

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Обладнання для виготовлення
оребраних плоскоовальних труб контактним
зварюванням»

Київ – 2023 рік

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

Навчально-науковий інститут матеріалознавства
та зварювання ім. 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 інженерії з'єднань і
поверхонь»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: Обладнання для виготовлення оребрених плоскоовальних труб
контактним зварюванням**

Виконав: студент IV курсу, групи ЗС-91
Яковенко Олександр Ігорович

(підпис)

Керівник: доцент, к.т.н., доцент,
Скачков Ігор Олегович

(підпис)

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

(підпис)

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

(підпис)

Рецензент: доцент, к.т.н., доцент,

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 рік

АНОТАЦІЯ

Обсяг роботи складає 72 сторінки, 11 ілюстрацій, 16 таблиць, 18 джерел літератури.

Мета роботи – Розробка та проектування обладнання для зварювання плоскоовальних оребрених труб точковим зварюванням.

Об'єкт дослідження - Плоскоовальні оребрені труби.

Предмет дослідження - Обладнання для зварювання плоскоовальних оребрених труб точковим зварюванням.

В кінці виконання дипломного проєкту є додаток із внесеними конструктивними змінами в електродний вузол.

Ключові слова: Плоскоовальні оребрені труби, контактне зварювання, МТ2202, охорона праці, економіка.

ANNOTATION

The scope of the work comprises 68 pages, 11 illustrations, 16 tables, and 18 a list of literature sources.

The objective of the work is to develop and design equipment for spot welding of flat-oval finned tubes.

The research object is flat-oval finned tubes.

The research subject is equipment for spot welding of flat-oval finned tubes.

At the end of the completion of the diploma project, there is an appendix with the implemented structural changes in the electrode assembly.

Keywords: Flat-oval finned tubes, resistance welding, MT2202, occupational safety, economy.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
2 МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ОРЕБРЕНИХ ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ	14
2.1 Опис сучасного стану виробництва оребраних плоскоовальних труб.....	14
2.2 Аналіз існуючих методів виготовлення оребраних плоскоовальних труб	17
2.3 Виявлення недоліків і обмежень існуючих методів	19
2.4. Визначення переваг контактного зварювання для виготовлення оребраних плоскоовальних труб.....	23
2.5 Магналії	26
2.5.1 Аналіз матеріалу, що зварюється	30
2.5.2 Хімічний склад матеріалу	30
3 УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ КОНТАКТНОГО ПРИВАРЮВАННЯ РЕБЕР ДО ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ	32
3.1 Вимоги до обладнання	32
3.2 Опис принципу роботи обладнання	34
3.3 Конструкційні особливості обладнання.....	35
3.4 Опис процесу контактного зварювання оребраних плоскоовальних труб	36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	43
4.2 Інженерні рішення для забезпечення безпеки обладнання.....	56
4.3 Нормативні вимоги безпеки та гігієни працівників.....	57
4.4 Пожежна безпека	60
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	63

					ЗС-91.25.00.000ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Яковенко О.І.			Обладнання для виготовлення оребраних плоскоовальних труб контактним зварюванням	Літ.	Арк.
Перевір.		Скачков І.О.					5
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона,	
Н. Контр.		Лисак В.В.					
Затверд.		Квасницький В.В.					

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	71
ДОДАТКИ.....	73

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

MT2202 – машина для контактного зварювання

ЕІЛ – електроіскрове легування

ОП – охорона праці

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Тема дослідження:

Розробка обладнання для виготовлення оребрених плоскоовальних труб контактним зварюванням.

Актуальність теми:

У сучасному світі велике значення має розвиток технологій, спрямованих на виробництво ефективних та енергоефективних систем теплообміну. Оребрені плоскоовальні труби знайшли широке застосування у виготовленні теплообмінників, які використовуються в різних галузях, включаючи теплообмінні системи для кондиціонування повітря, холодильні системи та інші промислові процеси. Однак, існуючі методи виготовлення оребрених плоскоовальних труб мають свої недоліки та обмеження. Тому розробка нового обладнання для виготовлення таких труб, зокрема за допомогою контактного зварювання, є актуальною задачею.

Мета дослідження:

Метою даного дослідження є розробка та апробація обладнання для виготовлення оребрених плоскоовальних труб контактним зварюванням з метою покращення ефективності виробництва та якості отриманих труб.

Завдання дослідження:

1. Аналіз сучасного стану виробництва оребрених плоскоовальних труб та огляд існуючих методів їх виготовлення.
2. Виявлення недоліків та обмежень існуючих методів виготовлення оребрених плоскоовальних труб.
3. Обґрунтування переваги контактного зварювання для виготовлення оребрених плоскоовальних труб.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4. Розробка технології та конструкції обладнання для контактного зварювання оребрених плоскоовальних труб.

5. Проведення експериментальних досліджень з метою перевірки ефективності та якості отриманих труб.

Такі завдання дослідження дозволять досягти поставленої мети та вирішити актуальну проблему у виготовленні оребрених плоскоовальних труб.

Розробка технології та конструкції обладнання для контактного зварювання оребрених плоскоовальних труб.

Для досягнення мети дослідження, необхідно розробити технологію та конструкцію спеціалізованого обладнання для контактного зварювання оребрених плоскоовальних труб. Детальна розробка технології включатиме такі кроки:

Визначення вимог до обладнання:

Основні вимоги до обладнання включають:

Можливість контактного зварювання: Обладнання повинно забезпечувати можливість контактного зварювання, що дозволяє створювати міцні зварні з'єднання між оребром та основною трубою.

Плавне регулювання параметрів: Обладнання має бути оснащено системою, яка забезпечує плавне регулювання параметрів зварювання, таких як струм, напруга, швидкість зварювання та тиск. Це дозволить налаштувати оптимальні параметри для досягнення високої якості зварного з'єднання.

Висока стійкість та надійність: Обладнання повинно мати високу механічну стійкість та надійність, щоб забезпечити стабільність процесу зварювання та мінімізувати можливість виникнення аварій або збоїв.

Можливість автоматизації: Обладнання повинно мати можливість автоматизації робочих операцій, що сприяє підвищенню продуктивності та ефективності процесу виготовлення.

Контроль та моніторинг: Обладнання має бути оснащено системою контролю та моніторингу, яка дозволяє відстежувати параметри зварювання,

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

виявляти можливі дефекти або неправильність процесу та забезпечувати високу якість зварного з'єднання.

Сумісність з матеріалами: Обладнання повинно бути сумісним з матеріалами, що використовуються для виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Це означає, що обладнання повинно працювати ефективно з різними типами сталі або інших матеріалів, які використовуються для виготовлення труб.

Безпека: Обладнання повинно відповідати вимогам безпеки, що передбачаються для роботи з високими температурами, електричними джерелами живлення та іншими потенційно небезпечними факторами.

Розробка конструкції обладнання:

Посилання на лист + рисунки. Будуть враховані фактори, такі як механічна стійкість, стабільність процесу, можливість автоматизації та регулювання параметрів зварювання.

Вибір матеріалів

Сталі: Сталі є популярними матеріалами для виготовлення труб завдяки своїй міцності, довговічності та здатності до зварювання. Для оребрених плоскоовальних труб можуть використовуватися різні типи сталі, включаючи вуглецеву сталь, нержавіючу сталь або спеціальні сталі з покращеними механічними властивостями.

Алюміній: Алюміній є легким, корозійностійким і теплопровідним матеріалом, що робить його привабливим вибором для виготовлення труб. Алюмінієві оребрені плоскоовальні труби широко використовуються у деяких галузях, таких як авіаційна та автомобільна промисловість.

Титан: Титан є легким металом з високою міцністю та відмінною корозійною стійкістю. Використання титану для виготовлення оребрених плоскоовальних труб забезпечує високу міцність при низькій вазі, що особливо важливо у вимогливих умовах, наприклад, в морському середовищі.

					3С-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Латунь: Латунь є сплавом міді та цинку з високою корозійною стійкістю та хорошими механічними властивостями. Латунні оребрені плоскоовальні труби можуть використовуватися в різних галузях, включаючи системи опалення, охолодження та газопостачання. Будуть враховані фізичні та хімічні властивості матеріалів, їх міцність, корозійну стійкість та вартість.

Розробка системи управління: Для ефективного функціонування обладнання необхідно розробити програмне забезпечення та систему управління, які забезпечать контроль та регулювання режимів зварювання, моніторинг параметрів процесу та автоматизацію робочих операцій.

Така система може включати наступні компоненти:

Контролери: Використання програмованих контролерів дозволяє забезпечити автоматичне управління процесом виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Контролери отримують дані з датчиків, виконують обчислення та видають команди для регулювання обладнання.

Датчики: Датчики вимірюють різні параметри процесу, такі як температура, тиск, швидкість подачі матеріалу тощо. Вони передають ці дані до контролерів для подальшого аналізу та регулювання.

Актuatorи: Актuatorи відповідають за здійснення фізичних дій у процесі виготовлення труб. Наприклад, вони можуть керувати швидкістю подачі матеріалу, регулювати температуру або контролювати розмір труби.

Програмне забезпечення: Розробка спеціалізованого програмного забезпечення є необхідною частиною системи управління. Воно дозволяє контролювати роботу обладнання, збирати та аналізувати дані, генерувати звіти, налагоджувати параметри процесу та забезпечувати комунікацію з операторами.

Моніторинг та візуалізація: Система управління може включати інтерфейс моніторингу та візуалізації, що дозволяє операторам спостерігати за поточним станом процесу виробництва, відстежувати відхилення від заданих параметрів та приймати рішення щодо коригування.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Система зберігання даних: Для аналізу процесу та виробничої ефективності може використовуватися система зберігання даних. Вона дозволяє збирати та зберігати історичні дані про параметри процесу, виявляти тенденції та здійснювати аналіз для вдосконалення виробничих процесів.

Усі компоненти системи управління повинні бути взаємопов'язані та співпрацювати для досягнення заданих цілей виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Розробка програмного забезпечення включатиме створення логіки управління, розробку інтерфейсу користувача та інтеграцію з апаратними компонентами системи управління.

Зазначена система управління дозволить забезпечити стабільність процесу виготовлення оребрених плоскоовальних труб, підвищити ефективність та якість виробництва, а також спростити роботу операторів та забезпечити більш точний контроль параметрів процесу.

Проведення експериментальних досліджень з метою перевірки ефективності та якості отриманих труб.

Для оцінки ефективності та якості отриманих труб потрібно проводити експериментальні дослідження з використанням розробленого обладнання. Детальний план експерименту повинен включати такі кроки:

Вибір тестових зразків: Будуть вибрані зразки оребрених плоскоовальних труб для проведення досліджень. Зразки можуть бути виготовлені з різних матеріалів та мати різні геометричні параметри.

Проведення зварювання: Зразки труб будуть зварюватись з використанням розробленого обладнання та програмного забезпечення згідно з розробленою технологією.

Аналіз якості зварювання: Після зварювання буде проведений аналіз якості отриманих зварних з'єднань, включаючи оцінку міцності, герметичності та інших характеристик.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінка ефективності: Буде проведена оцінка продуктивності процесу виготовлення оребрених плоскоовальних труб з використанням розробленого обладнання, зокрема швидкості зварювання, витрати енергії та вартості виробництва.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ОРЕБРЕНИХ ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ

2.1 Опис сучасного стану виробництва оребрених плоскоовальних труб.

Сучасний стан виробництва оребрених плоскоовальних труб відображається в постійному розвитку технологій та використанні нових методів для досягнення кращої якості та ефективності процесу. Оребрені плоскоовальні труби широко використовуються у різних галузях, таких як теплообмін, кондиціонування повітря, нафтогазова промисловість та інші, завдяки їхнім унікальним характеристикам.

Одним з основних аспектів сучасного виробництва оребрених плоскоовальних труб є використання спеціалізованого обладнання, яке дозволяє забезпечити високу якість та точність процесу. Це включає в себе автоматизовані лінії зварювання, обробки та контролю, що дозволяють досягти високої продуктивності та уніфікації виробництва.

