

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-технічний, інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ
З ПРОЕКТУВАННЯМ ДІЛЬНИЦІ**

Виконав: студент V курсу, групи Із-313
спеціальності (напряму підготовки)
131 Прикладна механіка, Технологія та
устаткування зварювального виробництва

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Керівник

Рецензент

А.С. Сирман
(прізвище та ініціали)

М.І. Андрущенко
(прізвище та ініціали)

О.В. Клімов
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний інститут, інженерно-фізичний факультет
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Магістр
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Технологія та устаткування зварювального виробництва
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТЗВ

д.т.н. О.В. Овчинников
 "20" "12" 2018 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Сирман Артему Сергійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) Вдосконалення процесу зварювального виробництва деталей
узово автомобіля з проектуванням ділянки

Рівень проекту (роботи) М.І. Андрущенко, доцент, к.т.н.,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від "12" грудня 2018 року №389.

Строк подання студентом проекту (роботи) 18 грудня 2018 року.

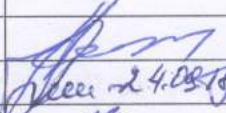
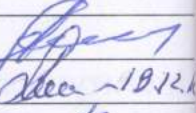
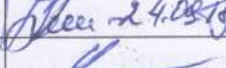
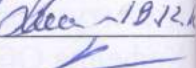
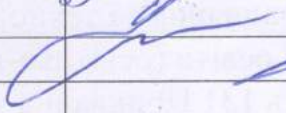
Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі, річна програма випуску, зразки
матеріалу деталі. 3. креслення профілю, різна програма випуску 40 шт.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
 розробити) 1 Аналіз вихідних даних і завдання роботи. 2 Методика проведення
дослідження. 3 Аналіз базового матеріалу. 4 Вибір матеріалу для підвищення
експлуатаційних властивостей виробу. 5 Дослідження і оптимізація режимів
зварювання і зварювальних матеріалів. 6 Розробка технології виготовлення елементу
узово автомобіля. 7 Економічний ефект від впровадження результатів дослідження. 8
охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Аналіз виробу та умов його експлуатації. 2 Профіль. 3 Мікроструктура та твердість
базового алюмінієвого сплаву. 4 Мікроструктура та твердість алюмінієвого сплаву
95. 5 Макроструктура зварних з'єднань, які виконано за різними режимами.
Тріщини в зварних швах, які виконано із різними присадками. 7 Включення кремнію
присадці AlSi. 8 Діаграми стану систем AlSi та AlMg. 9 Техніко-економічні
показники. 10 План ділянки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Проектна частина	доцент, к.т.н. М.І. Андрущенко		
Економічна частина	доцент, к.е.н. В.В. Круглікова		
Охорона праці	доцент, к.т.н. О.В. Нестеров		

7. Дата видачі завдання 10.10.2018

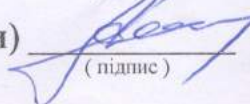
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз вихідних даних і завдання роботи	01.10.18	
2	Методика проведення дослідження	10.10.18	
3	Аналіз базового матеріалу	15.10.18	
4	Вибір матеріалу для підвищення експлуатаційних властивостей виробу	25.10.18	
5	Дослідження і оптимізація режимів зварювання і зварювальних матеріалів	15.11.18	
6	Розробка технології виготовлення елементу кузова автомобіля	25.11.18	
7	Економічний ефект від впровадження результатів дослідження	01.12.18	
8	Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях	10.12.18	
9	Оформлення ДП	14.12.18	
10	Отримання рецензій	18.12.18	
11	Захист дипломних проектів		

Студент


(підпис)А.С. Сирман
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)М.І. Андрущенко
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 84 с., 21 табл., 38 рис., 10 джерел.

Мета - вдосконалити процес зварювального виробництва деталей кузова автомобіля.

Методи дослідження: досліджувальний, розрахунково-графічний.

Об'єкт дослідження – деталь кузова автомобіля – направляючий профіль з алюмінієвого сплаву.

У магістерській роботі досліджено матеріал, з якого вироблено основну деталь. У результаті дослідження підібрали матеріали з більшою зносостійкістю, ніж основна деталь. Розроблено технологію зварювання вставки із сплаву В95.

АВТОМОБІЛЬ, НАПІВПРИЧЕП, ПРОФІЛЬ, ЗВАРЮВАННЯ, СПЛАВ АЛЮМІНІЯ, МІКРОСТРУКТУРА, АНАЛІЗ, ПРИСАДКА, TIG, ВОЛЬФРАМОВИЙ ЕЛЕКТРОД.

ABSTRACT

Thesis: 84 p., 21 tables, 38 figures, 10 literature sources.

The purpose is to improve the process of welding production of parts of the car body.

Methods of research: investigation of microstructure, calculation and graphic.

The object of research is the part of car body - the profile of aluminum alloy.

In the master's work the material from which the basic detail is made are investigated. As a result of the study materials were selected with greater wear resistance than the base material. The technology of welding of insert from the alloy B95 has been developed.

AUTOMOBILE, TRAILER, PROFILE, WELDING, ALUMINIUM ALLOY, MICROSTRUCTURE, ANALYSIS, WRAPPING, TIG, TUNGSTEN ELECTRODE.

ЗМІСТ

Завдання на магістерську роботу	2
Реферат	4
Вступ	8
1 Аналіз вихідних даних і завдання роботи	9
1.1 Загальна характеристика виробу	10
2 Методика проведення дослідження	11
3 Аналіз базового матеріалу.....	14
3.1 Твердість, структура і хімічний склад базового сплаву.....	14
3.2 Дисперсійно зміцнювані алюмінієві сплави	20
4 Вибір матеріалу для підвищення експлуатаційних властивостей виробу	24
4.1 Огляд алюмінієвих сплавів	25
4.2 Дослідження ремонтного сплаву	27
5 Дослідження і оптимізація режимів зварювання і зварювальних матеріалів..	36
6 Розробка технології виготовлення елемента кузова автомобіля	45
6.1 Базова технологія виготовлення елемента кузова автомобіля.....	45
6.2 Нова технологія виготовлення елемента кузова автомобіля.....	46
6.3 Обладнання та матеріали для виготовлення елемента кузова автомобіля ..	47
7 Економічний ефект від впровадження результатів дослідження.....	50
7.1 Технічне нормування операцій	50
7.1.1 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки.....	52
7.1.2 Розрахунок чисельності персоналу ділянки	54
7.2 Планування витрат на виробництво	56
7.2.1 Матеріальні витрати	57
7.2.2 Вартість основних засобів	58
7.2.3 Розрахунок фонду оплати праці	60
7.2.4 Собівартість виробу	64
8 Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях	71

8.1 Аналіз потенційних небезпек.....	71
8.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	72
8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	75
8.4 Заходи з пожежної безпеки	78
8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	80
Висновки	82
Перелік джерел посилання	84

ВСТУП

Для успішного виконання робіт з виробництва елементів кузова автомобіля необхідно з'ясувати з яким саме сплавом маємо справу. Отже потрібно дослідити властивості і структуру базового сплаву

Базовий матеріал за виглядом та густиною складає враження алюмінію або алюмінієвого сплаву. Однак відомо, що чистий алюміній практично не застосовують як конструкційний матеріал через його вкрай невисокі міцнісні характеристики і твердість.

Метою вдосконалення технології виробництва елементів кузова автомобіля є локальне підвищення терміну роботи контактних поверхонь, які виходять з ладу через підвищений знос. Фактично локально профіль зношується до наскрізного отвору. Підвищення локальної стійкості контактної поверхні до зношування за рахунок термічної обробки базового сплаву не є можливим, оскільки виробником матеріал вже піддано оптимальній обробці. Очевидно, що потрібно застосувати інший матеріал з більш високими показниками стійкості до контактного руйнування.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Експлуатацію елементів кузову вантажних автомобілів пов'язано із підвищеним локальним зношуванням від ударів опорними роликами тенту по поверхням направляючих рейок (рис. 1.1). Мета роботи – вдосконалити процес виробництва направляючих рейок таким чином, щоб термін їх експлуатації до ремонту суттєво збільшився.



Рисунок 1.1 – Місце розташування виробу і зовнішній вигляд дефекту

1.1 Загальна характеристика виробу

Виріб є фігурним профілем складного перетину довжиною 13600 мм (рис. 1.2).

