600 В. Електричне поле, яке утворюється навколо джерел живлення, не має значного впливу і може бути знехтуване. Однак, вторинні ланцюги мають великі значення струму, що призводить до утворення потужних магнітних полів.

Вплив магнітного поля промислової частоти має наслідки для центральної нервової та серцево-судинної систем людини, навіть при невеликій інтенсивності полів. Це може призводити до зниження частоти серцевих скорочень (брадикардія), зниження систолічного тиску, підвищення тону судин, а також морфологічних змін, збільшення швидкості кровотоку та розширення артерій. Вплив магнітного поля також може спричиняти гістологічні зміни в органах, таких як печінка, легені, нирки та підшлункова залоза, що виражаються у формі дистрофії, мікробіозу і некрозу. Розлад геодинаміки спостерігається у багатьох внутрішніх органах, що свідчить про пошкодження ферментних елементів крові. Вплив магнітного поля промислової та інших

частот на організм людини є більш активним, ніж постійного магнітного поля. Найбільш помітні зміни спостерігаються в чоловічих статевих органах.

Норми щодо магнітних полів регулюються відповідно до ДСН 3.3.6.096-2002. Одиницею вимірювання напруженості магнітного поля є ампер на метр (А/м). Рівень напруженості магнітного поля при частоті 50 Гц, що діє стійко, не повинен перевищувати 1,4 кА/м протягом робочого дня тривалістю 8 годин.

Тривалість перебування людини в магнітному полі з напруженістю понад 1,4 кА/м регламентується таблицею 6.5.

Таблиця 6.5. Допустимий час перебування людини в магнітному полі

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

Для визначення рівня випромінювання проводяться виміри на відстані від 0,5 до 1,5 метрів від електрозварювальних установок. Отримані дані про рівень випромінювання дозволяють оцінити вплив електромагнітних полів (ЕМП) на персонал та обґрунтувати правильне розташування пульта керування та застосування захисних заходів під час роботи з електрозварювальними установками.

Процес проектування захисту від магнітного поля та вибір методів захисту розпочинаються з порівняння допустимого рівня магнітного поля з інтенсивністю поля на робочому місці, яке виміряно. Якщо фактичні значення перевищують допустимі, необхідні захисні заходи. Для цього можуть бути використані різні методи організаційно-технічного характеру, такі як обмеження часу перебування, дотримання безпечної відстані, екранування струмопровідних шин, робочих елементів і всієї установки, вибір оптимальних електричних режимів зварювання, а також розмірів електродів.

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

де I – найбільший вторинний струм, кА;

L – сумарна довжина електродів, м;

r – відстань, на якій проводяться вимірювання, м;

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

З метою захисту від магнітних полів рекомендується приймати заходи, що включають раціональне розташування установок та пульта керування, а також обмеження тривалості опромінення (захист часом). Особливу увагу слід приділяти відстані між осью електродів електрозварювальних установок та іншими робочими місцями, яка повинна бути не менше 2-3 метрів.

Раціональне розташування пульта керування зварювальними установками, що забезпечує захист за допомогою відстані, застосовується у випадках, коли інші заходи не здатні достатньо знизити рівень опромінення у визначеній робочій зоні. Мінімальна відстань, на якій розташовується пульт керування, визначається залежно від конкретних умов і може бути встановлена, наприклад, на відстані 3,5 метра.

Ці заходи забезпечують ефективний захист від магнітних полів і сприяють збереженню безпеки працівників на робочому місці.

$$r = \sqrt{\frac{IL}{4\pi(5-0,625\ln 0,01 \cdot \text{ПВ} \cdot T)}} = \sqrt{\frac{17 \times 0,57}{4\pi \times (5-0,625\ln 0,01 \times 50 \times 1470)}} = 0,88$$

Якщо неможливо перемістити пульт керування на безпечну відстань з технологічних або конструктивних причин, тоді для ефективного обмеження тривалості опромінення та забезпечення безпеки працівників рекомендується використовувати захист часом. Цей метод полягає в обмеженні тривалості перебування працівників в зоні опромінення шляхом регулювання робочого часу або встановлення межових значень тривалості експозиції. Таким чином,

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечується зниження ризику впливу магнітних полів на працівників, що сприяє покращенню загального стану безпеки на робочому місці. Важливо враховувати рекомендації та встановлені норми щодо тривалості опромінення, а також регулярно оцінювати ефективність застосування заходів захисту.

$$t_{\text{доп}} = e^{\left(8 - \frac{12}{7,85r^2}\right)} = 10 \text{ хв.}$$

Для забезпечення безпеки працівників від впливу магнітних полів проводяться інженерно-технічні заходи. Одним з таких заходів є вибір оптимальних електричних режимів зварювання і розмірів електродів, що дозволяє утримувати напруженість магнітного поля на безпечному рівні. Додатково, здійснюється екранування трансформатора, струмопровідних шин, електродів і оброблюваних виробів. Екранування може бути загальним, коли установка розташовується в екранованій кабіні, а пульт керування розташовується зовні, або поблочним, коли окремі елементи екрануються. Для екранування використовуються каркаси з кутової сталі, які обшиваються листовою сталлю, а також матеріали з високою магнітною проникністю.