Оребрені плоскоовальні труби виготовляються з різних матеріалів, включаючи сталеві сплави, нержавіючу сталь, алюміній та інші. Вибір матеріалу залежить від вимог до міцності, корозійної стійкості, теплопровідності та інших властивостей.

Існуючі методи виготовлення оребрених плоскоовальних труб можуть бути класифіковані в кілька категорій, зокрема:

1. Методи формування оребрень: Включають механічне оребрень, холодне оребрень, гаряче оребрень та електрохімічне оребрень. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження залежно від потреби виробництва.

2. Методи зварювання: Для з'єднання компонентів оребрених плоскоовальних труб використовуються різні методи зварювання, такі як контактне зварювання, електрозварювання, лазерне зварювання та інші. Кожен

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

метод має свої переваги з точки зору якості зварного з'єднання, швидкості та ефективності.

3. Методи обробки та контролю якості: Включають обробку поверхні, гідротестування, випробування на міцність, вимірювання геометричних параметрів та інші. Ці методи дозволяють забезпечити високу якість та надійність оребрених плоскоовальних труб.

Сучасні тенденції виробництва оребрених плоскоовальних труб спрямовані на поліпшення технологічних процесів, автоматизацію виробництва, застосування нових матеріалів та підвищення якості кінцевого продукту. Інновації у галузі обладнання, методів зварювання та контролю якості допомагають досягати кращих результатів і задовольняти високі вимоги ринку.

Таким чином, сучасний стан виробництва оребрених плоскоовальних труб характеризується використанням спеціалізованого обладнання, різноманітністю методів формування та зварювання, а також постійними зусиллями удосконалення процесів та підвищення якості продукції.

Додатково, сучасний стан виробництва оребрених плоскоовальних труб характеризується наступними аспектами:

Технологічні вдосконалення: Розвиток технологій та постійні наукові дослідження сприяють вдосконаленню процесів виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Нові методи формування оребрення, зварювання та обробки дозволяють досягати більш точних і стабільних результатів, знижувати відхилення та покращувати якість кінцевого продукту.

Економічні фактори: Виробництво оребрених плоскоовальних труб є значимою галуззю, яка залежить від економічних факторів. Оптимізація виробничих процесів, зниження витрат на сировину та енергію, використання ефективних методів контролю якості допомагають знижувати виробничі витрати та підвищувати конкурентоспроможність продукції.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Стандартизація та регулятивні вимоги: Виробництво оребрених плоскоовальних труб підпорядковується стандартам та регулятивним вимогам, які забезпечують якість продукції та безпеку використання. Застосування стандартизованих процедур та контролю допомагає уникнути дефектів та забезпечити відповідність продукції встановленим стандартам.

Інноваційні розробки: Висока конкуренція в галузі виробництва оребрених плоскоовальних труб стимулює розробку та впровадження нових інноваційних рішень. Використання новітніх матеріалів, вдосконалення технологічних процесів та впровадження автоматизованих систем дозволяють підвищити продуктивність, якість та ефективність виробництва.

Екологічна урізноманітність: У сучасному виробництві оребрених плоскоовальних труб все більше приділяється уваги екологічним аспектам. Виробництво труб здійснюється з урахуванням екологічних стандартів та вимог щодо збереження ресурсів та енергоефективності. Використання екологічно чистих матеріалів та технологій сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Глобалізація ринку: Сучасний стан виробництва оребрених плоскоовальних труб також впливає на глобальний ринок. Зростаючий попит на цей вид продукції, розвиток міжнародної торгівлі та співпраці виробників з різних країн стимулюють конкуренцію та залучення нових технологій, що сприяє розвитку галузі та розширенню її географії.

Перспективи розвитку: Сучасні тенденції виробництва оребрених плоскоовальних труб свідчать про постійне вдосконалення технологій та процесів. Орієнтація на забезпечення якості продукції, підвищення

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності та зниження витрат відображає перспективи розвитку цієї галузі. Впровадження новітніх технологій, дослідження нових матеріалів та постійний пошук інноваційних рішень сприятимуть зміцненню позицій виробників оребрених плоскоовальних труб на ринку.

Загалом, сучасний стан виробництва оребрених плоскоовальних труб характеризується постійним розвитком технологій, вдосконаленням обладнання та методів виготовлення, підвищенням якості продукції, ефективністю виробництва та урахуванням екологічних аспектів. Розвиток галузі відбувається в контексті глобалізації ринку та конкуренції, а також враховує перспективи використання нових технологій та матеріалів.

2.2 Аналіз існуючих методів виготовлення оребрених плоскоовальних труб

Сучасні методи виготовлення оребрених плоскоовальних труб пройшли значний розвиток і забезпечують ефективний процес виробництва з високою якістю та точністю. Деякі з найпоширеніших методів включають:

1. Контактне зварювання: Цей метод використовується для з'єднання сталевих полосок, що утворюють плоскоовальну форму труби. Полоски згортаються разом і зварюються з використанням контактної технології. Контактне зварювання дозволяє отримати міцне і надійне з'єднання без необхідності використання додаткових матеріалів.

2. Лазерне зварювання: Лазерне зварювання використовується для виготовлення оребрених плоскоовальних труб з високою точністю і швидкістю. Лазерний промінь зварює метал, дозволяючи отримати стійке і якісне з'єднання без зайвих матеріалів або додаткової обробки.

3. Електрозварювання: Цей метод використовується для з'єднання полосок металу шляхом проведення електричного струму через них. Внаслідок нагрівання і плавлення матеріалу відбувається зварювання. Електрозварювання є широко використовуваним методом для виробництва оребрених

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

плоскоовальних труб, оскільки воно ефективно і дозволяє отримати міцне з'єднання.

4. Екструзія: Цей метод використовується для формування оребрених плоскоовальних труб шляхом прогону матеріалу через екструдер. Під впливом тиску і температури матеріал плавиться і пропускається через формуючу насадку, що утворює бажану форму труби з оребренням.

5. Гідроформування: Гідроформування використовується для створення оребрених плоскоовальних труб шляхом накладання тиску на метал за допомогою гідравлічного пристрою. Під впливом тиску матеріал пристосовується до форми матриці і отримує необхідне оребрення.

- Зварювання за допомогою газу або плазми: Цей метод використовує газ або плазму, щоб зварити полоски металу разом. Газ або плазма нагріваються до високої температури, що дозволяє їх плавити і створювати з'єднання між полосками. Цей метод може бути швидким і ефективним для виготовлення оребрених плоскоовальних труб.

- Ковкання: Ковкання є традиційним методом виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Він використовується для створення оребрення на поверхні труби шляхом обробки за допомогою кузнечних молотів або пресування. Цей метод може дати високу якість оребрення, але може бути менш ефективним в порівнянні з іншими сучасними методами.

- Роликове формування: Роликове формування використовується для прокатування металевих полосок за допомогою спеціальних роликів, які надають їм бажану форму з оребренням. Цей метод може бути ефективним і дозволяє отримати однорідне оребрення на поверхні труби.

- Екструзійне формування: Екструзійне формування використовується для виготовлення оребрених плоскоовальних труб шляхом прогону матеріалу через формуючий вузол. Матеріал плавиться та притискається до формуючої насадки, що дозволяє отримати трубу з оребренням.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження. Вибір конкретного методу виготовлення оребрених плоскоовальних труб залежить від таких факторів, як потужність виробництва, якість та точність, склад матеріалу, економічність та інші вимоги. Наприклад, метод гарячого формування може бути ефективним для виробництва великого обсягу оребрених плоскоовальних труб, але вимагатиме значних енергетичних ресурсів. Зварювання за допомогою газу або плазми може забезпечити швидкість та ефективність, але потребує спеціального обладнання і контролю процесу зварювання. Ковкання може забезпечити високу якість оребрення, але може бути менш ефективним для виробництва на великому масштабі.

Одним з важливих аспектів виготовлення оребрених плоскоовальних труб є також вибір матеріалів. Для досягнення оптимальної міцності, корозійної стійкості та інших властивостей, використовуються різні матеріали, такі як нержавіюча сталь, карбонова сталь, алюміній та їх сплави. Вибір конкретного матеріалу залежить від вимог до продукту, його застосування та експлуатаційних умов.

Загалом, розробка та застосування сучасних методів виготовлення оребрених плоскоовальних труб є важливим кроком у покращенні якості та продуктивності виробництва. Постійні дослідження і розвиток в цій галузі дозволяють покращувати технології, знижувати витрати та розширювати можливості застосування оребрених плоскоовальних труб у різних галузях, таких як будівництво, теплообмін та інші промислові сфери.[1]

2.3 Виявлення недоліків і обмежень існуючих методів

Недоліки та обмеження сучасних методів виготовлення оребрених плоскоовальних труб можуть бути різними. Давайте розглянемо деталі недоліків та обмежень кожного методу:

1. Метод холодного формування:

- Недоліки:

					3С-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Висока трудомісткість процесу формування, особливо при великому обсязі виробництва.

- Обмежена геометрична складність оребрених труб, яку можна отримати шляхом холодного формування.

- Обмеження:

- Неможливість виготовлення оребрених труб з деяких матеріалів, які не піддаються легкому холодному формуванню.

- Обмежена швидкість виробництва у порівнянні з іншими методами.

-

2. Метод гарячого формування:

- Недоліки:

- Висока енергетична витрата на процес гарячого формування, що може впливати на економічну ефективність виробництва.

- Вимога до спеціальних печей та устаткування для нагрівання і формування труб.

- Обмеження:

- Обмежена геометрична складність оребрених труб, яку можна отримати шляхом гарячого формування.

- Висока витрата матеріалу через відпрацьовані кінці труб.

-

3. Метод зварювання за допомогою газу або плазми:

- Недоліки:

- Потреба у спеціалізованому обладнанні та висококваліфікованих операторах зварювання.

- Можливість виникнення дефектів зварювання, таких як тріщини або неправильне зварювання, які можуть впливати на якість та міцність труб.

- Обмеження:

- Обмеженість в розмірах і формах труб, які можуть бути зварені за допомогою цього методу.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимога до підготовки поверхні труб перед зварюванням для забезпечення якісного з'єднання.

-

4. Метод ковкання:

- Недоліки:

- Висока складність процесу ковкання, особливо для отримання складних геометричних конфігурацій оребрених труб.

- Потреба у спеціалізованому обладнанні та висококваліфікованих операторах ковкання.

- Обмеження:

- Обмежена продуктивність процесу ковкання порівняно з іншими методами виробництва.

- Обмежена можливість отримання тонких оребрених труб через можливість деформації матеріалу.

-

5. Метод контактного зварювання:

- Недоліки:

- Вимога до точного позиціонування та фіксації компонентів для забезпечення якісного з'єднання.

- Потенційна нерівномірність розподілу тепла під час зварювання, що може впливати на якість з'єднання.

- Обмеження:

- Обмежена швидкість виробництва порівняно з іншими методами зварювання.

- Потреба у високоточному обладнанні та контролі процесу зварювання.

6. Метод електрозварювання:

- Недоліки:

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Можливість виникнення дефектів зварювання, таких як тріщини, погане зчеплення або неправильне зварювання, які можуть впливати на якість та міцність з'єднання.

- Вимога до спеціального обладнання та висококваліфікованих операторів зварювання.

- Обмеження:

- Обмежена швидкість виробництва залежно від розміру та складності оребраних труб.

- Вплив електромагнітних полів під час електрозварювання на навколишнє середовище та електронні пристрої.

7. Метод витиснення:

- Недоліки:

- Обмежена геометрична складність оребраних труб, яку можна отримати шляхом витискання.

- Вимога до високоточного обладнання та контролю процесу для забезпечення точності та якості виготовлення.

- Обмеження:

- Обмеженість в розмірах та товщині матеріалу, який може бути витиснений в оребрану форму.

- Потреба у високій тисковій силі для витискання, що може впливати на ефективність та енергоефективність процесу.