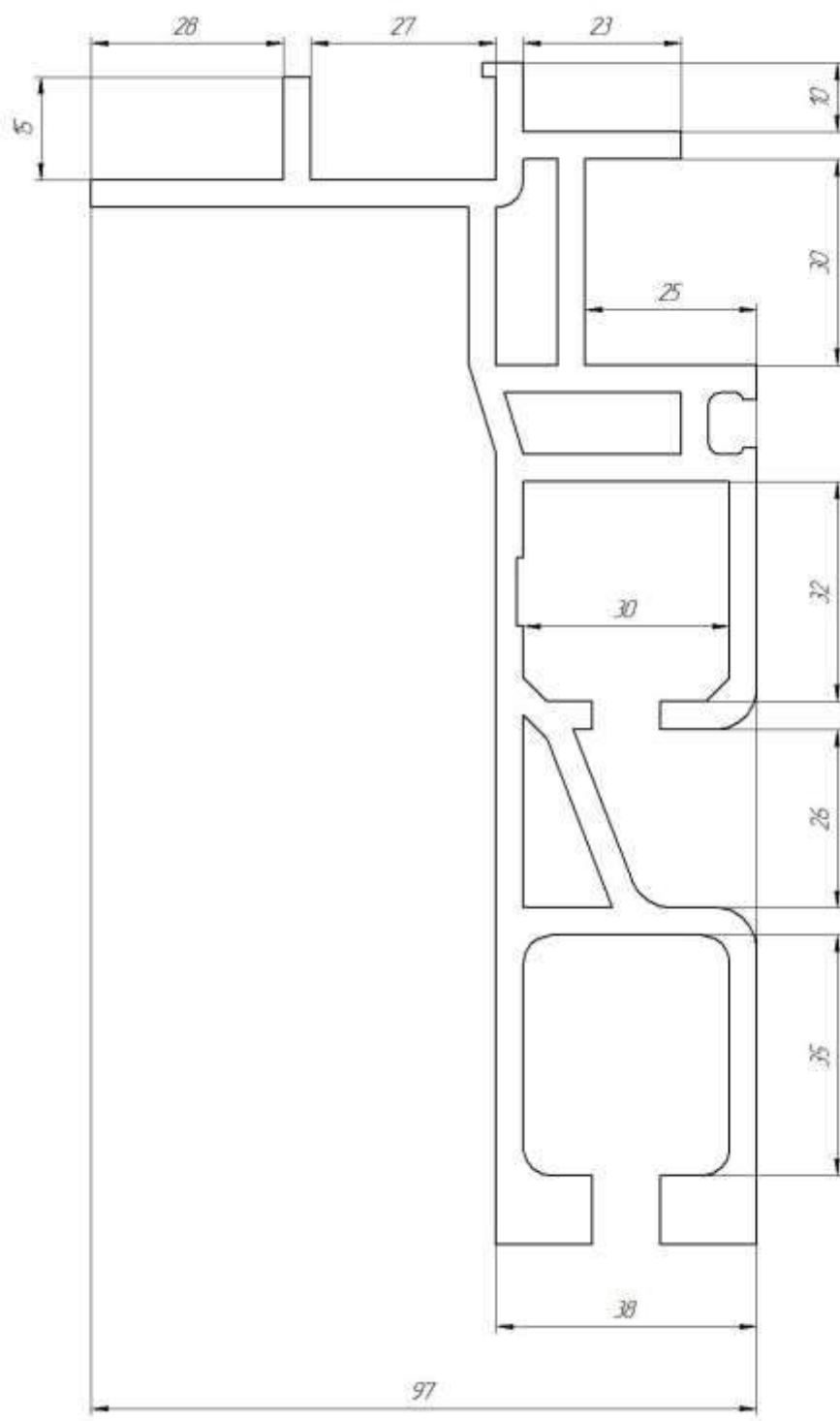


Рисунок 1.2 – Вигляд направляючого профілю кузова автомобіля

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження твердості, мікроструктури та хімічного складу базового і ремонтного матеріалів застосовано таке лабораторне обладнання: твердомір Вікерсу ТВП-5012 (рис. 2.1, навантаження 98 Н), стереомікроскоп Intralux 4000-1 (рис. 2.2, збільшення до $\times 100$), оптичний мікроскоп Olympus GX-71 (рис. 2.3, збільшення до $\times 1000$), скануючий електронний мікроскоп JEOL JSM-7000F (рис. 2.4, збільшення до $\times 50000$).



Рисунок 2.1 – Твердомір ТВП-5012



Рисунок 2.2 – Стереоскоп Intralux 4000-1

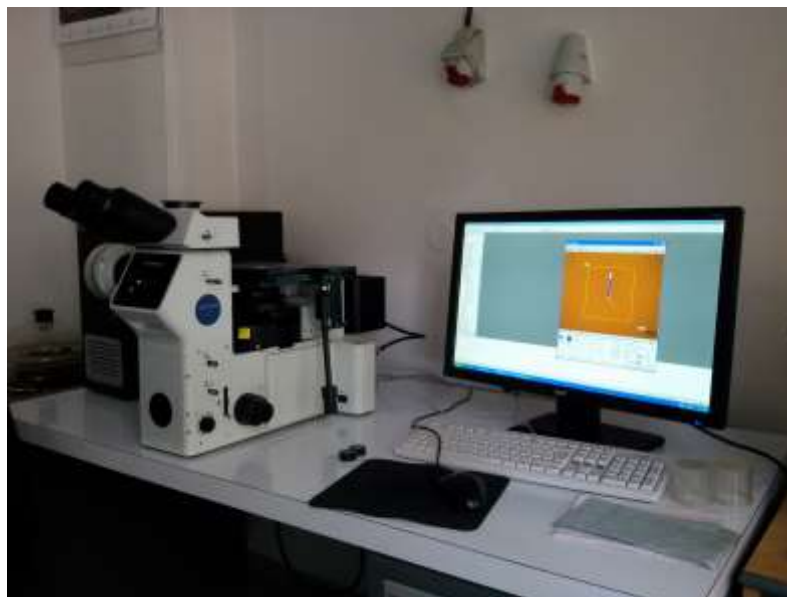


Рисунок 2.3 -Оптический микроскоп Olympus GX-71



Рисунок 2.4 - Field Emission Scanning Electron Microscope JEOL JSM-7000F

Підготовку шліфів зразків базового, ремонтного матеріалів ті їх зварних з'єднань здійснювали механічним поліруванням на абразивних кругах різної зернистості з подальшим травленням у 3% розчині HNO_3 .

Зварювання зразків виконували ручним аргано-дуговим зварюванням вольфрамовим електродом з присадками Al-Si5 та Al-Mg5.

3 АНАЛІЗ БАЗОВОГО МАТЕРІАЛУ

Для успішного виконання робіт з виробництва елементів кузова автомобіля необхідно з'ясувати з яким саме сплавом маємо справу. Отже потрібно дослідити властивості і структуру базового сплаву.

3.1 Твердість, структура і хімічний склад базового сплаву

Базовий матеріал за виглядом та густиною складає враження алюмінію або алюмінієвого сплаву. Однак відомо, що чистий алюміній практично не застосовують як конструкційний матеріал через його вкрай невисокі міцнісні характеристики і твердість. Це підтверджують вимірювання твердості (табл. 3.1). За результатами вимірювань твердість склала 105,6 HV10. Така твердість значно перевищує твердість чистого алюмінію (15 HV), заліза (80 HV), та знаходиться на рівні відпаленої сталі Ст3. Таким чином, результати вимірювання твердості свідчать про наявність деякого алюмінієвого сплаву.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювання твердості базового матеріалу

Діагональ, мкм	Твердість HV10
1	2
0,412	109,2
0,41	110,3
0,419	105,6
0,431	99,8
0,41	110,3
0,421	105,1
0,416	107,7
0,425	102,7

Продовження таблиці 3.1

1	2
0,426	102,2
0,425	102,7
Середня	105,6
Станд. відхилення	3,71
95% довірчий інтервал	2,30
Відповідна твердість HB	105

Відомості про хімічний склад базового матеріалу отримати не виявилось можливим оскільки виробник інформацію не розкриває. Тому досліджено мікроструктуру та локальний хімічний склад засобами скануючої електронної мікроскопії та EDX аналізу.

Мікроструктуру зразків за різного збільшення наведено на рис. 3.1-3.3.