Для індивідуального захисту працівників використовуються спеціальні захисні засоби, такі як окуляри, щитки, шоломи, а також захисний одяг, включаючи комбінезони і халати з металовмісною тканиною. Службові приміщення розташовуються в місцях, що захищені від електромагнітних полів, і можуть бути екрановані для запобігання опроміненню. Крім того, встановлюються спеціальні маршрути руху персоналу, щоб уникнути опромінювання на рівнях, що перевищують допустимі значення. Застосування цих заходів сприяє створенню безпечних умов праці зварювального персоналу та запобігає негативним впливам магнітних полів на їх здоров'я.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.4 Пожежна безпека

В приміщеннях, де проводяться зварювальні роботи, включаючи точкове контактне зварювання, можуть бути наявні негорючі речовини і матеріали у гарячому, розжареному або розплавленому стані, які супроводжуються виділенням теплоти, іскор та полум'я. Також можуть бути присутні горючі гази, рідини та тверді речовини, які можуть спалюватися або використовуватися як паливо. Забезпечення пожежної безпеки (відповідно до ГОСТ 12.1.004-85) включає:

- Запобігання спалаху ізоляції під час короткого замикання шляхом використання максимального струменевого захисту.
- Запобігання утворенню горючого середовища шляхом надійної герметизації обладнання та обмеження використання та зберігання горючих і вибухонебезпечних речовин.
- Використання пожежної сигналізації з датчиком, таких як ИДФ-І, ДПД та інші.
- Використання вогнегасників класу пожежі Е, типу УО або ОП-10А.

Таблиця

Таблиця 6.6. визначає клас пожежі, пов'язаний з аваріями в електроустановках.

	Клас пожежі				
	А	В	С	Д	Е
1	2	3	4	5	6
Характеристика горючого середовища	Тверді горючі речовини (дерево, папір, текстиль тощо)	ГР та плавильні матеріали (мазут, гас, спирти, лаки, синтетичні матеріали)	ГГ (Н ₂ , С ₂ Н ₂ , інші вуглеводні тощо)	Метали та їх сплави (К, Na, Mg)	Електроустановки

Вогнегасні засоби	Усі види (передусім – H ₂ O)	Розпилена H ₂ O, піни, галоїдовуглеводні (хладони)	Газові сполуки: інертні – N ₂ , CO ₂	Порошки (спокійна подача на поверхню горіння)	CO ₂ , порошки, галоїдовуглеводні
-------------------	---	---	--	---	--

При впровадженні технологічного процесу дотримуються всі вимоги стосовно електростатичної іскробезпеки згідно зі стандартом ГОСТ 12.1.018-79. Рекомендується регулярно очищувати робоче місце в цеху та обладнання від горючих відходів і накопиченого пилу. Приміщення обладнуються засобами колективного та індивідуального захисту для запобігання небезпеці пожежі та протидимного захисту. Використовуване електрообладнання в приміщенні повинно відповідати класу зони пожежо- та вибухобезпечності. На ділянках виробничого приміщення, де проводиться зварювання, передбачається встановлення протипожежних щитів, що містять вогнегасники, багри, ломи, відра, сокири. Біля щитів передбачається розміщення ящиків з піском, які регулярно перевіряються на сухість. Для загасання можливих пожеж також може застосовуватись азбестове покриття.

6.5 Системи заходів і засобів безпечної експлуатації електроустановок

Безпечна експлуатація електроустановки забезпечується шляхом застосування таких заходів:

- Конструкція електроустановок, яка передбачає використання технічних засобів захисту при нормальних режимах роботи, ізоляцію струмопровідних частин, недосяжність оголених струмопровідних частин, наявність попереджувальної сигналізації, використання малої напруги, розподіл електричних мереж та вирівнювання потенціалів.
- Використання технічних методів та засобів захисту, таких як перехід напруги на нормально неструмопровідні частини електроустановки, захисне заземлення, захисне занулення та захисне вимикання.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- Застосування організаційних та технічних заходів, таких як використання електрозахисних засобів та запобіжних пристосувань, ізолюючих електрозахисних засобів, огорожувальних електрозахисних засобів, запобіжних електрозахисних засобів та пристосувань.

При обслуговуванні машини обов'язково потрібно дотримуватися "Правил технічної експлуатації електроустановок та правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок потребителями (ПТЕ і ПТБ) та вимог ГОСТ 12.3.003-86".