-

8. Метод лазерного зварювання:

- Недоліки:

- Вимога до спеціального обладнання та високоточного позиціонування компонентів для точного з'єднання.

- Можливість виникнення дефектів зварювання, таких як порушення з'єднання або теплові деформації, які можуть впливати на якість та міцність з'єднання.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Обмеження:
- Обмежена швидкість зварювання залежно від розміру та складності оребраних труб.

- Вплив високої температури та інтенсивності лазерного променя на матеріали та оточуюче середовище.

-

Ці недоліки та обмеження показують, що кожен з методів має свої переваги та обмеження, які необхідно враховувати при виборі оптимального методу виготовлення оребраних плоскоовальних труб. Дослідження та розвиток у цій галузі спрямовані на подолання цих обмежень та вдосконалення існуючих методів, що дозволить покращити якість та продуктивність виробництва оребраних плоскоовальних труб.[1]

2.4. Визначення переваг контактного зварювання для виготовлення оребраних плоскоовальних труб

Контактне зварювання є одним з методів виготовлення оребраних плоскоовальних труб, і воно має свої переваги порівняно з іншими методами. Ось докладний опис переваг контактного зварювання:

- **Висока якість зварювання:** Контактне зварювання дозволяє отримувати високоякісне з'єднання між компонентами труби. Це забезпечує міцність, надійність та довговічність оребраних плоскоовальних труб.

- **Ефективність виробництва:** Контактне зварювання є швидким та ефективним процесом, що дозволяє виготовляти велику кількість труб за короткий проміжок часу. Це сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат на виробництво.

- **Широкий спектр застосувань:** Контактне зварювання може бути використане для виготовлення оребраних плоскоовальних труб з різних матеріалів, таких як сталь, алюміній та інші сплави. Це дозволяє виробляти труби

					3С-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

з різною міцністю та характеристиками для відповідності різним вимогам та застосуванням.

▪ Гнучкість та регульованість: Контактне зварювання дозволяє контролювати режими зварювання, такі як сила стиску, температура та час, що дозволяє налаштовувати процес для досягнення оптимальних результатів. Це дозволяє виробляти труби з різними розмірами, формами та характеристиками залежно від потреб замовника.

▪ Економічність: Контактне зварювання відносно економічний метод виробництва оребрених плоскоовальних труб. Воно не вимагає використання складного та дорогого обладнання, що знижує витрати на виробництво та забезпечує вигідність виробництва.

▪ Екологічна безпека: Контактне зварювання є екологічно безпечним методом, оскільки не вимагає використання шкідливих речовин або викидів у навколишнє середовище. Це сприяє збереженню довкілля та забезпеченню сталого виробництва.

▪ Мінімальні викривлення: Контактне зварювання забезпечує мінімальні викривлення труб під час процесу зварювання. Це особливо важливо для плоскоовальних труб, де точність форми і розміру має вирішальне значення. Контактне зварювання дозволяє зберігати плоскість та форму труби, забезпечуючи високу якість кінцевого продукту.

▪ Висока швидкість зварювання: Контактне зварювання може здійснюватись з високою швидкістю, що забезпечує ефективне виробництво великої кількості оребрених плоскоовальних труб за короткий проміжок часу. Це особливо важливо для великосерійного виробництва, де час виготовлення має вирішальне значення.

▪ Висока автоматизація: Контактне зварювання може бути повністю автоматизованою процедурою з використанням спеціалізованого обладнання. Це дозволяє знизити вплив людського фактору на якість зварювання, забезпечуючи

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільність та однорідність кінцевого продукту. Автоматизація також сприяє зменшенню витрат на робочу силу та забезпечує ефективність виробництва.

▪ Сумісність з різними матеріалами: Контактне зварювання дозволяє з'єднувати труби з різних матеріалів, включаючи сталь, алюміній, мідь та інші сплави. Це відкриває широкі можливості для виробництва оребрених плоскоовальних труб з використанням різних матеріалів залежно від конкретних потреб та вимог замовника.

▪ Низький рівень відбраковки: Контактне зварювання має високу якість з'єднання труб, що допомагає знизити рівень відбраковки та відхилень у виробництві оребрених плоскоовальних труб. Це дозволяє забезпечити стабільність якості кінцевого продукту та задоволення вимог замовників.

▪ Гнучкість в проектуванні: Контактне зварювання дозволяє гнучко налаштовувати параметри процесу, такі як ширина оребрення, розмір і кут оребрення, що відкриває можливості для розробки та виготовлення оребрених плоскоовальних труб з різноманітними конфігураціями та характеристиками.

▪ Стійкість до впливу навколишнього середовища: Контактне зварювання забезпечує стійкість з'єднання труб до впливу навколишнього середовища, включаючи високі температури, корозію та інші небагатоприятні фактори. Це робить оребрені плоскоовальні труби, виготовлені за допомогою контактного зварювання, довговічними та надійними у різних умовах експлуатації.

Узагальнюючи, контактне зварювання має низку переваг для виготовлення оребрених плоскоовальних труб, включаючи мінімальні викривлення, високу швидкість зварювання, високу автоматизацію, сумісність з різними матеріалами, низький рівень відбраковки, гнучкість в проектуванні та стійкість до впливу навколишнього середовища. Ці переваги роблять контактне зварювання привабливим вибором для виробництва високоякісних та ефективних оребрених плоскоовальних труб.[1]

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Магналії

Магналії - це сплави алюмінію з магнієм. Вони можуть містити від 0,4% до 6,3% магнію, а також додаткові елементи, такі як кремній, залізо і мідь. Маркування магналіїв складається з літери "А" для алюмінію і "Мг" для магнію, а цифра позначає середній вміст магнію. Хімічний склад основних типів магналіїв наведено в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Хімічний склад та механічні властивості сплавів системи Al-Mg[2]

Марка сплаву	Хімічний склад, %				Механічні властивості		
	Al	Mg	Mn	Ti	Бв, МПа	Б _{0.2} , МПа	δ, %
АМг	Основа	-	1,3	-	130	50	23
АМг1	Основа	0,5	-	-	150	70	32
АМг2	Основа	1,8	0.2	-	200	100	23
АМг5	Основа	5,0	0.6	0.6	320	150	20
АМг6	Основа	6,0	0.8	0.1	340	170	20

Додавання марганцю у діапазоні від 0,2% до 0,8% підвищує міцнісні характеристики магналіїв. Титан використовується як модифікатор зеренної структури у злитках безперервного лиття та зварних швах. Це допомагає зменшити схильність сплавів до кристалізаційного розтріскування під час лиття та аргонодугового зварювання. Коли вміст магнію у сплаві перевищує 5%, вводять додаткову добавку берилію. Це дозволяє захистити розплав алюмінію від інтенсивного окислення під час плавлення, лиття, зварювання напівфабрикатів та гарячої обробки під впливом тиску.

Магналії поділяються на дві категорії залежно від вмісту магнію: деформівні сплави (до 7% Mg) і ливарні сплави (від 5% до 10% Mg). Додавання магнію підвищує міцність алюмінію. При кімнатній температурі алюмій може розчинити приблизно 1,4% магнію. Кожен відсоток магнію підвищує міцність

алюмінію на приблизно 30 МПа. Однак, якщо вміст магнію перевищує 6%, спостерігається значне зниження корозійної стійкості, з'являється схильність до корозії під напруженням та зменшується тріщиностійкість. Тому сплави з вмістом магнію більше 6% не випускаються.

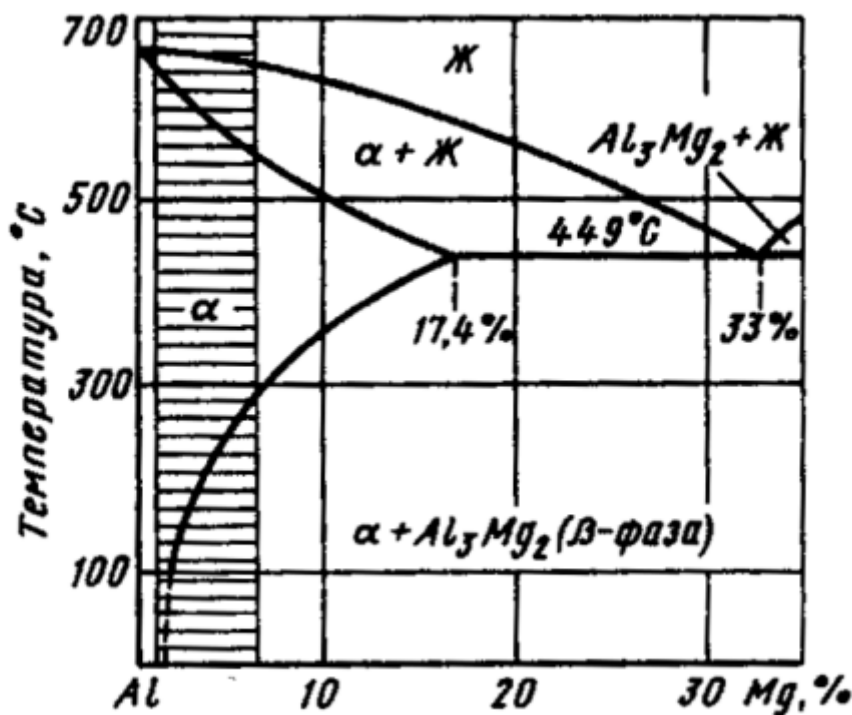
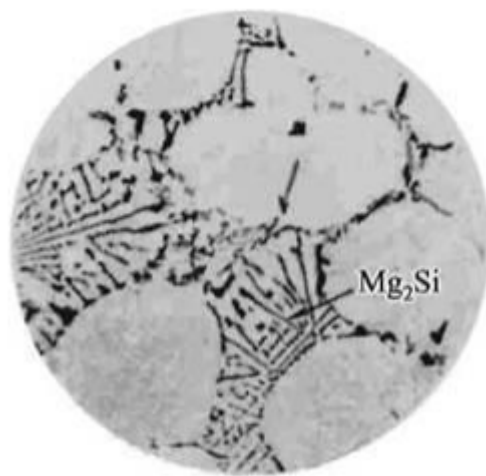


Рисунок 2.1 - Діаграма стану системи Al-Mg. Штрихами позначено зону промислових магналій[2]

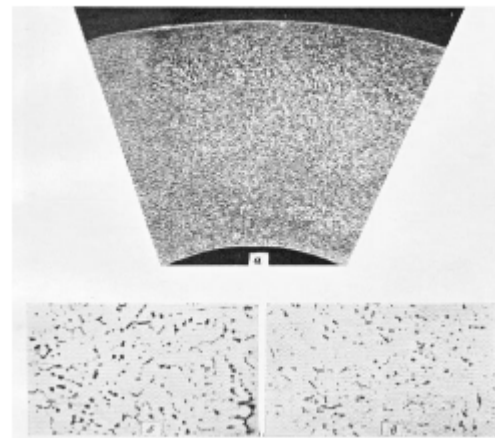
Магналії практично не зміцнюються під впливом термічної обробки, зміцнення настає тільки при вмісті магнію більше 8%. Сплав АМц може піддаватися рекристалізаційному відпалу та зміцнюватися шляхом холодної пластичної деформації. Температура відпалу сплаву АМц становить 450 °С - 470 °С, оскільки марганець підвищує температуру рекристалізації алюмінію. Структура сплаву АМц складається з твердого розчину на основі алюмінію та частинок фази $MnAl_6$.