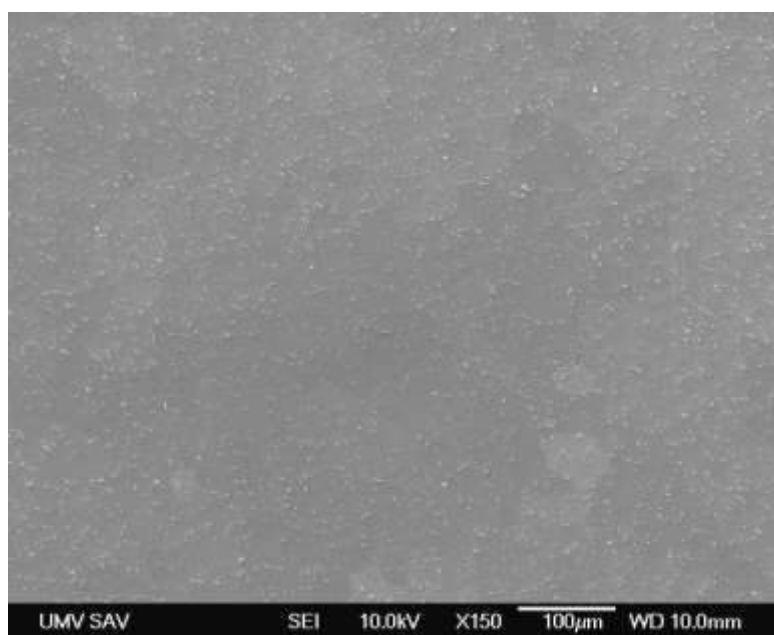


Рисунок 3.1 – Мікроструктура базового сплаву, x150

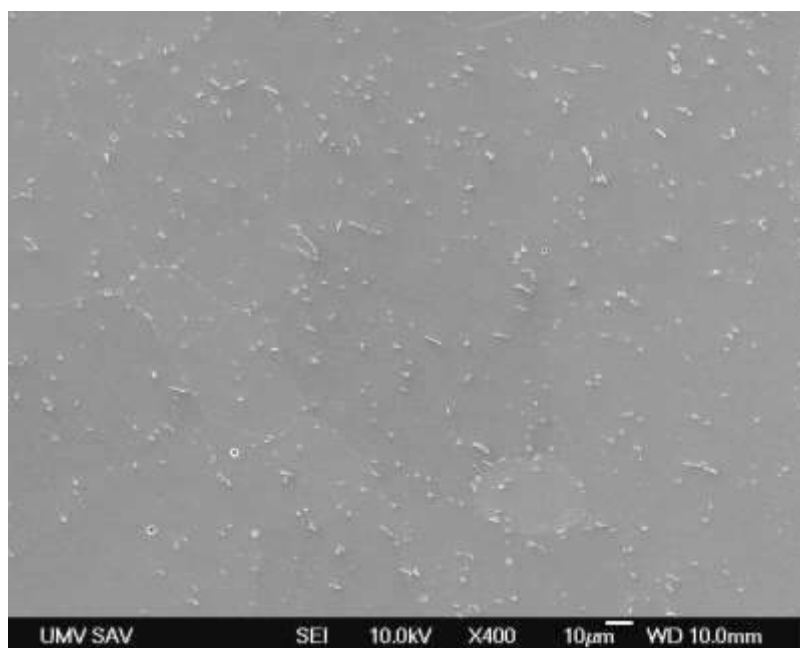


Рисунок 3.2 – Мікроструктура базового сплаву, x400

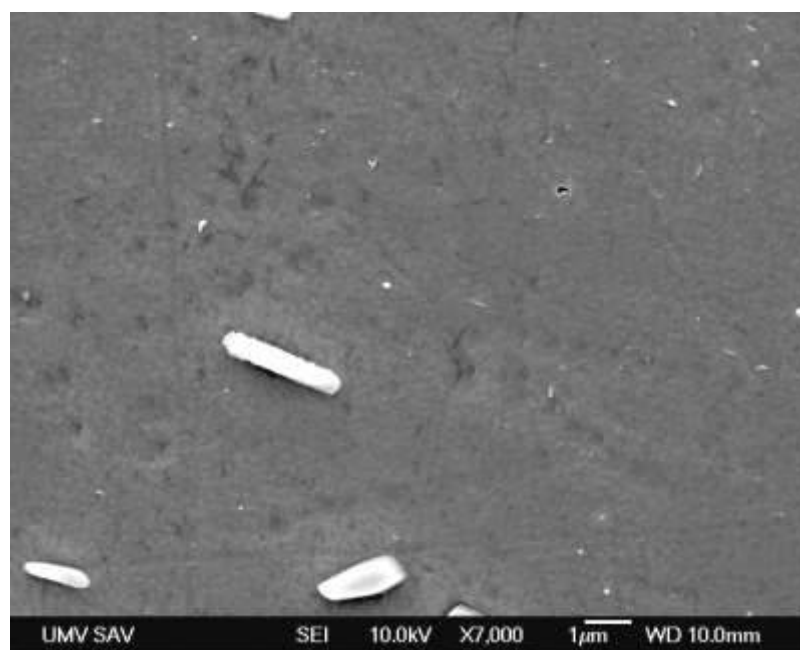


Рисунок 3.3 – Мікроструктура базового сплаву, x7000

Результати локального хімічного аналізу наведено нижче.

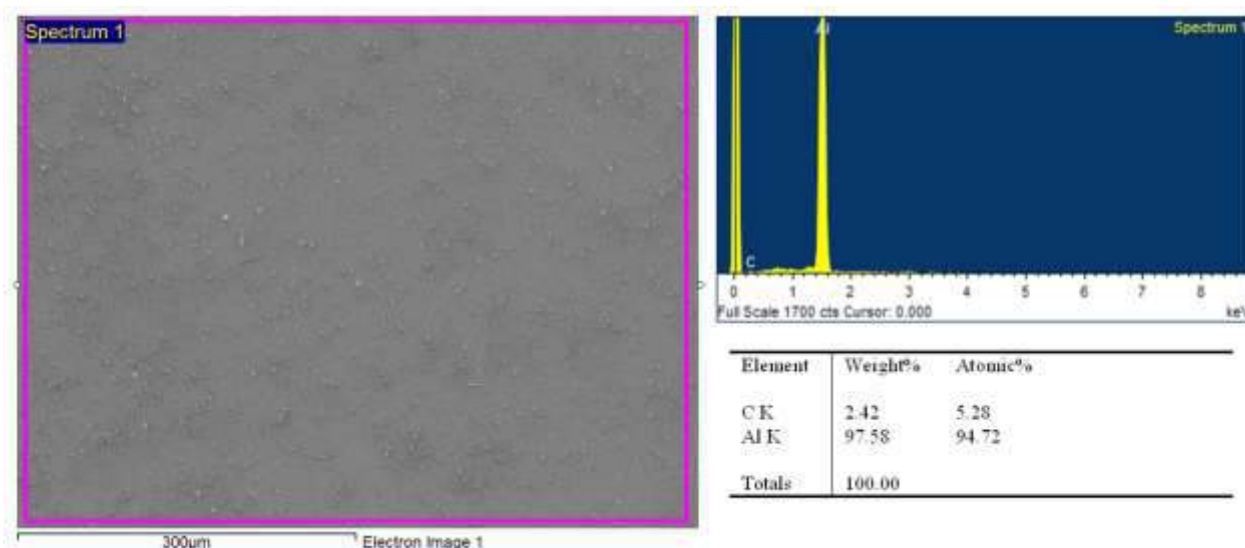


Рисунок 3.4 – Результат хімічного аналізу базового сплаву по площі

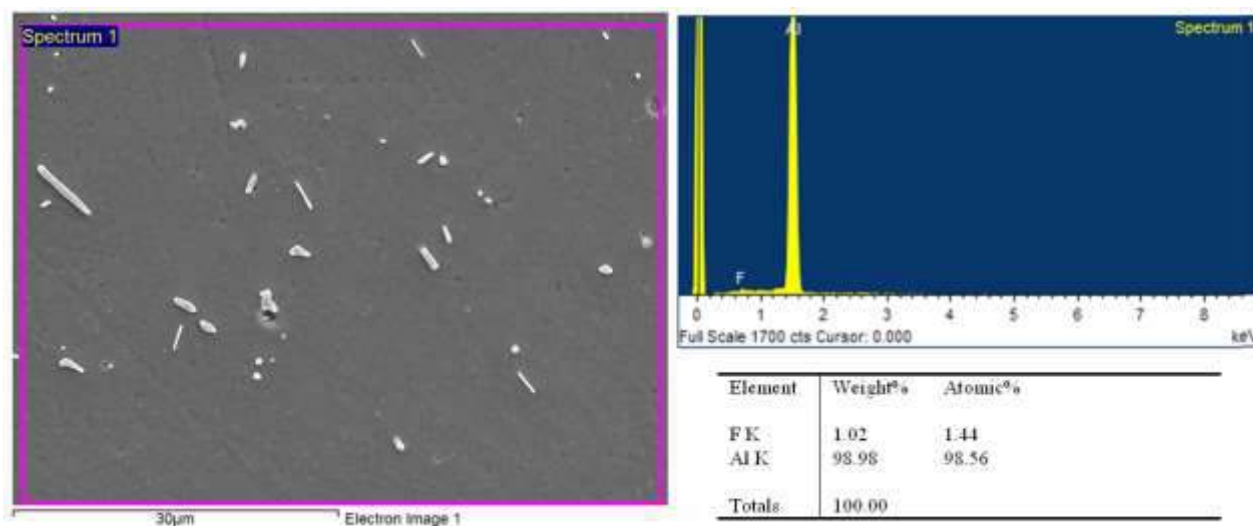


Рисунок 3.5 – Результат хімічного аналізу базового сплаву по площі

Хімічний аналіз по площі при різних збільшеннях (рис. 3.4, 3.5) показав наявність лише алюмінію. Присутність вуглецю як складової багатьох органічних сполук та фтору може бути обумовленим різними факторами (остаточне забруднення поверхні, залишки органічного розчинника). Звертає увагу те, що крім алюмінію ніяких елементів, що зазвичай входять до складу алюмінієвих сплавів, аналіз не виявив. Тому зроблено аналізи металевої матриці і включень іншої фази в точках (рис. 3.6 – 3.8).