Для роботи з електрозварювальним устаткуванням допускаються особи, які пройшли перевірку знань з електробезпеки і мають достатню кваліфікаційну групу з техніки безпеки (не нижче III). Крім того, вони повинні бути проінструктовані щодо безпечної роботи на обладнанні МТ-1215 і мати достатні знання про його конструкцію.

Під час роботи на електрозварювальній машині обов'язковим є належне заземлення. Заземлювальні дроти, шини та інші елементи заземлення повинні регулярно перевірятися, зокрема після проведення ремонтних або налагоджувальних робіт. Виконання роботи без дотримання цих правил становить серйозну загрозу для життя та безпеки.

Електрична схема машини доступна лише електрику-налагоджувачу, відповідальному за цю конкретну машину. Це забезпечує контроль та безпеку в роботі з електричною системою машини.

Операторам заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи. Ремонт та обслуговування машини, включаючи очищення та заміну електродів, повинні проводитися після вимкнення автомата та відключення подачі стиснутого повітря та води. Проте слід пам'ятати, що напруга залишається на входних затисках. Налагоджувальні та регулювальні роботи можуть здійснюватися налагоджувальником при увімкненому автоматі з дотриманням необхідних застережень. Після завершення ремонтних робіт зубчасті шайби для заземлення щитів і шаф повинні бути правильно встановлені на місце.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Для забезпечення безпеки, необхідно виконати процедуру перевірки наявності напруги навколо машини. Після вимкнення загального мережевого вимикача, слід перевірити, чи вимкнена сигнальна лампа, яка свідчить про відсутність напруги. Якщо лампа продовжує світитися, необхідно вжити додаткових заходів для забезпечення безпеки, наприклад, відключити окремі джерела живлення або звернутися до кваліфікованого персоналу для перевірки та усунення несправності..

Особи, які працюють з машиною, повинні бути захищені засобами захисту обличчя і очей, такими як окуляри, відповідно до ГОСТ 12.4.013.

Для захисту від іскор і бризок розплавленого металу необхідно використовувати спеціальний спецодяг і взуття, відповідно до ГОСТ 12.4.103.

Засоби захисту рук працівника включають захист від контакту з нагрівальними поверхнями, іскор і бризок розплавленого металу, згідно з ГОСТ 12.4.103. Електродна частина машини має ступінь захисту IP00 згідно з ГОСТ 14254-80. Частини машини, що перебувають під напругою мережі, також мають ступінь захисту IP00 за ГОСТ 14254-80.

Клас машини, щодо захисту людини від ураження електричним струмом, відповідає 01 згідно з ГОСТ 12.2.007-75.

6.6 Вимоги безпеки в надзвичайній ситуації

На виробництві існує ризик виникнення різних небезпечних ситуацій, таких як пожежа, вибух, розрив або пошкодження обладнання, викид шкідливих речовин та інші. Для запобігання таким надзвичайним ситуаціям на підприємстві повинен бути розроблений план локалізації та ліквідації аварій. При аналізі небезпек на підприємстві необхідно визначити всі можливі аварійні ситуації та аварії, включаючи ті, які мають низьку ймовірність, але можуть мати катастрофічні наслідки. Такі сценарії розвитку подій слід розглянути й оцінити наслідки. Виявлення можливих аварійних ситуацій має базуватися на аналізі роботи окремого обладнання (апаратів, машин тощо) та їх груп (технологічних

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

блоків), а також враховувати небезпечні властивості використовуваних речовин і матеріалів у виробництві.

6.6.1 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробою електричної напруги на корпусі зварювального агрегату, негайно вимкніть головний вимикач і сповістіть про цей інцидент майстра або начальника дільниці. Не забувайте, що безпосередньо підключення до струму може призвести до серйозних наслідків для людини. Зверніть увагу на ознаки електричного ураження, такі як спазми м'язів, втрата свідомості або обмороження.

Якщо хтось отримує ураження від електричного струму, негайно відключіть зварювальний агрегат від джерела живлення. Забезпечте безпечне місце для потерпілого, розмістивши його на дерев'яний настил і підклавши під його голову м'який матеріал. Негайно зателефонуйте за номером 103 до лікаря для надання необхідної медичної допомоги. У разі необхідності, надайте штучне дихання або основні процедури реанімації.

Якщо виникає пожежа у зварювальному агрегаті, важливо вимкнути рубильник та негайно розпочати гасіння вогню. Використовуйте вогнегасник або доступні засоби пожежогасіння, такі як пісок чи пожежний кран, щоб приборкати полум'я. Не залишайте пожежу без нагляду і підтримуйте спілкування з пожежним відділом, повідомляючи їх за номером 101 та запрошуючи відповідних посадових осіб на місце події.