Напівфабрикати, виготовлені зі сплавів Al-Mg, піддаються відпалу для зняття нагартування та отримання м'якого відпаленого стану. Відпал, як холоднодеформованих, так і гарячедеформованих напівфабрикатів з вмістом

магнію більше 5%, підвищує їх стійкість до хімічної корозії і корозії під напруженням. Сплави з меншим вмістом магнію мають високу стійкість до всіх видів корозії, як у відпаленому, так і в нагартваному стані. Відпал напівфабрикатів і виробів з магналіїв рекомендується проводити при температурах 310 °С - 335 °С протягом 2 годин з подальшим охолодженням на повітрі. Для сплавів АМг5, АМг6, АМг61, 01570 після відпалу необхідно здійснювати витримку при 250 °С - 260 °С протягом 1 години, а потім охолоджувати з нерегламентованою швидкістю. Сплави магналію типу АМг мають структуру альфа-твердого розчину з включенням частинок другої фази. Марганець присутній у фазі $MnAl_6$, а титан і цирконій знаходяться у фазах $ZrAl_3$ і $TiAl_3$. Ці елементи сприяють отриманню більш дрібнозернистої структури і зміцнюють сплави. Сплави АМг піддаються відпалу при температурі 350 °С - 400 °С. Структура сплавів можна побачити на рисунку 2.2.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Мікроструктури магналій. а) сплав АМг5К, б) сплав АМг2[2]

Магналії мають декілька переваг, як-то висока пластичність, корозійна стійкість та добра зварюваність при задовільній міцності. Сплави АМг характеризуються високою стійкістю до вібрацій, але мають низьку межу плинності. Для підвищення межі плинності сплави АМг5 і особливо АМг6 часто піддаються холодній пластичній деформації на рівні 20%-30%, зберігаючи

високу пластичність і корозійну стійкість. Деякі механічні властивості магналій наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Механічні характеристики магналіїв[2]

Сплав	Обробка	σ_b , МПа	$\Sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ	σ_{-1} , МПа
АМг2М	Відпал	200	100	23	45	110
АМг2Н2	Неповний відпал	250	200	10	60	135
АМг3М	Відпал	220	110	20	50	-
АМг5М	Відпал	300	150	20	65	
АМг6М	Відпал	350	170	20	70	130
АМг6Н	Нагартування на 20%	390	300	10	-	-
АМг6НПП	Нагартування на 30%	430	350	8	-	-

Сплави з низьким вмістом магнію, такі як АМг1 і АМг0.5, використовуються для виготовлення виробів з підвищеною декоративністю та високою відбивною здатністю. Сплави з 2%-4% вмістом магнію, такі як АМг2 і АМг3, застосовуються в слабо навантажених зварних конструкціях, які працюють тривалий час в агресивному корозійному середовищі. Сплави з вищим вмістом магнію, такі як АМг5 і АМг6, застосовуються в зварних конструкціях для виготовлення ємностей, які використовуються навіть при криогенних температурах. Сплав 01570 є новим сплавом, і напівфабрикати з цього сплаву (разом з АМг5 і АМг6) використовуються в ракетно-космічній техніці, суднобудуванні та інших галузях.

2.5.1 Аналіз матеріалу, що зварюється

Оскільки наш виріб виготовлений з алюмінієвого сплаву АМг-6, проведемо аналіз цього матеріалу.

На сьогоднішній день існує декілька видів сплаву АМг, які відрізняються своїми характеристиками та областями застосування. Зокрема, можна розглянути характеристики двох категорій - АМг-2 та АМг-3. У цьому випадку, до складу сплаву АМг додані такі елементи, як Si і Mn. Стійкість до корозії залишається на високому рівні, і сплави цих категорій добре зварюються за допомогою різних видів зварювання, таких як точкове, роликове та газове зварювання. Крім того, обидва типи сплавів мають хорошу деформаційну здатність як у холодному, так і у гарячому стані.

Інтервал гарячої деформації для цих сплавів, наприклад, знаходиться в діапазоні від 340 до 430 °С. Після такого типу деформації охолодження проводиться на відкритому повітрі. Важливо також зазначити, що ці АМг-сплави не піддаються зміцненню шляхом термічної обробки. Часто з цього матеріалу виготовляють профілі, а для їх виготовлення застосовують два типи відпуску: низькотемпературний при температурі 270-300 °С та високотемпературний при температурі 360-420 °С.

2.5.2 Хімічний склад матеріалу

Розглянемо хімічний склад сплаву АМг-6, який вважається найкращим серед подібних матеріалів.

Основним елементом в складі є магній в кількості від 5,8% до 6,8%. Магній є головним зміцнювачем алюмінію. Додавання всього 1% магнію до загальної маси алюмінію забезпечує збільшення міцності на приблизно 35 МПа без втрати пластичності. Проте, слід зазначити, що магній знижує стійкість до корозії, особливо якщо його вміст перевищує 6%, і коли деталь знаходиться під статичним навантаженням.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

У склад також включається марганець у кількості від 0,5% до 0,8%. Це необхідно для зміцнення структури алюмінію та покращення механічних властивостей. Марганець також зменшує ризик ліквації - нерівномірного розподілу хімічного складу по поверхні алюмінію.

У складі присутній 0,06% титану, що поліпшує технологічні властивості, зокрема зварюваність матеріалу. Титан сприяє зменшенню зернистості сплаву та зменшенню схильності до тріщин. Це призводить до покращення міцності зварних швів у сплаві АМг-6.

Натрій присутній у кількості 0,01%. Він з'являється у сплаві через плавлення флюсів, які містять криоліт. Натрій має низьку температуру плавлення (96 °C), що значно нижче, ніж у самого алюмінію. Це призводить до підвищеної хрупкості через наявність натрію в АМг-сплаві.

Мідь присутня у кількості 0,01%. Це шкідлива домішка для алюмінію, оскільки знижує стійкість до корозії і погіршує пластичність сплаву. Проте, навіть невелика кількість міді значно підвищує механічні властивості, такі як міцність і твердість.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3 УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ КОНТАКТНОГО ПРИВАРЮВАННЯ РЕБЕР ДО ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ

3.1 Вимоги до обладнання

Для виготовлення оребрених плоскоовальних труб методом контактного зварювання з використанням машини МТ 2202 необхідне наступне обладнання:

1. Машина для контактної зварювання МТ 2202 (рис. 3.1): Це спеціалізована зварювальна машина, яка забезпечує контактне зварювання оребрених плоскоовальних труб. Вона повинна бути належним чином підтримана, налаштована та функціонувати належним чином.

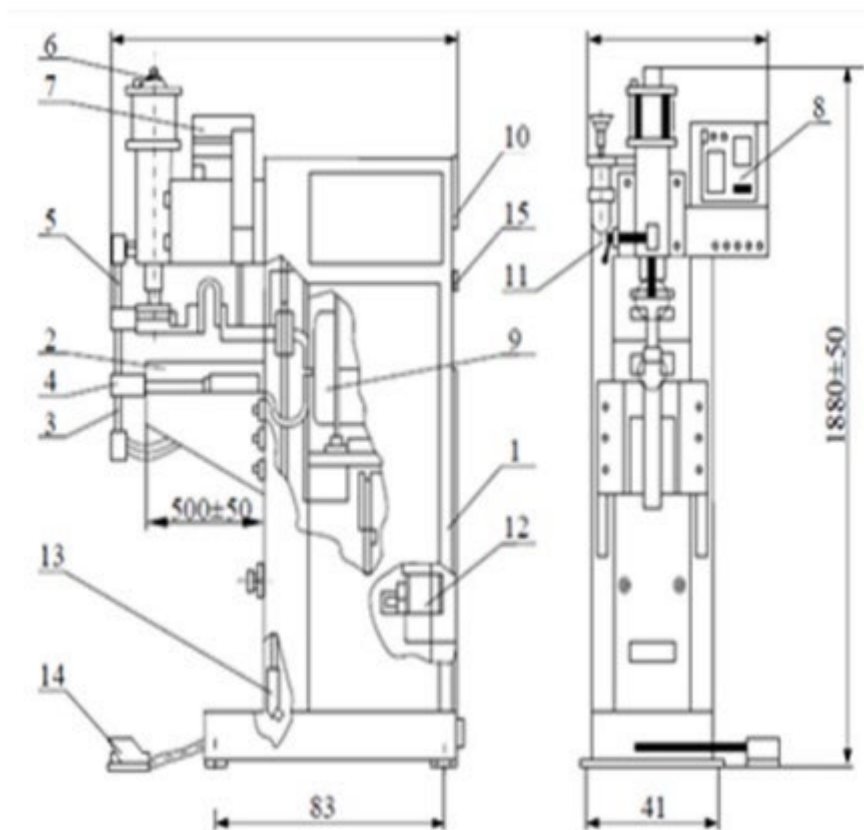


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд машини МТ 2202

У корпусі 1, що належить зовнішній частині вторинного контуру 2-5, розташовані наступні компоненти: привід пневматичний 6, плита з електропневматичним клапаном 7 для регулювання контактної зварювання 8, зварювальний трансформатор 9. На задній стінці корпусу знаходиться

автоматичний вимикач 10. На бічній поверхні корпусу закріплені кран управління 11 та блок підготовки повітря для контактора тиристорного 12. Машина оснащена переносною педальною кнопкою 14 та перемикачем ступенів 15.

2. Станина: Для стабільності і підтримки машини МТ 2202 потрібна міцна та стійка станина. Вона повинна мати високу жорсткість і достатню геометричну точність для забезпечення якісного зварювання.
3. Електроди: Контактне зварювання плоскоовальних оребрених труб вимагає використання спеціальних електродів. Потрібно мати наявність і достатню кількість електродів відповідної специфікації і розміру для зварювання оребрених плоскоовальних труб.
4. Керування та програмування: Машина МТ 2202 повинна мати надійну систему керування, яка дозволяє належне програмування параметрів зварювання, наприклад, часу, швидкості і тиску зварювання. Керування повинно бути зручним у використанні і мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора.
5. Система охолодження: При тривалому зварюванні потрібна система охолодження для збереження оптимальної температури машини і запобігання перегріву. Система охолодження повинна бути ефективною і надійною.
6. Засоби безпеки: При роботі з зварювальною машиною МТ 2202 необхідно мати відповідні засоби безпеки, такі як захисні окуляри, рукавиці, фартухи та інші особисті засоби захисту.

Враховуючи особливості машини МТ 2202 та процесу контактного зварювання оребрених плоскоовальних труб, слід звернутися до посібника з експлуатації та технічної документації, наданої виробником машини, для отримання детальніших вимог та рекомендацій щодо обладнання та налаштування.

					3С-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3.2 Опис принципу роботи обладнання

MT2202 є машиною для контактного зварювання, яка використовує принцип передачі електричного струму через контактні електроди для створення зварного з'єднання. Основний принцип роботи MT2202 можна описати наступним чином:

1. Підготовка: Перед початком роботи оператор налаштовує необхідні параметри зварювання, такі як сила струму, час зварювання та тиск електродів.
2. Підключення живлення: MT2202 підключається до джерела електричного живлення.
3. Підготовка деталей: Оператор підготовлює деталі, які потрібно зварити. Це можуть бути металеві листи або дроти.
4. Постановка деталей: Деталі розташовуються між контактними електродами машини. Електроди натискаються на деталі з необхідним тиском.
5. Зварювання: Коли електроди контактують з деталями, через них пропускається високий електричний струм. Це призводить до нагрівання деталей до температури плавлення. При досягненні необхідної температури, електроди затримуються на місці протягом заданого часу для забезпечення належного зварювання.
6. Охолодження: Після завершення зварювання електроди відводяться від деталей, і зварений з'єднувальний шов охолоджується.
7. Контроль якості: Після зварювання проводиться контроль якості звареного з'єднання, що може включати в себе вимірювання розмірів, виявлення дефектів і перевірку відповідності стандартам.