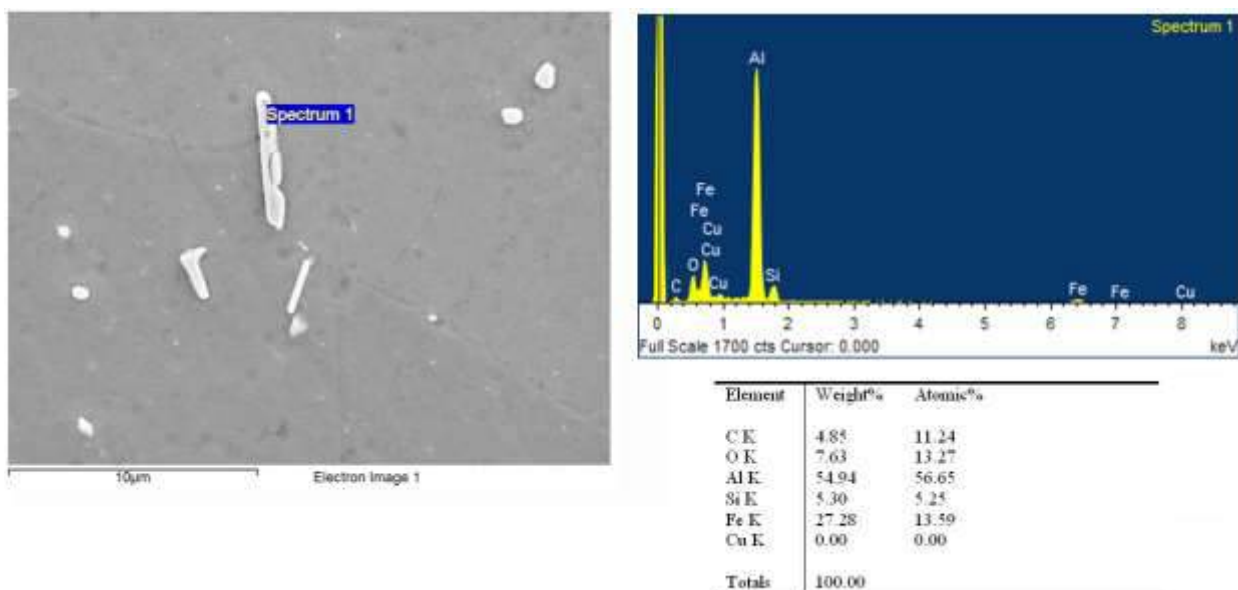


Рисунок 3.6 – Результат хімічного аналізу великого включення іншої фази

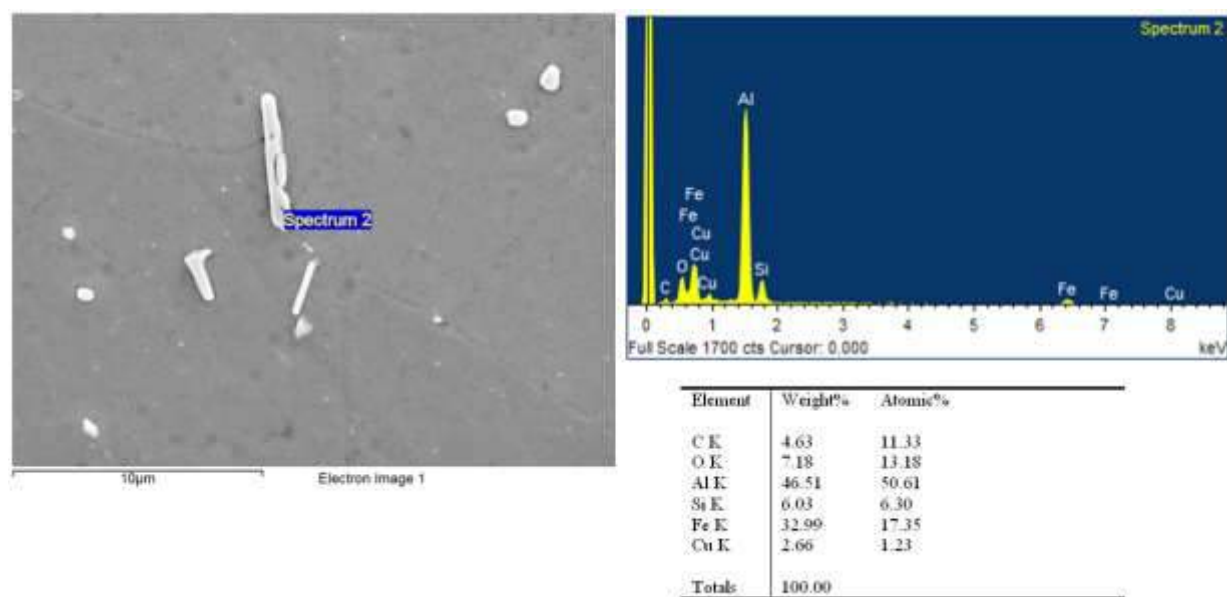


Рисунок 3.7 – Результат хімічного аналізу великого включення іншої фази

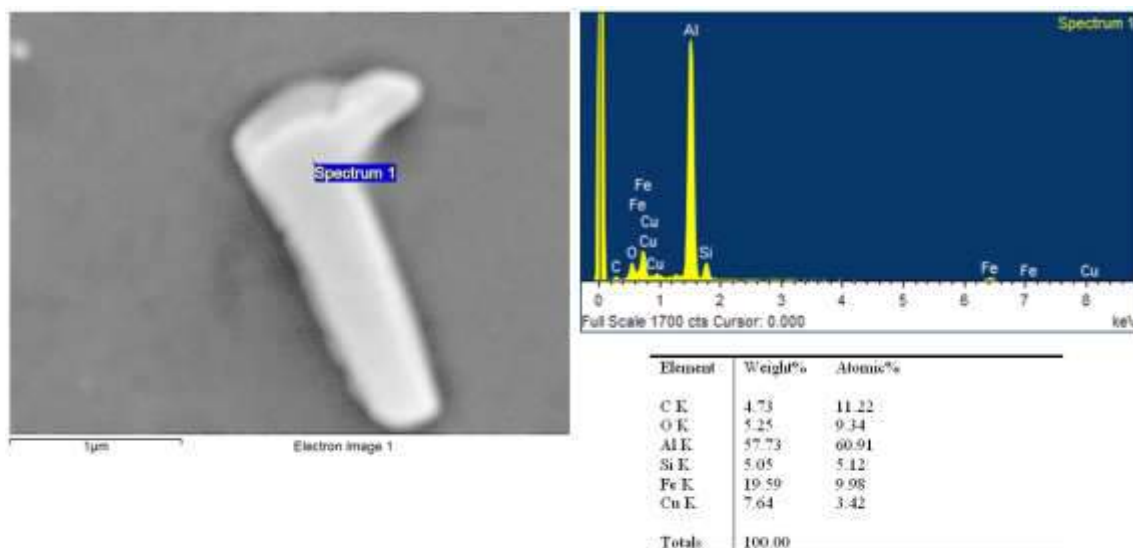


Рисунок 3.8 – Результат хімічного аналізу великого включення іншої фази

Результати локального хімічного аналізу включень іншої фази свідчать про наявність в кремнію та міді. Про вуглець сказано вище, наявність кисню і заліза у практично рівному співвідношенні ймовірно свідчить про присутність окису заліза, який міг потрапити на шліф під час обробки зразка.

Як свідчить аналіз мікроструктури (див. рис. 3.1-3.3, в) в сплаві присутні частинки значно меншого розміру. Тому проведено локальний аналіз однієї з таких частинок (рис. 3.9).

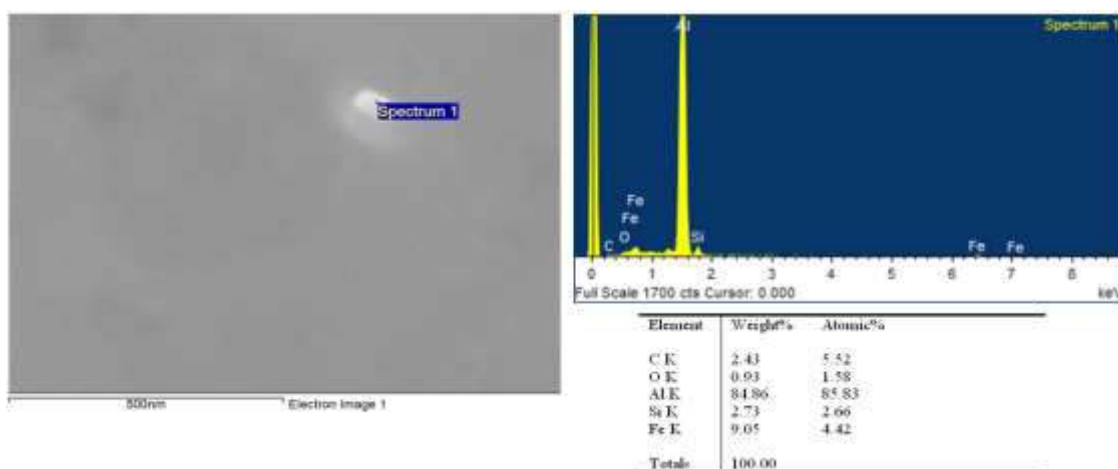


Рисунок 3.9 – Результат хімічного аналізу дрібного включення іншої фази

Результат аналізу ідентичний до результату для великого включення якщо не враховувати відсутність міді. Оскільки метою дослідження базового сплаву не було точне встановлення хімічного складу, а лише виявлення типу матеріалу, подальші хімічні аналізи не проводили.

Таким чином, в результаті дослідження твердості, структури і локального хімічного складу базового матеріалу приходимо до висновку, що це є сплав алюмінію із кремнієм і можливо міддю, який піддано спеціальній термічній обробці, скоріш за все гартуванню без поліморфного перетворення з подальшим старінням пересиченого твердого розчину.

3.2 Дисперсійно зміцнювані алюмінієві сплави

Старіння — це термічна обробка, при якій у сплаві, підданому гартуванню без поліморфного перетворення, головним процесом є розпад пересиченого твердого розчину.

У 1906 р. німецький інженер Альфред Вільм відкрив явище природного старіння, виявивши, що вилежування загартованого сплаву алюмінію з міддю і магнієм (дуралюмину) при кімнатній температурі приводить до підвищення твердості.

Вільм отримав патент на спосіб облагороджування дуралюмінів, який складався з гартування сплавів з подальшим природним старінням, у результаті якого підвищуються твердість, межі міцності і текучості.