Кожен працівник, який виявляє пожежу або загоряння, повинен негайно сповістити заводську пожежну охорону за номером 101. Почніть гасити пожежу за допомогою наявних засобів пожежогасіння

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гельман А.С. Основы сварки давлением. М., «Машиностроение», 1970, 312 стр
2. Чвертко Є. П. Технологія та устаткування зварювання тиском: Методичні вказівки до практичних занять для студентів денної, денної прискореної, заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка». 2017. – 72 с.
3. Пахаренко В. А. Зварювання тиском. - Електронний підручник, 2013. - 320 с.
4. Гуляев А. И. Технология и оборудование контактной сварки. – М.: Машиностроение, 1985. – 253 с.
5. ГОСТ 297-73 «Машины электросварочные контактные. Общие технические требования».
6. L-Card Модуль E14-140 // l-card.ru. — 20 03 2013 р. /[Електронний ресурс— Електронні дані. – Режим доступу:.. — http://www.lcard.ru/download/e14-140onn_examples.pdf.
7. Чулошников П. Л. Контактная сварка. В помощь рабочему-сварщику. М., «Машиностроение». 1977. – 144 с.
8. Катаев Р. Ф., Милютин В. С., Близник М. Г. Теория и технология контактной сварки: учебное пособие / — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 144 с.
9. Зварювання декоративних виробів з металу//[Електронний ресурс]/zrobysam.net.ua – Електронні дані. – Режим доступу: <https://zrobysam.net.ua/vyroby-z-metalu-svoyimy-rukamy-vykorystannya-zvaryuvannya-ta-foto-krasyvyh-vyrobiv/4/>
10. Орлов Д. В., Чакалев А. А. Дмитриев Ю. В. и др. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов; Под общ. ред. Б. Д. Орлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

11. Селма Машины контактной точечной сварки МТ //[Електронний ресурс]/ www.selma.ua – Електронні дані. – Режим доступу:.. — <http://www.selma.ua/product.html>.

12. Лебедев В. К., Кучук-Яценко С. И., Чвертко и др.; Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Оборудование для сварки. Т. IV-6/ Под ред. Б. Е. Патона. 1999. – 496 с.

13. Хімічний склад і властивості Ст3, //[Електронний ресурс]/ Режим даних:

http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/St3sp

14. ДСТУ 2651:2005. «Сталь вуглецева звичайної якості. Марки (ГОСТ 380-2005)».

15. «Контроль якості зварювання» для студентів напряму 6.050504 «Зварювання»/ Укладач Ю.А.Гасило. – Дніпродзержинськ:ДДТУ, 2015 - 89 с

16. Сливінський О. А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: Навч. Посібник. – К.:НТУУ «КПІ», 2010. – 260 с.

17. Сливінський О. А. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: Метод. вказ. до викон. курсової роботи з дисц. для студ. напрямку 050504 «Зварювання»/ Уклад.: О.А.Сливінський, Н.М. – К.:НТУУ «КПІ», 2012. – 50 с.

18. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. К.: Основа, 2010. 240 с.

19. ГОСТ 12.2.003-91. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности

20. ГОСТ 12.2.007.8-75. «Система стандартов безопасности труда. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности».

21. ДСТУ EN ISO 11611:2016. Одяг захисний для використання під час зварювання та суміжних процесів.

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

22. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічного розділу дипломних проектів та курсових робіт з розробки технологічних процесів для студ. Зварювального факультету / Уклад: В.Г. Герасимчук, Л.А.Кузьменко, Видавництво «Політехніка», 2002-20 с

23. Сталевий дріт діаметром 3х1000мм//[Електронний ресурс]/leti.com.ua – Електронні дані. – Режим доступу: <https://leti.com.ua/materials/steel-rods/steel-rod-3,0x1000/>

					ЗС91.03.00.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Додаток А

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4		Пояснювальна записка		
3	A1	ДП ЗС91.003.00.001	Плакат виробу		
4	A1	ДП ЗС91.003.00.002	Складальний кресленик установки	1	
5	A1	ДП ЗС91.003.00.003	Графік залежності висоти зварного з'єднання від часу зварювання		
6	A1	ДП ЗС91.003.00.004	Плакат порівняння виробів з часом зварювання		
7	A1	ДП ЗС91.003.00.005	Електрична схема установки	1	
8			Презентація до ДП		

				ДП ЗС91.03.000.00		
	ПІБ	Підп	Дата	Відомість дипломного проекту	Арк.	Аркушів
Розробив	Дудка Є.О.				1	65
Керівник	Чвертко Є.П.				КПІ ім. І. Сікорського НН ІМЗ ім. Є.О. Патона	
Консультант						
Нормоконтроль	Лисак В.В.					
Зав.каф.	Квасницький В.В.					