Важливо відзначити, що точні деталі принципу роботи MT2202 можуть варіюватися залежно від конкретної моделі та виробника машини.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3.3 Конструкційні особливості обладнання

MT2202 - це машина для контактного зварювання, яка має кілька конструкційних особливостей, зокрема оновлений електродний вузол. Основні конструкційні особливості MT2202 включають:

1. Електродний вузол: В MT2202 ми використовуємо модернізований електродний вузол, що дозволяє поліпшити продуктивність в зварюванні ребра до плоскоовальної труби. Цей вузол складається з двох контактних електродів, які забезпечують передачу електричного струму через зварювальні деталі. Електроди мають належні розміри та форму для забезпечення точного контакту з деталями та стабільного зварювання.
2. Корпус машини: MT2202 має стійкий та міцний корпус, що забезпечує надійну підтримку та захист внутрішніх компонентів. Корпус може бути виготовлений з металу або спеціальних композитних матеріалів для забезпечення довговічності та зниження ваги машини.
3. Управління та інтерфейс: MT2202 оснащена системою управління, яка дозволяє оператору налаштовувати параметри зварювання, такі як сила струму, час зварювання та тиск електродів. Машина може мати електронний дисплей або панель керування для зручного використання та моніторингу процесу зварювання.
4. Захисні системи: MT2202 обладнана захисними системами, які забезпечують безпеку оператора та запобігають несправностям під час роботи. Це можуть бути системи автоматичного відключення струму при перевищенні допустимих параметрів або системи контролю захисту від перегріву.
5. Переносна конструкція: Деякі моделі MT2202 можуть мати компактну та переносну конструкцію, що полегшує їх переміщення та використання в різних місцях.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Враховуючи зміни в електродному вузлі (рис 3.2), важливо зазначити, що конкретні зміни можуть варіюватися в залежності від габаритних характеристик зварюваних деталей. Ці зміни можуть стосуватися форми контактної поверхні.

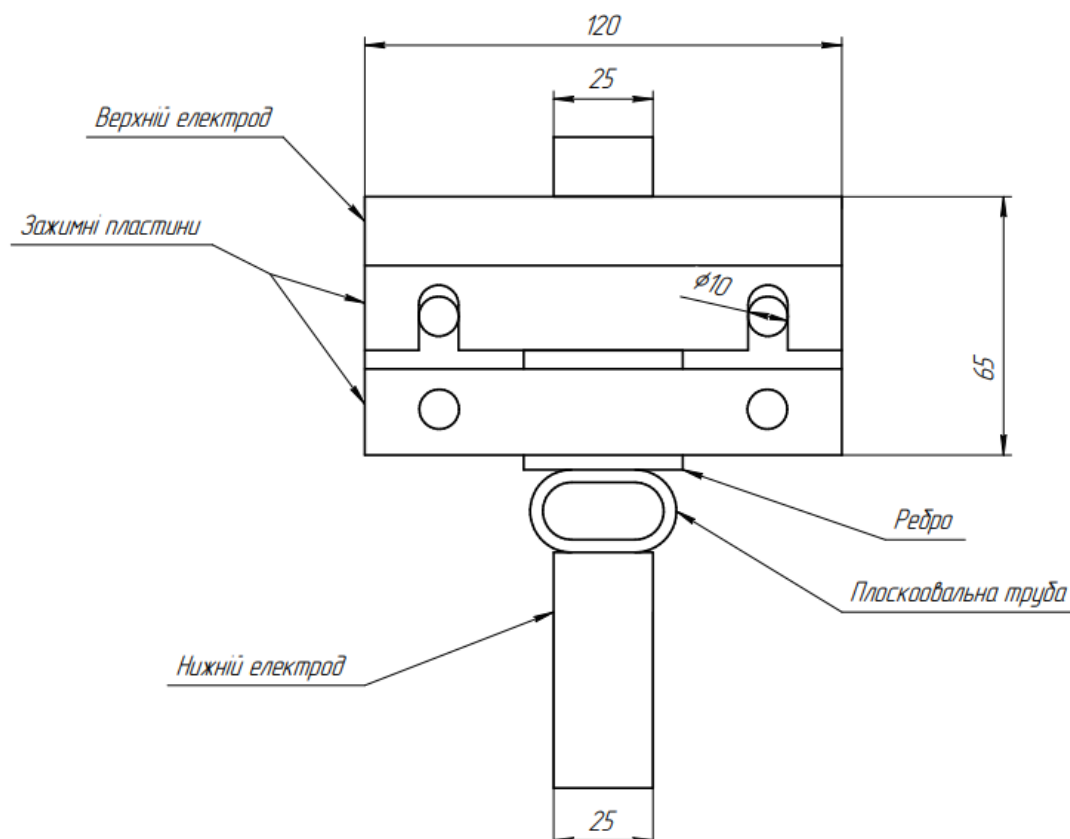


Рисунок 3.2– змінений електродний вузол

3.4 Опис процесу контактного зварювання ребрених плоскоовальних труб

Насамперед, слід вказати, що перед процесом контактного стикового зварювання ребра та плоскоовальної труби слід виконати процес електроіскрового легування, в інакшому випадку, ми не зможемо зварити деталі між собою (рис. 3.3)



а)

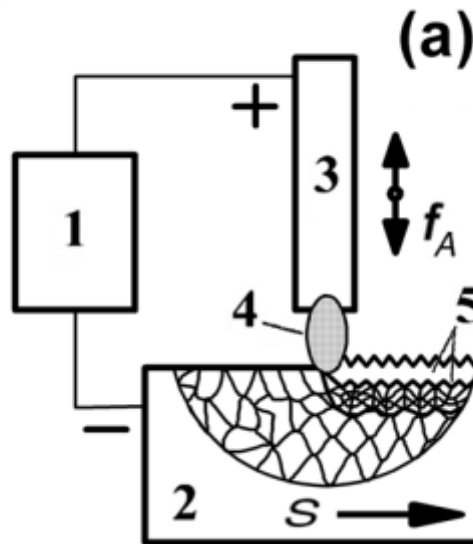


б)

Рисунок 3.3— Зварювання ребра до плоскоовальної труби. а) без прошарку; б) з електроіскровим легуванням.

Тому, вважаю доцільним сперш описати метод електроіскрового легування.

Для проведення ЕІЛ використовувалось стандартне промислове обладнання «Элитрон 22А» (рис. 3.4)[3]. ЕІЛ проводили на повітрі з тривалістю обробки поверхні зразка 1 хв/см². Параметри електричних імпульсів були наступними: тривалість - 200 мкс, енергія - 1,0 Дж, частота - (50 ± 3) Гц. Для генерації електроіскрових розрядів 4 між двома електродами використовувався періодичний випуск електричної енергії, яка була накопичена в конденсаторі 1. Електроди включали катод 2 - оброблюваний зразок і анод 3 - матеріал, призначений для легування поверхні катода.



1 – генератор імпульсів, 2 – анод, 3 – зразок (катод), 4 – іскровий розряд, 5 – модифікований поверхневий шар, S – напрямок зміщення зразка, f_A – частота коливань аноду

Рисунок 3.4 – Схема процесу електроіскрового легування[4]

У процесі ЕІЛ використовувався мідний анод, який мав форму дроту з діаметром від 0,5 мм до 1 мм. Обрані параметри обробки забезпечували формування легованого шару з товщиною в діапазоні від 25 мкм до 50 мкм. Шорсткість поверхні зразка вимірювали за допомогою профілографа П-210, і після проведення ЕІЛ вона становила приблизно Rz від 5 до 10 мкм.

Повернемося до процесу зварювання, зважаючи на особливу форму деталей та в наслідок змін конструкції електродів зварне з'єднання утворюється **контактним стиковим зварюванням опором**. Загалом контактне стикове зварювання опором не дуже добре з'єднує деталі з надто великою різницею поперечних перетинів (що саме є в нашому випадку). А також по причині, що в загальному випадку зварювального струму 20 кА замало для такого зварного з'єднання деталей виготовлених з Алюмінієвих сплавів, для можливості утворення зварного з'єднання, зварювання виконується через прошарок нанесений на одну з поверхонь які контактують, про що було написано трохи

вище. Також слід зазначити, що регулятор циклу контактного точкового зварювання який використовується для такого зварювання використовується не стандартний а спеціальний. Даний регулятор циклу зварювання (РЦЗ) дозволяє виконувати запис осцилограм зварювального струму та напруги а також виконувати зварювання на одному пів періоді (тобто імпульсом тривалістю до 0.01с).

Осцилограм запису типового зварного з'єднання ребра та труби зображено на рисунках 3.5 - 3.8.

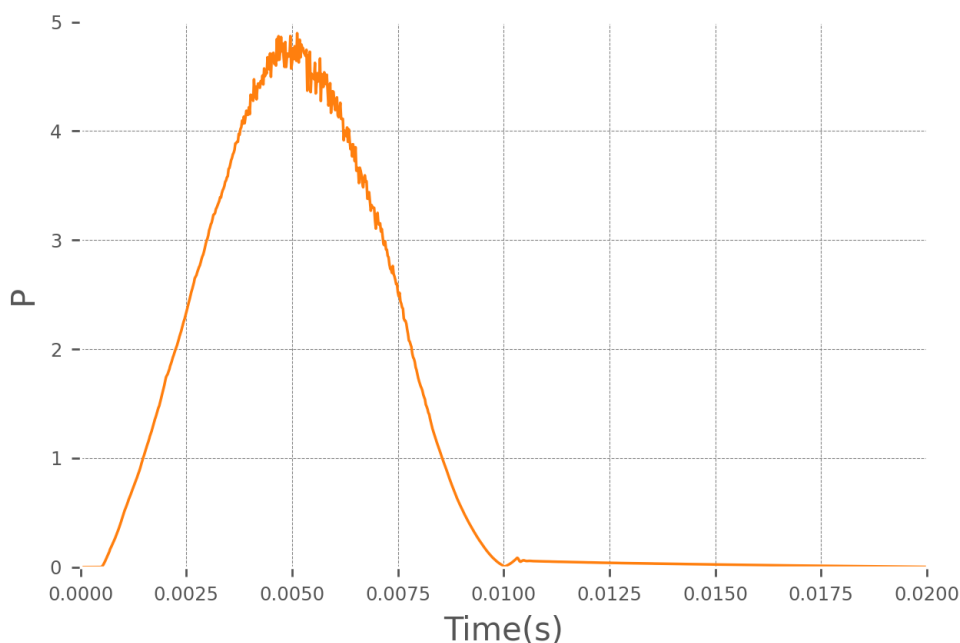


Рисунок 3.5 – Електрична потужність типового зварного з'єднання ребра та труби без прошарку

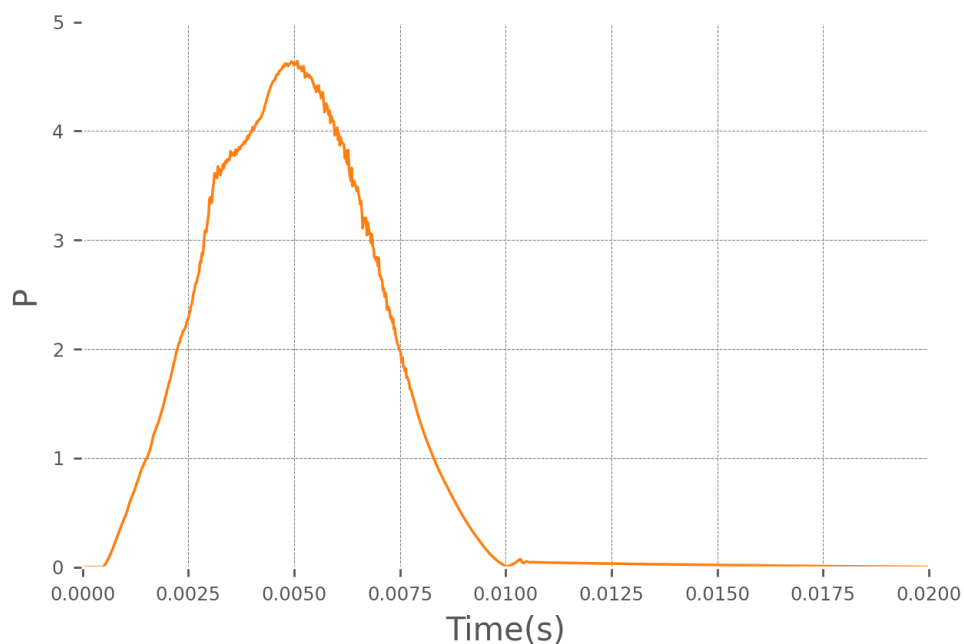


Рисунок 3.6 - Електрична потужність типового зварного з'єднання ребра та труби з прошарком.