У 1919 р. американські дослідники Меріка, Фальтенберг і Скотт опублікували знамениту статтю, в якій вперше було дано аналіз природи старіння дуралюмину. Меріка висунув гіпотезу, згідно з якою старіння дуралюмину пов'язане зі змінною розчинністю з'єднання CuAl_2 в алюмінії. При нагріві сплаву з'єднання CuAl_2 переходить у твердий розчин і не встигає знову виділитися під час швидкого охолодження (гартування), а наступне

вилежування сплаву при кімнатній температурі приводить до постійного виділення з пересиченого розчину дуже дисперсних і тому невидимих під мікроскопом частинок CuAl_2 , які і викликають зміцнення. Ця гіпотеза просто і переконливо пояснила експериментальні дані, що були відомими на той час.

Відсутність зміцнення під час витримки загартованого зразка при -180°C було пояснено низькою швидкістю утворення виділень, а поява зміцнення з підвищенням температури вилежування до кімнатної і до 100°C пов'язувалося з тим, що рухливість атомів ставала достатньою для, виділення CuAl_2 у дисперсній формі. Зростання твердості під час старіння при 200°C , досягнення максимуму міцності і подальше зниження твердості були пояснені утворенням часток CuAl_2 з певною мірою дисперсності, відповідній максимальній твердості, і подальшою коагуляцією цих частинок.

Збільшення ефекту зміцнення при старінні в результаті підвищення нагріву під гартування легко було пов'язати з повнішим розчиненням CuAl_2 при нагріванні, утворенням більш пересиченого розчину при гартуванні і відповідно появою при старінні більшого числа дисперсних виділень з такого розчину.

Джеффріс і Арчер в 1921 р. розвинули гіпотезу дисперсійного зміцнення Меріка і запропонували загальну теорію зміцнення сплавів дисперсними частинками будь-якого походження. Згідно цієї теорії, тверді дисперсні частинки, що діють як «шипи», «заклинюють» площини ковзання і викликають зміцнення сплаву. При коагуляції частинок, коли сумарний їх об'єм не змінюється, а лише зменшується їх чисельність, багато площин ковзання звільняються від «шипів» і відбувається знеміцнення. Максимуму твердості і міцності відповідає деяка критична міра дисперсності твердих частинок. Така міра дисперсності легко досягається при розпаді пересичених твердих розчинів.

Первинна теорія, що пояснює зміцнення дуралюмініу при кімнатному старінні виділенням з пересиченого твердого розчину частинок CuAl_2 , вже в 20-і роки зіткнулася з рядом протиріч. Виділення CuAl_2 і відповідно збіднення твердого розчину міддю повинно було б привести до зниження електроопору, а насправді електроопір при природному старінні зростає.

Далі, із виділенням CuAl_2 з твердого розчину повинен був би збільшуватися період його ґраток із-за меншого (ніж в алюмінію) атомного діаметру міді, розчиненої способом заміщення. Проте рентгенівські дослідження не виявили зміни періоду ґраток.

При досягненні сплавом максимальної твердості, і лише після перестарювання при підвищених температурах, коли відбувалося знеміцнення, період ґраток зростав, що прямо вказувало на виділення CuAl_2 з пересиченого розчину.

Враховуючи ці протиріччя і велике число інших нових експериментальних фактів, Меріка в 1932 р. запропонував наступне пояснення зміцнення при старінні, що являлося розвитком його первинної гіпотези. Зміцнення при будь-яких температурах старіння відбувається в часі. Витримка необхідна для розвитку дифузійних процесів, що є в основі розпаду пересиченого твердого розчину. При підвищених температурах дифузія атомів міді забезпечує власне виділення частинок CuAl_2 , що «заклинюють» площини ковзання. При кімнатній температурі дифузійні процеси лише готують твердий розчин до утворення кристалів CuAl_2 , самі ж частинки CuAl_2 не виділяються. Меріка висловив припущення, що унаслідок дифузії в пересиченому твердому розчині утворюються скупчення, сегрегати атомів міді, не відособлені від ґраток матриці поверхнями розділу. Будова цих областей в алюмінієвому твердому розчині виходить такою, яка необхідна для подальшого виникнення частинок CuAl_2 або ж деякої проміжної метастабільної сполуки. Через скупчення атомів міді повинне відбуватися місцеве стискання ґраток, і такі сильно спотворені ділянки твердого розчину утрудняють ковзання при пластичній деформації, викликаючи зміцнення.

Ці передбачення блискуче виправдалися. У 1935 р. німецькі дослідники Вассерман і Вірте на стадії максимального зміцнення сплавів Al—Cu рентгенографічно виявили утворення у пересиченому розчині проміжкової фази (яку тепер позначають як Θ -фазу на відміну від рівноважної фази

CuAl_2), а в 1938 р. Гін'є у Франції і Престон в Англії незалежно один від одного тлумачили ефекти дифузного розсіяння на лауєграмах природно постарілих монокристалів Al—Cu як результат утворення у пересиченому розчині малих областей, збагачених міддю. Пізніше ці області були названі зонами «Гін'є—Престона».

Таким чином, вихідне положення теорії Меріка про те, що старіння сплавів пов'язане зі змінною розчинністю надлишкової фази, а зміцнення при старінні відбувається у результаті утворення дисперсних виділень при розпаді пересиченого твердого розчину, в основі своїй виявилось правильним і виключно плідним, хоча це первинне положення з часом зазнало ряд істотних уточнень і було пізніше доповнене уявленнями про роль передвиділень і проміжкових фаз.

Вся історія виникнення і розвитку уявлень про старіння сплавів є вельми повчальною. Відкриття Вільмом старіння дуралюмину важко переоцінити, але воно саме по собі не могло стати базою для розробки нових старіючих сплавів, оскільки абсолютно не зрозуміло, яка природа цього загадкового для того часу явища і в яких сплавах його слід було чекати.

Створення основ теорії старіння — це яскравий приклад того, як наукова гіпотеза, що правильно відобразила природу нового важливого явища у загальних рисах, слугувала фундаментом для подальшого швидкого прогресу в галузі теоретичного і прикладного металознавства. Якщо в період після відкриття Вільмом старіння дуралюмину і до появи теорії Меріка не було знайдено жодного старіючого сплаву, то після публікації цієї теорії вже в 20-і роки старіння було передбачене і виявлене в десятках сплавів алюмінію, заліза, міді, нікелю та інших металів, були розроблені нові промислові сплави, що зміцнюються старінням. Починаючи з 30-х років швидко наростав потік інформації про структурні зміни при старінні у різних групах сплавів. У останні три десятиліття найбільш важливі результати були отримані за допомогою методу електронної мікроскопії, що дозволило «побачити» дисперсні утворення.

4 ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБУ

Метою вдосконалення технології виробництва елементів кузову автомобіля є локальне підвищення терміну роботи контактних поверхонь, які виходять з ладу через підвищений знос. Фактично локально профіль зношується до наскрізного отвору. Підвищення локальної стійкості контактної поверхні до зношування за рахунок термічної обробки базового сплаву не є можливим, оскільки виробником матеріал вже піддано оптимальній обробці. Очевидно, що потрібно застосувати інший матеріал з більш високими показниками стійкості до контактного руйнування.

Підібрати матеріал з більш високою зносостійкістю, ніж у алюмінієвого сплаву, не дуже складно. Будь-яка сталь навіть з не дуже великим вмістом вуглецю після звичайного гартування буде володіти набагато більшою зносостійкістю. Але разом із підвищенням зносостійкості виникнуть проблеми зварюваності нового матеріалу із базовим сплавом. Скоріш за все, всі переваги від підвищення зносостійкості будуть зведені нанівець ускладненням технології зварювання [1], якщо взагалі якісне зварювання виявиться можливим. Через це було прийнято рішення не міняти матеріал в принципі, але провести пошук з метою встановлення такого сплаву, який би володів найбільшою твердістю (і, отже, зносостійкістю) серед усіх алюмінієвих сплавів. Після встановлення такого матеріалу необхідно провести експериментальні дослідження з метою оптимізації технології зварювання базового і нового сплаву.

4.1 Огляд алюмінієвих сплавів

Огляд алюмінієвих сплавів [2] показує, що найбільш прийнятими матеріалами для досягнення мети роботи є сплави системи легування Al-Zn-Mg і Al-Zn-Mg-Cu.

Ефект зміцнення сплавів системи Al-Zn-Mg при термічній обробці був відкритий Майснером і Зандером у 1924 р. Відтоді і дотепер ці сплави привертають увагу металознавців усього світу. Перспективність системи Al-Zn-Mg для розробки промислових сплавів обумовлено тим, що з усіх легувальних компонентів цинк і магній відрізняються найвищою розчинністю в алюмінії при підвищених температурах (цинк 70 %, магній 17,4 %), але розчинність різко зменшується при охолодженні.

Сплави системи Al-Zn-Mg із сумарним вмістом 10-12 % (Mg + Zn) і добавками марганцю, які розроблено в 30-х роках XX століття в СРСР і Німеччині, характеризувалися гарним сполученням механічних властивостей ($\sigma_b > 580$ МПа, $\sigma_{0,2} > 500$ МПа, $\delta > 10$ %), однак не знайшли застосування внаслідок різко вираженої схильності до корозії під напруженням. Тому ці сплави надалі почали додатково легувати міддю, що підвищує опір сплавів корозії під напруженням.

У 40-х роках XX сторіччя у розроблено новий високоміцний сплав В95 системи Al-Zn-Mg-Cu, що перевершує за міцністю дуралюміні. Одночасно подібний сплав (7075) був отриманий у США. В наступні роки розроблено інші високоміцні сплави системи Al-Zn-Mg-Cu, склади яких наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вміст легувальних елементів і домішок у промислових сплавах системи Al-Zn-Mg-Cu [2013-1]

Сплав	Содержание компонентов и примесей, %							
	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Zr	Fe	Si
B95	6,0	2,3	1,7	0,4	0,18	–	≤0,5	≤0,5
B95пч	5,75	2,3	1,7	0,4	0,18	–	≤0,25	≤0,1
B95оч	5,75	2,3	1,7	0,4	0,18	–	≤0,15	≤0,1
B96Ц	8,5	2,65	2,3	–	–	0,15	≤0,4	≤0,3
B96Ц-3	8,1	2,0	1,7	–	–	0,15	≤0,2	≤0,1
B93	6,9	1,9	1,0	–	–	–	0,2÷0,4	≤0,2
B93пч	6,9	1,9	1,0	–	–	–	0,2÷0,4	≤0,1
1933	6,9	1,9	1,0	–	–	0,12	≤0,15	≤0,1

Високоміцні алюмінієві сплави маркують буквою В. Вони відрізняються високою межею міцності (600...700 МПа) і близькою до нього за значенням границею плинності. Як вказано вище, високоміцні сплави відносяться до системи Al-Zn-Mg-Cu і містять добавки марганцю або хрому і цирконію. Цинк, магній і мідь утворюють фази, що володіють змінною розчинністю в алюмінії ($MgZn_2$, $CuMgAl_2$ і $Mg_3Zn_3Al_2$). При 480°C ці фази переходять у твердий розчин, що фіксується гартуванням. При штучному старінні відбувається розпад пересиченого твердого розчину з утворенням дрібнодисперсних часток метастабільних фаз, що викликають максимальне зміцнення сплавів. Найбільше зміцнення викликають гартування (465...475°C) і старіння (140°C) протягом 16 г. Після такої обробки сплаву B95 межа міцності досягає 600 МПа, границя плинності - 550 МПа, відносне подовження - 12%, K_{1C} - 30 МПа·м^{1/2}, КСТ - 30 КДж/м² і твердість - до 150 НВ.

Сплави застосовують для високонавантажених деталей конструкцій, що працюють в основному в умовах напруження стиску (обшивки, стрингери, шпангоути, лонжерони літаків).

Таким чином, за результатами огляду властивостей алюмінієвих сплавів для підвищення ресурсу елементів кузова автомобіля обираємо сплав В95. Для проведення досліджень придбано деяку кількість цього сплаву.

4.2 Дослідження ремонтного сплаву

Результати вимірювання твердості сплаву, який вважається сплавом В95, наведено у табл. 4.2. Результати вимірювання твердості свідчать про значно більшу твердість, ніж для базового сплаву. Фактична твердість 170 HV виявилася навіть дещо більшою за очікувану (150 HV).

Таблиця 4.2 – Результати вимірювання твердості досліджуваного сплаву

Діагональ, мкм	Твердість HV10
0,326	174
0,332	168
0,333	167
0,330	170
0,332	168
0,327	173
Середня	170
Станд. відхилення	2.90
95% довірчий інтервал	2,30
Відповідна твердість HB	170

Мікроструктуру ремонтного сплаву наведено на рис. 4.1-4.3. Аналіз мікроструктури показує, що сплав є подібним до базового сплаву (див. рис. 3.1-3.3). Проте, кількість дрібнодисперсної зміцнюючої фази виявляється більшою. Стрічкове розташування великих частинок зміцнюючої фази дозволяє припустити, що сплав крім старіння піддано також механічному або термомеханічному зміцненню. Можливо,

термомеханічне зміцнення і обумовлює підвищення твердості з очікуваних 510 HV до фактичних 170 HV.

Розмір частинок дрібнодисперсної зміцнюючої фази (рис. 4.4-4.5) складає близько 100 нм, або навіть менше. Це дозволяє вести річ про наноструктурне зміцнення.

Результати хімічного аналізу ремонтного сплаву показують (рис. 4.6 - 4.8), що крім алюмінію, який, природно, є в абсолютній більшості, в сплаві присутні Mg та Zn (кисень, як і раніше, не враховуємо). Це частково підтверджує припущення, що досліджуваний сплав належить до системи Al-Zn-Mg-Cu.