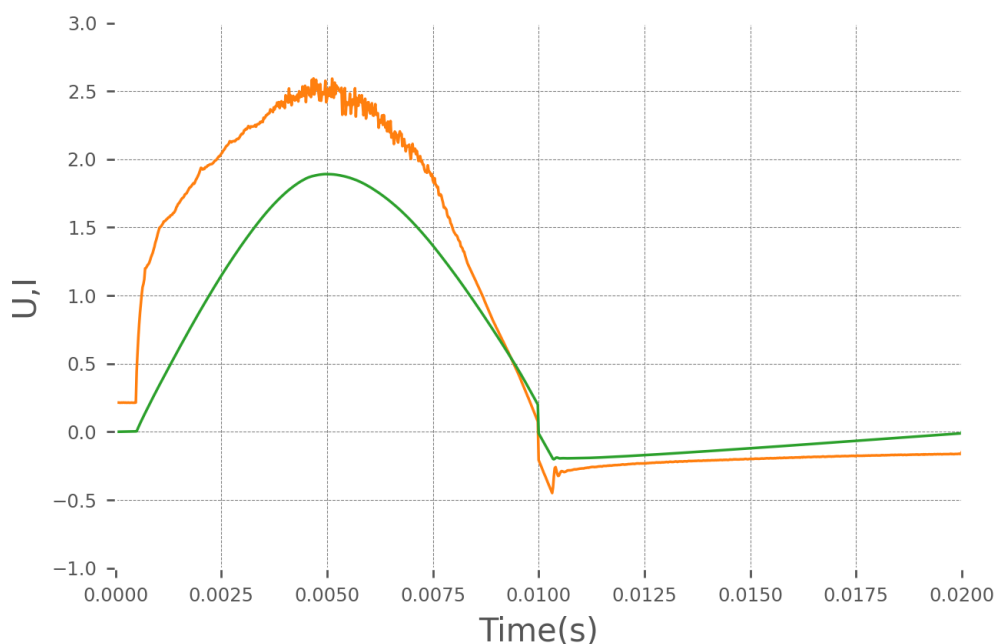


Рисунок 3.7 – Напруга (помаранчевим) та струм (зеленим) що протікають через деталі під час зварювання без прошарку.

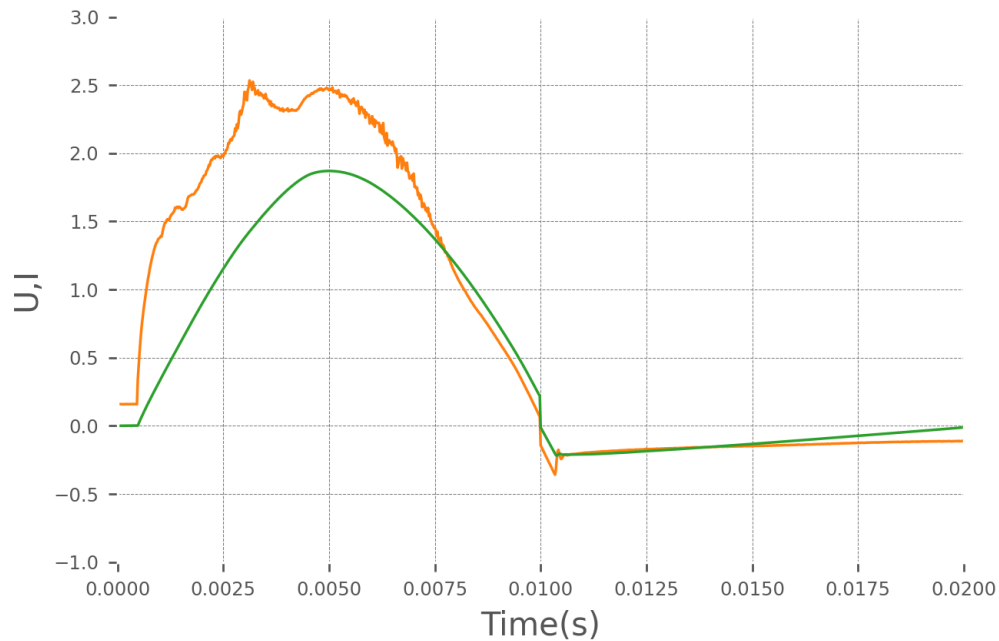


Рисунок 3.8 - Напруга (помаранчевим) та струм (зеленим) що протікають через деталі під час зварювання з прошарком.

Саме ж зварювання відбувається шляхом створення електричного контакту і використання опору між ними для генерації тепла.

Процес зварювання ребра та плоскоовальної труби складається з наступних кроків:

1. Підготовка поверхні: Перед зварюванням ребра та труби необхідно очистити їх поверхні від бруду, окисних плівок та інших забруднень. Це можна зробити за допомогою шліфування, знімання окисів або використання хімічних розчинів. А також провести процес електроіскрового легування, в нашому випадку на поверхню ребра.
2. Підготовка електродів: Електроди, які використовуються для зварювання, повинні бути чистими та відповідно налаштованими. Вони повинні бути вирівняні та правильно встановлені для забезпечення точного контакту з ребром і трубою.

3. Застосування стиску: Ребро та плоскоовальна труба позиціонуються таким чином, щоб вони знаходилися в контакті між електродами. Після цього стискується електродами для забезпечення міцного контакту.
4. Подача струму: Після стиску електроди починають проходити струм через з'єднання ребра і труби. Це створює опір, який приводить до генерації тепла в місці контакту.
5. Формування зварного шва: Генероване тепло плавить ребро і трубу, дозволяючи їм з'єднуватися разом. Після достатнього нагріву струм відключається, і дозволяється зварному шву охолонути та застигнути.
6. Перевірка якості: Після зварювання зварний шов перевіряється на відповідність вимогам, таким як міцність, герметичність та інші характеристики. Це може включати в себе неруйнівні випробування, вимірювання геометричних параметрів та інші методи контролю.

Контактне стикове зварювання опором є швидким і ефективним способом з'єднання ребра та плоскоовальної труби. Воно дозволяє отримати міцний зварний шов з доброю якістю зварювання.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою даного розділу є розробка заходів з метою забезпечення безпеки та зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів під час контактного точкового зварювання на машині MT2202. Такі заходи будуть використовуватись для подальшого дослідження впливу електричних параметрів на якість зварювання та для створення системи моніторингу якості з'єднань.

Для досягнення цієї мети, необхідно провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що виникають під час роботи, а також встановити нормативні вимоги безпеки та гігієни праці. На основі цього аналізу будуть прийняті інженерні рішення, спрямовані на забезпечення безпеки обладнання та пожежної безпеки.

Роботи, які виконуються на електрозварювальних установках, підпорядковуються нормам ДСТУ 2489-94[5], які встановлюють вимоги та правила щодо безпеки під час зварювальних робіт.

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Головними виробничими факторами, які можуть шкодити людині під час контактного зварювання металів згідно з ДСТУ 2489-94[5], є:

1. Зварювальні аерозолі.
2. Рухомі машини, механізми, заготовки і вироби, включаючи приводи стиску, затиску та фіксації.
3. Підвищений рівень шуму на робочому місці.
4. Підвищена температура поверхні устаткування та матеріалів.
5. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Яковенко О.І.			Охорона праці	Літ.	Арк.
Перевір.		Левченко О.Г.					42
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона,	
Н. Контр.							
Затверд.							

6. Підвищений рівень інфрачервоної радіації.
7. Підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може пройти через тіло людини.
8. Підвищений рівень електромагнітних випромінювань.
9. Фізичні перевантаження.

Для запобігання можливим травмам, захворюванням та перенавантаженням робітників необхідно дотримуватись правил безпеки. Розташування робочого місця, підключення машини до електромережі, збереження заготовок та утилізація відходів повинні відповідати вимогам охорони безпеки праці. Робітник, який керує машиною, повинен мати допуск до неї з медичних показань, зокрема щодо джерел сильних магнітних полів. Використання машини для контактного точкового зварювання в інших цілях, крім самого зварювання, заборонено.

Для роботи з машиною контактного точкового зварювання необхідні наступні умови: сухе зачинене приміщення, відсутність зовнішніх вібрацій, горизонтально рівна поверхня та відсутність легкозаймистих парів від рідин та пилу, які проводять струм.

Специфікація технологічного обладнання

Експерименти проводились в лабораторії на кафедрі електрозварювальних установок, що належить до навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона. Для специфікації технологічного обладнання та оснащення лабораторії була створена таблиця 4.1, а план лабораторії зображено на рисунку 4.1 в міліметрах.

Таблиця 4.1 - Специфікація технологічного обладнання та оснащення вибраного приміщення

					3С-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

№	Найменування	Розміри Д/Ш/В, мм	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
1.	MT-2202	1230x470 x1900	Напруга мережі живлення однофазного змінного струму 380 В; Частота мережі живлення 50 Гц Найбільший вторинний струм 15кА Максимальна потужність при короткому замиканні, кВА, не більше 120 Номінальний виліт 500 мм Маса не більше 430кг;	1	1
2.	Стіл для заготовок	800x1700	Стіл відповідає нормам які встановлені у ОНТП 24-86.	1	2
3.	Стіл для готових деталей	50x40	Стіл відповідає нормам які встановлені у ОНТП 24-86.	1	3
4.	Стіл з ПК	650x1000	Стіл відповідає нормам які встановлені у ОНТП 24-86.	1	4

План виробничого приміщення

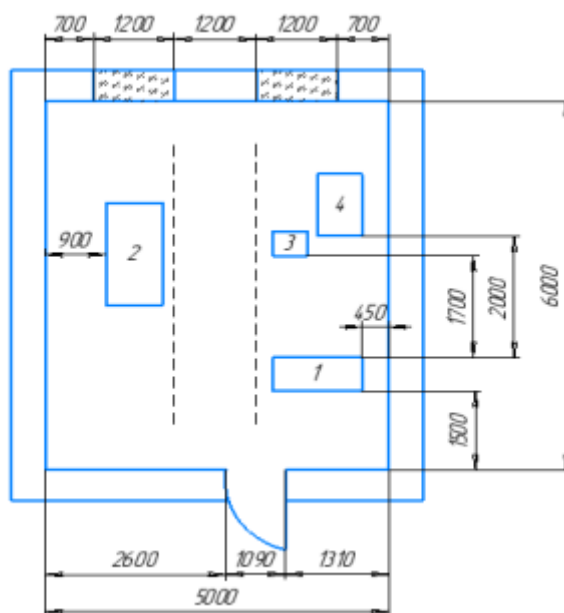


Рисунок 4.1 – План лабораторії для контактної точкового зварювання.

У наведеному плані дотримуються такі параметри, відповідно до ДБН В.2.2-28:2010 [14]:

- Ширина вікон відповідає будівельним нормам і становить 1200 мм.
- Світильники на плані позначаються пунктирною лінією, а їх розміри відповідають ЛПО-01: дволамповий - 1313×255 мм.
- Ширина дверей відповідає будівельним нормам і становить 1090 мм.
- Ширина головних проходів всередині приміщення проектується розміром 1,5 метра.
- Габаритні розміри лабораторії вказані як 5000х6000 мм.
- 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[6].

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- Інтер'єр приміщень і колірне оброблення в складальнозварювальних цехах повинні відповідати ДБН В.2.2-28:2010[6].
- Приміщення повинні бути оснащені витяжною і вентиляцією згідно з ДБН В.2.5-67:2013[7]. 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[7]. 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[7].
- Припливне повітря подається у робочу зону або у напрямку робочого місця. Температура повітря, що поступає в систему вентиляції, має бути не нижче +20 °С згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [8].
- План приміщення розраховувався з урахуванням ДБН В.2.2-28:2010[6].