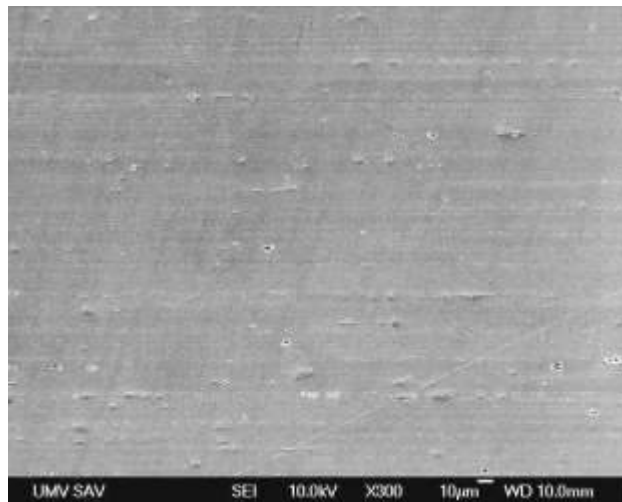


Рисунок 4.1 – Мікроструктура ремонтного сплаву, x300

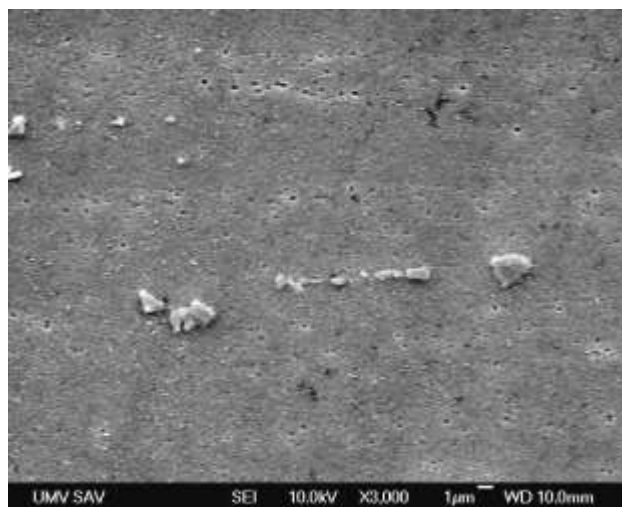


Рисунок 4.2 – Мікроструктура ремонтного сплаву, x3000



Рисунок 4.3 – Мікроструктура ремонтного сплаву, x10000

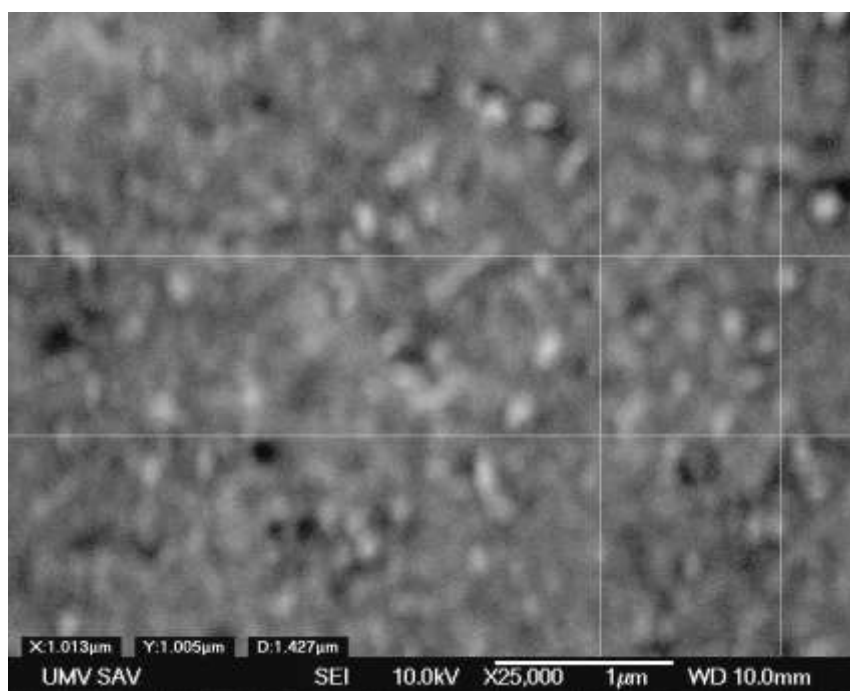


Рисунок 4.4 – Дрібні частинки зміцнюючої фази ремонтного сплаву, x25000

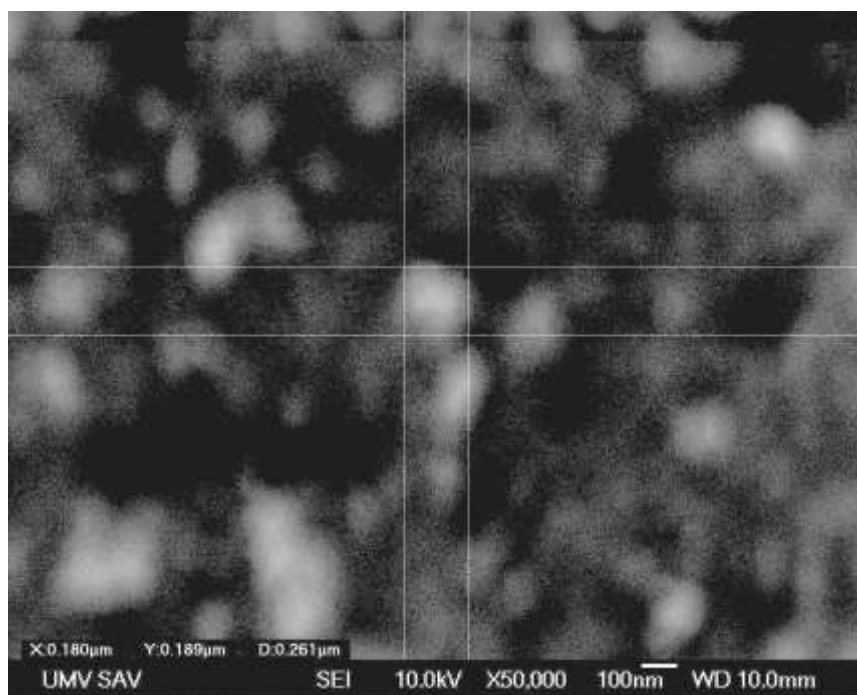


Рисунок 4.5 – Дрібні частинки зміцнюючої фази ремонтного сплаву
x50000

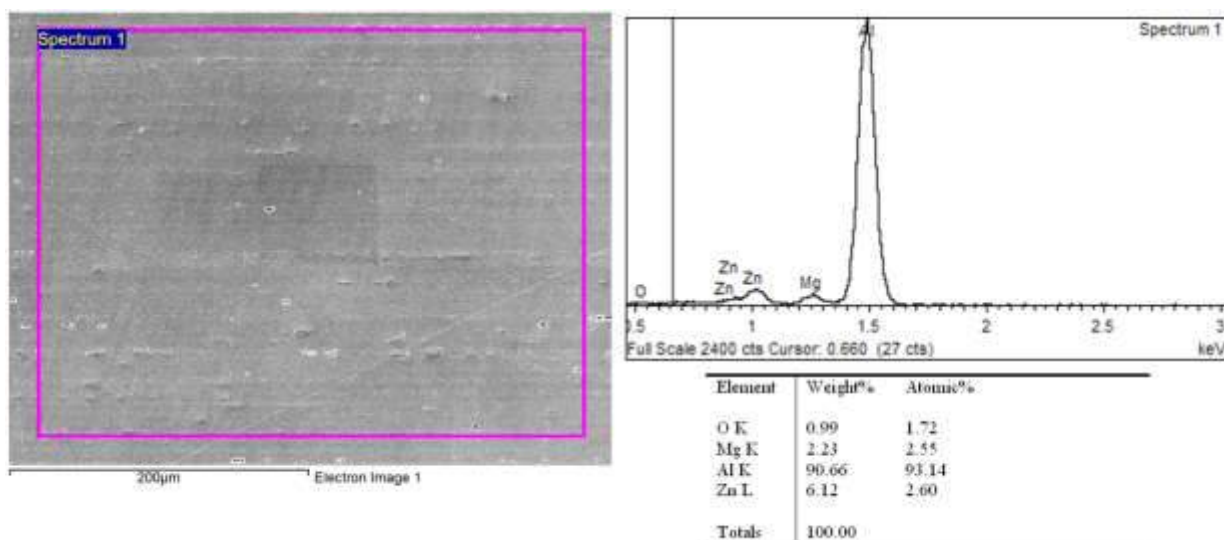


Рисунок 4.6 – Результат хімічного аналізу ремонтного сплаву по площі
(все поле зору)

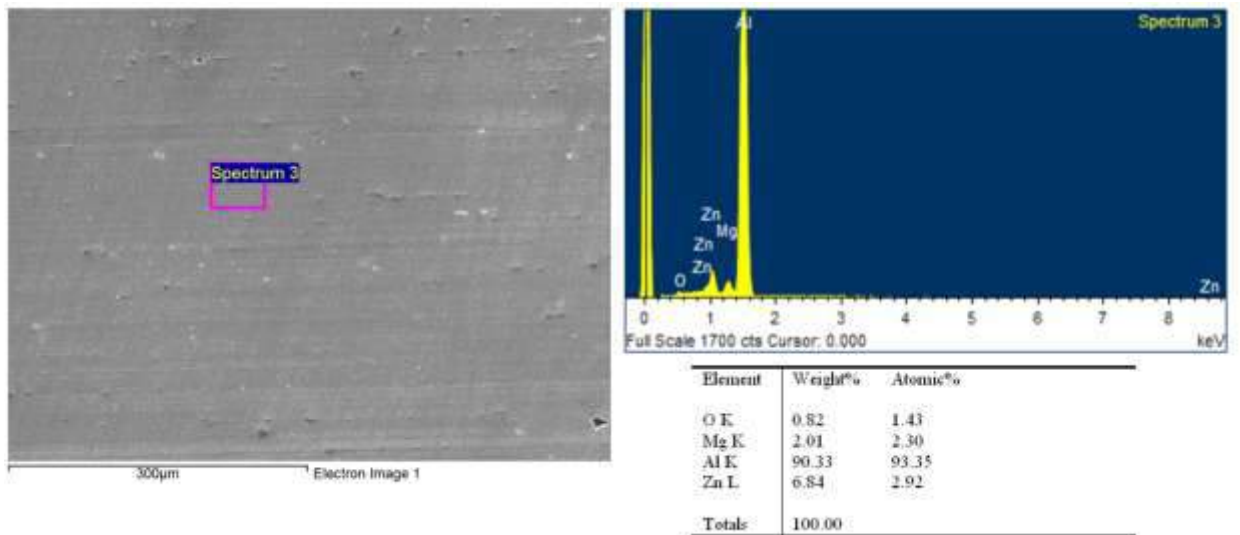


Рисунок 4.7 – Результат хімічного аналізу ремонтного сплаву по площі (локально)

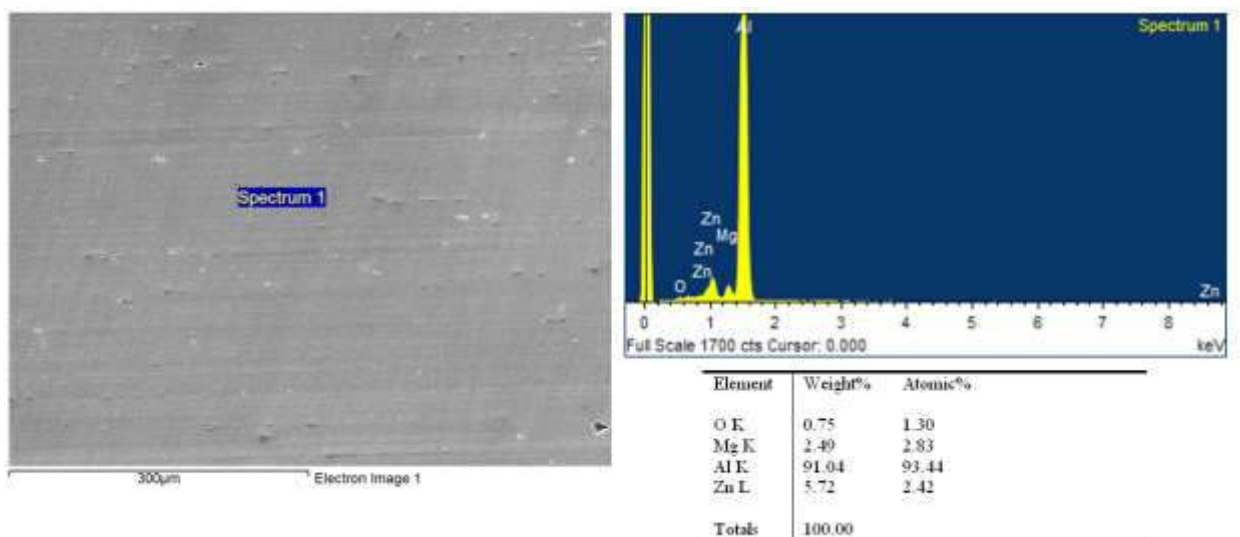


Рисунок 4.8 – Результат хімічного аналізу металевої основи ремонтного сплаву в точці

Відсутність міді за результатами аналізу, вірогідно, пояснюється її концентрацією у зміцнюючій фазі. Це підтверджується результатами аналізу великих і дрібних частинок зміцнюючій фази (рис. 4.9-4.16). Додатково до магнію та цинку в аналізі присутні також залізо і мідь в досить великих кількостях. Це відповідає відомостям щодо складу сплаву В95 (див. табл. 4.1). Дуже високий вміст міді і заліза порівняно з відомостями з табл. 4.1.

можна пояснити тим, що ці елементи сконцентровано в частинках, а не розподілено по всьому об'єму сплаву.