У таблиці 4.2 наведено нормативні вимоги до об'єму і площі приміщення на 1 працівника та місця розташування технологічного обладнання.

Таблиця 4.2 - 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

Оцінка умов праці

У розділі 4.2 були проаналізовані можливі небезпеки та запобіжні заходи для покращення умов праці. В 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. При зварюванні чистих деталей викидається незначна кількість зварювальних аерозолів та газів у навколишнє середовище. Однак, при зварюванні деталей, які містять ржавчину, масло, емульсії, антикорозійні покриття та інші речовини, утворюється значна кількість аерозолів, що містять шкідливі речовини.

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

В таблиці 4.3 наведені найбільш небезпечні і шкідливі виробничі фактори, пов'язані з контактним точковим зварюванням.

Таблиця 4.3 - Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	МТ-2202	Струм	Небезпека випадкового контакту з неізовльованими частинами електрообладнання під напругою.	Робочий

2	MT-2202	Рухомі частини конструкції та електроди	Підвищення рівня шуму на робочому місці внаслідок удару електрода.	Робочий
3	MT-2202	Рухомі механізми. електромагнітні випромінювання	Механічні ушкодження	Робочий
4	MT-2202	Електромагнітні випромінювання	Підвищений рівень електромагнітного впливу, що впливає на центральну нервову та серцево-судинну системи.	Робочий

Рівень шуму

Рівні звукового тиску, що виникають під час контактного зварювання, відображають ступінь шуму на робочій ділянці згідно з ДСН 3.3.6.037-99[9]. Ці ступені звукового тиску наведені в таблиці 4.4 для загального контактного зварювання, а для машини MT-2202 - в таблиці 4.5 відповідно.

Таблиця 4.4 - Можливий ступінь звукового тиску також рівень шуму на робочому місці в період контактного зварювання[9]

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 4.5 - Рівень звукового тиску і рівень шуму на робочому місці під час контактного зварювання для машини МТ-2202

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	

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[9]. До таких заходів відносяться:

1. Використання колективних засобів захисту відповідно до ДСТУ 7238:2011[10].
2. Використання індивідуальних засобів захисту відповідно до ДСТУ 7239:2011[11].
3. 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.

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

Підвищена напруга в електричному колі

Найбільша кількість випадків електротравматизму, включаючи смертельні випадки, спостерігається при використанні електроустановок з напругою до 1000 В. Головними факторами, які призводять до електротравматизму у виробництві, є наступні:

- Випадкове доторкання до неізовльованих 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.

Електротравми, які можуть виникнути при контакті з провідними, неізовльованими елементами обладнання, включають електричний удар, електричні опіки, металізацію шкіри, електрофтальмію, механічні ушкодження та клінічну смерть.

Максимально допустимі значення напруги дотику та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів роботи електроустановок, коли струм проходить через тіло людини по маршруту "рука-рука" або "рука-нога", визначаються згідно з ДСТУ 7237:2011[12] (таблиці 4.6 та 4.7).

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 4.6 - 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 4.7 - 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 вказує на наявність дефектів, які можуть спричинити виникнення небезпечних ситуацій. З таблиці 4.7 видно, що значення $U_{\text{дот}}$ (напруга дотику) та $I_{\text{л}}$ (сила струму) дійсно залежать від тривалості впливу струму.

Електромагнітні випромінювання

Оскільки напруга, що використовується при точковому зварюванні, не перевищує 600 В, ми не приділяємо уваги електричному полю, створеному навколо джерел живлення. Але значні значення струму, що протікають у вторинних обмотках, призводять до появи сильних магнітних полів. Магнітне поле промислової частоти впливає на центральну нервову та серцево-судинну системи, які реагують навіть на невеликі магнітні поля. Це може призводити до

зниження частоти серцевих скорочень (брадикардія), підвищення артеріального тиску, збільшення тону кровеносних судин та морфологічних змін. Вплив магнітного поля також може спричиняти розлади в роботі внутрішніх органів та викликати геодинамічні порушення. Норми для магнітних полів регламентуються ДСН 3.3.6.096-2002[13]. 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 4.8 показує тривалість перебування людини в магнітному полі з напруженістю вище 1,4 кА/м.

Таблиця 4.8 - 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 випромінювання проводять виміри на відстані від 0,5 до 1,5 метра від установок. За допомогою вимірів рівня випромінювання можна оцінити вплив ЕМП на персонал і вибрати місце розташування пульта керування, а також прийняти комплекс захисних заходів при використанні електрозварювальних установок (ЕЗУ).

При проектуванні заходів з охорони від магнітного поля також враховується розмір поля в робочій ділянці, що вимірюється, і можлива напруженість магнітного поля. Якщо значення напруженості перевищують допустимі норми, необхідні запобіжні заходи. Для організаційно-технічних заходів можуть використовуватись різні методи захисту, зокрема: дотримання безпечної відстані, захист часом, екранування струмопровідних шин, робочих елементів і всієї установки, вибір оптимальних електричних режимів зварювання та розмірів електродів.

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

Де I – найбільший вторинний струм, кА;

r – відстань, на якій проводяться вимірювання, м;

L – сумарна довжина електродів, м;

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

Для захисту від магнітних полів необхідно використовувати відповідні засоби захисту. Організаційні заходи включають раціональне розташування установок, пульта керування і зменшення впливу випромінювання за допомогою захисту часом.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Мінімальна відстань від осі електродів ЕЗУ до робочих місць повинна бути не менше 2-3 метрів. Рациональне розташування пульта керування зварювальними машинами може бути використане як додатковий захист, якщо інші заходи не забезпечують достатнє послаблення інтенсивності випромінювання в робочій зоні. Мінімальний проміжок між пультом керування, м

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

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

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

Інженерно-технічні заходи включають в себе вибір оптимальних електричних режимів зварювання та розмірів електродів, щоб уникнути перевищення допустимої напруженості поля. Також використовується екранування трансформатора, електродів, оброблюваних виробів та струмопровідних шин. Екранування електрозварювальних установок може бути поблочним або загальним. У випадку загального екранування, установка знаходиться в екранованій кабіні, а пульт керування розташовується ззовні кабінки. Кабіна виготовлена з кутової сталі, яка покрита листовою сталлю товщиною 1,5 мм. Також екрануються струмопровідні шини та електроди. Матеріалом для екрана використовується звичайна електротехнічна (трансформаторна) сталь, оскільки має високу магнітну проникність і

коефіцієнт екранування $K_{\Sigma}=2,4$, що є співвідношенням між фактичною та допустимою напруженістю магнітного поля.

Засоби індивідуального захисту включають захисні щитки, окуляри, шоломи та захисний одяг, такі як комбінезони та халати з металовмісної тканини.

Службові приміщення, які розташовані на території об'єкта, слід розміщувати переважно в місцях, захищених від ЕМП (наприклад, в "радіотіні" або "мертвій зоні"). Крім того, їх орієнтацію слід здійснювати таким чином, щоб уникнути опромінення дверей та вікон, а в разі потреби можна застосовувати екранування.

4.2 Інженерні рішення для забезпечення безпеки обладнання

Машини, механізми, заготовки і вироби, які рухаються, в тому числі приводи стискання, затискання та фіксації

Машини для контактного зварювання повинні бути оснащені захисними засобами відповідно до ДСТУ 2489-94[5], які забезпечують безпеку оператора, захищають від бризків металу і забезпечують безпечне спостереження за процесом зварювання. 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.

Електричне обладнання, що використовується у зварюванні, повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01 [14] та ДНАОП 0.00-1.21-98 [15].

Корпус будь-якої електрозварювальної установки потрібно заземлювати згідно з вимогами ПУЕ-2017 [16]. Захисне заземлення та занулення мають бути виконані належним чином.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Забороняється послідовне підключення кількох апаратів до заземлювального провідника.

Розташування захисних пристроїв може обмежити технологічні можливості устаткування під час його використання.

Висновок про небезпечні та шкідливі фактори

Таблиця 4.9 - Нормативні та реальні фактори безпеки, що створюються в технологічному процесі

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

4.3 Нормативні вимоги безпеки та гігієни працівників

У таблиці 4.10 наведено заходи, що забезпечують безпеку праці у даному технологічному процесі.

Таблиця 4.10 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах даного технологічного процесу

№	Група заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні заходи	Система безпеки технологічних процесів включає захисні	а) Забезпечення захисту очей, рук і всього тіла від різних механічних та інших впливів, що можуть виникнути під час роботи з

		огороження, екранування та блокування.	устаткуванням, включаючи рухомі та обертаючі частини, відходи обробки, бризки рідин і т.д. б) Застереження від можливого дотику до струмоведучих частин. в) Захист обслуговуючого персоналу від потрапляння під напругу, яка може бути небезпечною для людини.
2	Режимні	Заборонено куріння та використання відкритого вогню в місцях, які не призначені для цього.	Запобігання пожежі
3	Експлуатаційні	Передбачають проведення оглядів, випробувань та ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного	З метою запобігання неочікуваним випадкам несправності устаткування

		господарства встановленим часом.	
4	Засоби індивідуального захисту	Використання засобів індивідуального захисту, що відповідають вимогам ДСТУ 7239:2011 (наприклад, протишумних навушників 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[11].
- 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 МТ-2202.

- Перед ремонтом та обслуговуванням машини, а також заміною електродів, необхідно вимкнути її, відключити подачу стиснутого повітря та води. Заземлення машини є обов'язковим. На входних затисках може залишатися напруга, тому слід бути обережним. Ремонт та налагодження можуть проводитися тільки кваліфікованими спеціалістами.
- Доступ до електричних схем дозволений тільки електрикам та налагоджувальникам, які мають пов'язану з машиною роботу. Операторам заборонено самостійно виконувати ремонтні роботи.
- Оператори повинні бути забезпечені засобами захисту обличчя і очей відповідно до вимог ДСТУ 7239:2011[11]. Спецодяг і взуття згідно з вимогами ДСТУ 7239:2011[11] 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[11].
- Рівень захисту людини від електричного струму на машині відповідає вимогам ДСТУ 12.0.230:2008 [17].

4.4 Пожежна безпека

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 [18], приміщення, де виконуються зварні роботи, відповідають категорії Г вимог вибухопожежної небезпеки. Це означає, що у таких приміщеннях присутні негорючі речовини та матеріали у гарячому, розплавленому або розжареному стані, а процеси обробки матеріалів супроводжуються виділенням промислової теплоти, іскор та полум'я. Також можуть бути присутні горючі гази, рідини та тверді речовини, які можуть служити паливом або піддаватись утилізації.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Для забезпечення пожежної безпеки виконуються такі заходи:

1. Запобігання спалахів ізоляції при короткому замиканні шляхом застосування максимального струменевого захисту.
2. Уникнення утворення горючих середовищ шляхом сильної герметизації обладнання та обмеженням використання та зберігання горючих та вибухонебезпечних речовин.
3. Використання пожежної сигналізації, таких як датчики пожежі (наприклад, ИДФ-І, ДПІД і т.д.).
4. 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 організації технологічного процесу необхідно дотримуватися вимог щодо електростатичної іскробезпеки. Також потрібно передбачити аварійний злив пожежонебезпечних рідин, аварійне відведення горючих газів з апаратури.

Рекомендується регулярне прибирання робочих місць у цеху, машин від горючих відходів, пилу та пожежонебезпечних відходів виробництва. Також слід замінювати легкозаймисті розчинники і мийні засоби на безпечні технічні мийні засоби. Важливо передбачити різні пристрої, які обмежують поширення пожежі.

У приміщеннях мають бути наявні засоби колективного та індивідуального захисту для робітників від небезпечних наслідків пожежі та диму. Тип електрообладнання, що використовується у приміщенні, повинен відповідати класу зони пожежо- та вибухобезпечності. На ділянках

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

виробничого приміщення, де використовується зварювання, рекомендується встановлювати протипожежні щити з вуглекислотними вогнегасниками, а також мати наявність вуглекислотних багрів, відер, ломів та сокир. Біля щитів рекомендується розміщувати ящики з піском, яку сухість потрібно періодично перевіряти.

Для швидкого тушіння можливих пожеж рекомендується використовувати азбестові покривала. Для автоматичного виявлення пожеж у виробничому приміщенні, де використовується зварювання, рекомендується встановлювати датчики, які своєчасно сповіщатимуть про виникнення пожежі та запуснуть автоматичну систему гасіння пожежі.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Витрати на основні матеріали обраховуються за формулою:

$$C_m = \sum_{i=0}^n H_i * C_i * K_{tr} - H_{vi} * C_{vi}, \quad (5.1)$$

де n – число видів матеріалів;

H_i – норма витрат i -того матеріалу на одиницю продукції в кг;

C_i – ціна 1 кг i -го матеріалу, грн;

K_{tr} – коефіцієнт, що враховує заготівельні та транспортні витрати

($K_{tr} = 1,02$);

H_{vi} – кількість відходів матеріалу;

C_{vi} – ціна 1 кг відходів, грн.

Основним матеріалом є 12Х15Г9НД за ціною 65 грн/кг. Ціна відходів складає 21 грн/кг.

$$C_m(b) = 1,2 \times 65 \times 1,02 - 0,05 \times 21 = 78,51 \text{ грн.}$$

$$C_m(n) = 1,2 \times 65 \times 1,02 - 0,05 \times 21 = 78,51 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію C_e обраховується за формулою:

$$C_e = B_e \times C_e, \quad (5.2)$$

B_e – витрата електроенергії, $B_e(b) = 40$ кВт-год,

					ЗС-91.25.00.000ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Економічний розділ			Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Яковенко О.І..								
Перевір.		Глуценко Я.І.							52	
								КПІ ім.. Ігоря Сікорського, НН ІМЗ ім. Є.О. Патона,		
Н. Контр.										
Затверд.										

$$B_e(n) = 15 \text{ кВт-год} ;$$

C_e - ціна 1 кВт-год, грн 1,68.

$$C_e(b) = 40 \times 1,68 = 67,2 \text{ грн}$$

$$C_e(n) = 15 \times 1,68 = 25,2 \text{ грн}$$

Витрати на заробітну плату робітників з відрахуванням на соціальні потреби C_z обчислюємо за формулою:

$$C_z = \sum_{i=1}^n C_{mi} \times T_{ki} \times K_d \times K_c, \quad (5.3)$$

i - номер операції технологічного процесу;

n - кількість операцій;

C_{mi} - годинна ставка робітника, $C_{ti}(n)=55$ грн,

$C_{ti}(b)=60$ грн;

T_{ki} - час на виконання i -тої операції, год;

K_d - коефіцієнт, що враховує доплати за перепрацьований час та час на додаткову зарплату ($K_d = 1,43$);

K_c - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні потреби, $K_c=1,22$. Отже:

$$C_z(b) = 60 \times 1 \times 1,43 \times 1,22 = 104,68 \text{ грн}$$

$$C_z(n) = 55 \times 1 \times 1,43 \times 1,22 = 95,95 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування

Для того, щоб визначити річну суму амортизації, потрібно вартість, що амортизується поділити на час корисного використання об'єкта за формулою

$$A = C_a : T \quad (5.4)$$

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

де А — річна сума амортизаційних відрахувань;

Са — ціна об'єкта ОЗ, що амортизується;

Т — час корисного використання об'єкта ОЗ (років).

(б) Первісна вартість об'єкта ОЗ становить 70 тис. грн., ліквідаційна вартість — 7 тис. грн., строк корисного використання — 5 років, вартість об'єкта ОЗ, що амортизується, — 63 тис. грн. (70 тис. — 7 тис.), річна сума амортизації за даними прикладу дорівнює 12,6 тис. грн. (63 тис. грн. : 5 років). А на одиницю продукції сума амортизації складає 6,3 грн. (63 тис. грн. : 10000 шт.)

(н) Первісна вартість об'єкта ОЗ становить 45 тис. грн., ліквідаційна вартість — 5 тис. грн., строк корисного використання — 5 років, вартість об'єкта ОЗ, що амортизується, — 40 тис. грн. (45 тис. — 5 тис.), річна сума амортизації за даними прикладу дорівнює 8 тис. грн. (40 тис. грн. : 5). А на одиницю продукції сума амортизації складає 4 грн. (40 тис. грн. : 10000 шт.).

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування можна визначити за формулою:

$$CP = \frac{\sum_{i=0}^n B_{bi} \times K_p \times T_{ki}}{K_v \times \Phi_d}, \quad (5.5)$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт та технічне обслуговування устаткування ($K_p=0,05$);

B_b - балансна ціна устаткування, грн;

T_{ki} - час на використання операції, год;

K_v - коефіцієнт використання устаткування ;

Φ_d - річний фонд часу роботи устаткування, год.

Φ_d визначають за формулою:

$$\Phi_d = D_p \times p_{zm} \times T_{zm} \times K_p, \quad (5.6)$$

D_p - робочі дні за рік 225;

p_{zm} - робочі зміни за день 1;

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$T_{зм}$ - тривалість зміни, год 8;

K_p - коефіцієнт, що враховує планові простой устаткування ($K_p = 0.95$).

Час фонду роботи устаткування дорівнює:

$$\Phi_{\partial} = 225 \times 1 \times 8 \times 0,95 = 1710 \text{ год.}$$

$$B_{\delta}(\delta) = 63000 \times 1,15 = 72450 \text{ грн.}$$

$$B_{\delta}(n) = 40000 \times 1,15 = 46000 \text{ грн.}$$

Базовий варіант:

$$C_p(\delta) = \frac{72450 \times 0,05 \times 1}{1710 \times 0,7} = 1,48 \text{ грн.}$$

Спроектований варіант

$$C_p(n) = \frac{46000 \times 0,05 \times 1}{1710 \times 0,7} = 0,95 \text{ грн.}$$

Витрати, що пов'язані з утриманням та амортизацією площі будівлі
 C_n визначають за формулою:

$$C_n = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \times K_{\phi} \times U_{\phi} \times E_{ki}}{K_v \times \Phi_{\partial}}, \quad (5.7)$$

i - номер операції технологічного процесу;

n - кількість операцій;

F - площа будівлі, що займає устаткування, m^2 (базове $3,3m^2$), спроектоване $3,3m^2$) для базового $K_{\phi} = 4$, для спроектованого $K_{\phi} = 4$

U_{ϕ} - річні витрати на утримання $1 m^2$ площі будівлі, грн ($U_{\phi} = 6000$ грн).

Базовий варіант:

$$C_n(n) = \frac{3,3 \times 4 \times 6000 \times 1}{1710 \times 0,7} = 66,16 \text{ грн}$$

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Спроектований варіант:

$$Cn(n) = \frac{3.3 \times 4 \times 6000 \times 1}{1710 \times 0,7} = 66,16 \text{ грн}$$

Визначення економічної ефективності проектного рішення

Визначаємо питомі капітальні вкладення - K_{num} використовуємо формулу:

$$K_{num} = \frac{\sum_{i=1}^n B^{\delta i} \times T_k i}{K_v \times \Phi_d}, \quad (5.8)$$

$B^{\delta i}$ - вартість устаткування, грн; T_k - час

На виконання операції, год; Φ_d - річний фонд часу роботи устаткування, год; K_v - коефіцієнт використання устаткування.

Таблиця 5.1 – Розрахунки технологічної собівартості

Стаття витрат	Сума витрат	
	Базовий варіант	Спроектований варіант
Витрати на основні матеріали	78,51	78,51
Витрати на технологічну електроенергію	67,2	25,2
Витрати на заробітну плату	104,68	95,95
Амортизаційні відрахування на устаткування	4,5	4
Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування устаткування	1,48	0,95
Витрати на використання	66,16	66,16

робочої площі		
Усього	322,53	270,77

У цьому випадку:

$$B^{bi} = B_{bi} + B_{b.o.i} + F_i \times K_{fi} \times C_m \quad (5.9)$$

B^{bi} - сума балансової вартості устаткування B^{bi} , технологічної оснастки $B_{b.o.i}$ площі будівлі, яку займає устаткування на i -й операції, грн: C_m - ціна 1 м^2 виробничої площі, (6000 грн.);

F - площа будівлі, яку займає устаткування, м^2 ;

Базовий варіант:

$$B^{bi(b)} = 63000 + 3,3 \times 4 \times 6000 = 142200 \text{ грн.}$$

Спроектований варіант:

$$B^{bi(n)} = 40000 + 3,3 \times 4 \times 6000 = 119200 \text{ грн.}$$

Базовий варіант :

$$K_{nit}(b) = \frac{142200 \times 1}{1710 \times 0,7} = 58,21 \text{ грн/шт.}$$

Новий варіант :

$$K_{nit}(n) = \frac{119200 \times 1}{1710 \times 0,7} = 48,8$$

грн/шт

Економія поточних витрат визначають за формулою:

$$E_{п.в} = (C_{nit.б} - C_{nit.н}) \times A, \quad (5.10)$$

$C_{nit.б}$, $C_{nit.н}$ - питома поточна витрата, відповідно до базового та нового варіанту;

A – річний обсяг випуску продукції;

$$E_{п.в} = (322,53 - 270,77) \times 2000 = 103520 \text{ грн.}$$

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Основні техніко-економічні показники, які характеризують базове та прийняте рішення

Показник, одиниці виміру	Значення показників за варіантами	
	Базовий	Спроектований
Річний випуск продукції, од	2000	2000
Собівартість одиниці продукції, грн.	322,53	270,77
Питомі капіталовкладення, грн./од	58,21	48,8
Річна економія поточних витрат, грн.		103520

Висновок:

Проведені розрахунки підтверджують техніко-економічну доцільність використання даного варіанту зварювання прямолінійного шва, тому що виходячи з загального положення та всіх вище перерахованих фактів питома собівартість зменшується з 322,53 грн. до 270,77 грн., через що ми можемо отримати річну економію витрат в обсязі 103520 грн..

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено аналіз існуючих методів зварювання плоскоовальних оребрених труб. Розглянуто метод контактного зварювання труби. Розглянуто особливості та технологічний процес зварювання контактним зварюванням. Розроблені заходи з охорони праці для запобігання надзвичайних ситуацій. На сьогоднішній день я вважаю контактне зварювання найбільш перспективною технологією для виготовлення оребрених плоскоовальних труб. Вона задовольняє вимоги для виробництва таких конструкцій і багатьох інших. У майбутньому я б хотів глибше дослідити тему контактного зварювання, можливо, з розробкою та внесенням значних змін у конструкцію вузлів машини МТ2202.

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук, В.В. Технологія контактного зварювання / В.В. Ковальчук, Л.О. Коротун. – Київ: Наукова думка, 2003. – 208 с.
2. Металознавство: Підручник / [О. М. Бялік, В.С. Черненко, В. М. Писаренко, Ю. Н. Москаленко]; — 2-ге вид., перероб. і доп. - К: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2002. - 384 с
3. Commodities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: - <http://fxcommodities.ru/articles/amg6-gost-4784-97/> - Дата доступу: 21.05.2019.
4. . Wear assessment of composite surface layers in Al-6Mg alloy reinforced with AlCuFe quasicrystalline particles: Effects of particle size, microstructure and hardness / B.N. Mordyuk, G.I. Prokopenko, Yu.V. Milman, et al. // Wear. – 2014. – № 319. – P. 84-95.
5. ДСТУ 2489-94. Система стандартів безпеки праці. Контактне зварювання. Вимоги безпеки.
6. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення
7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування
8. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
9. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
10. ДСТУ 7238:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація
11. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація
12. ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

13. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів

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

15. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів

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

17. ДСТУ 12.0.230:2008 Система стандартів безпеки праці. Системи управління охороною праці. Загальні вимоги

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

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ

					ЗС-91.25.00.000ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73