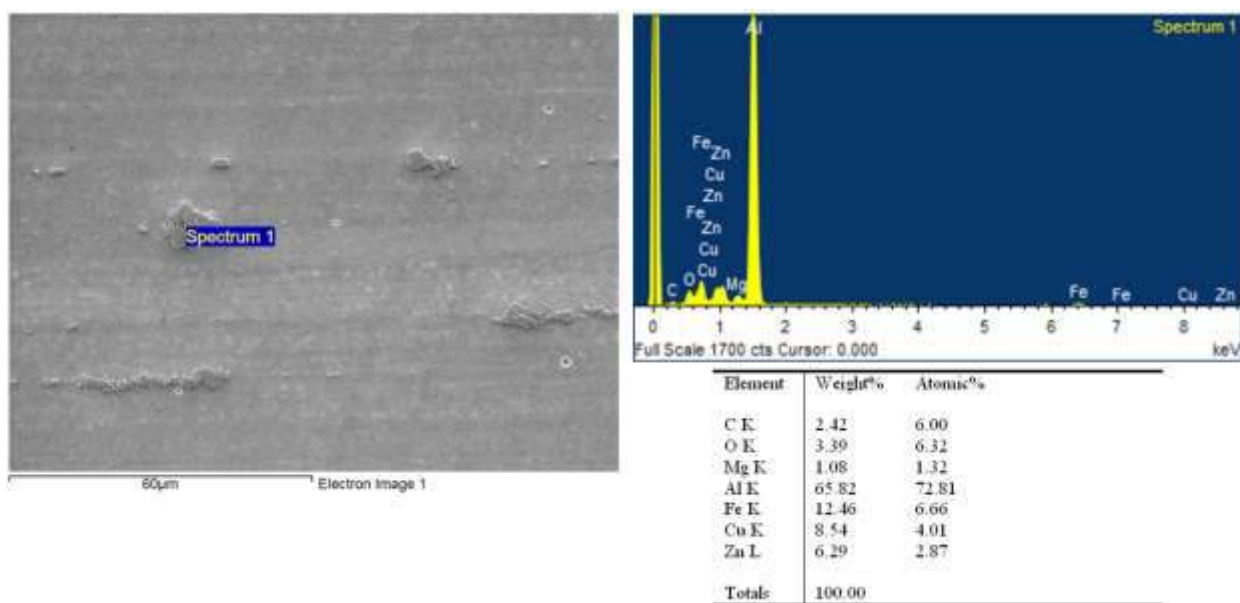


Рисунок 4.9 – Результат № 1 хімічного аналізу великої частинки зміцнюючої фази

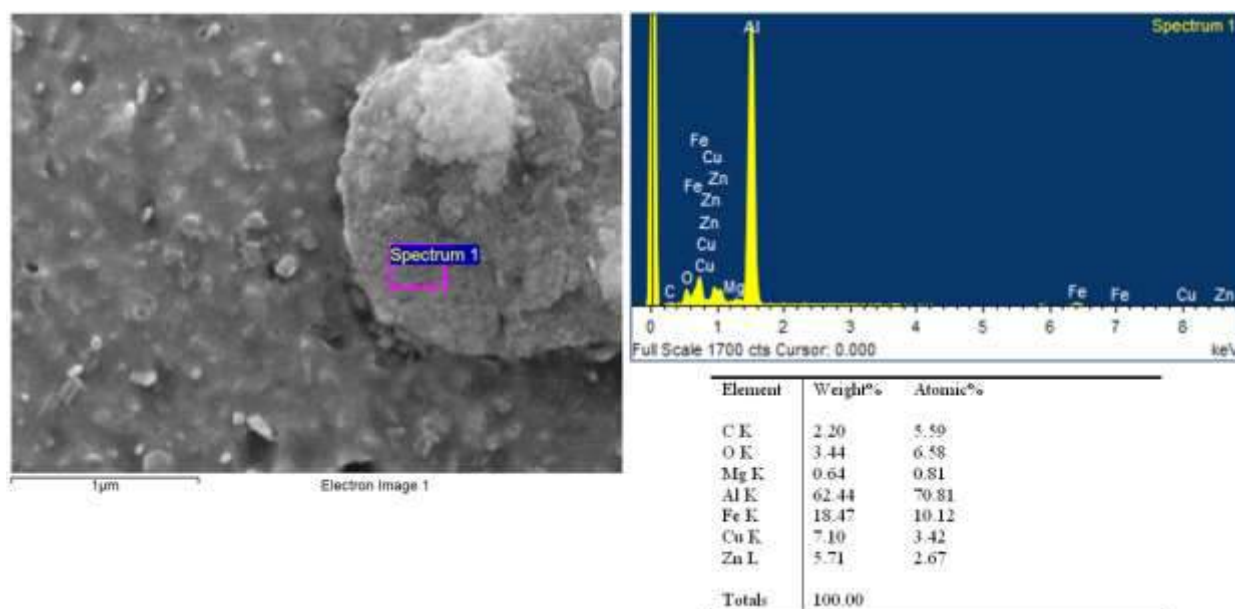


Рисунок 4.10 – Результат № 2 хімічного аналізу великої частинки зміцнюючої фази

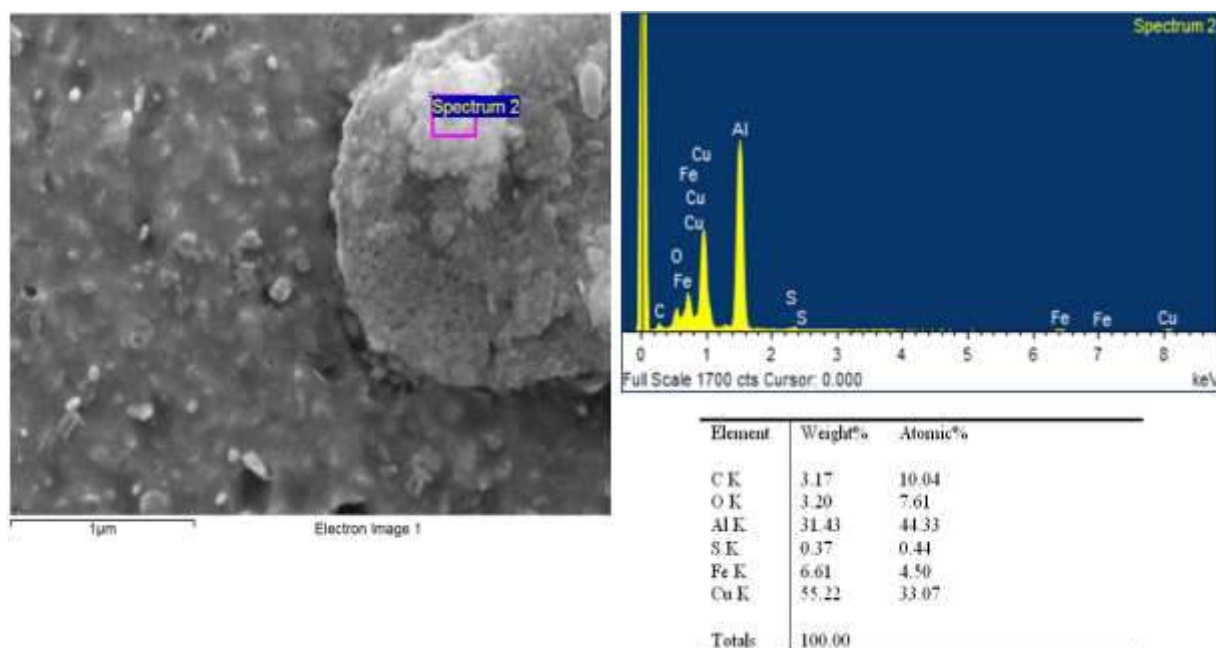


Рисунок 4.11 – Результат № 3 хімічного аналізу великої частинки зміцнюючої фази

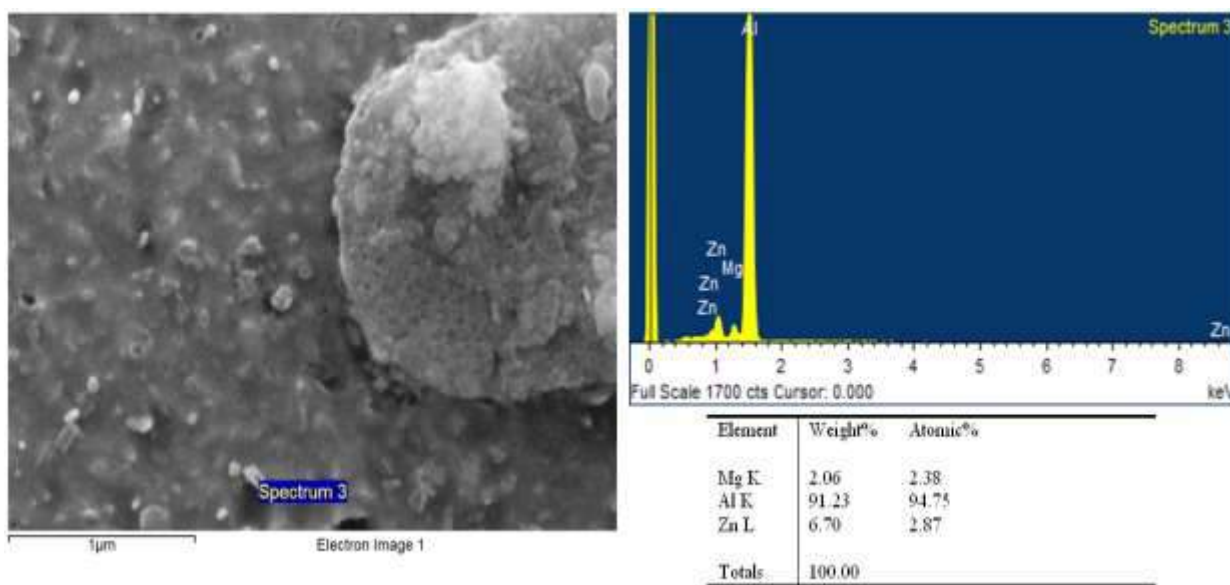


Рисунок 4.12 – Результат № 1 хімічного аналізу малої частинки зміцнюючої фази

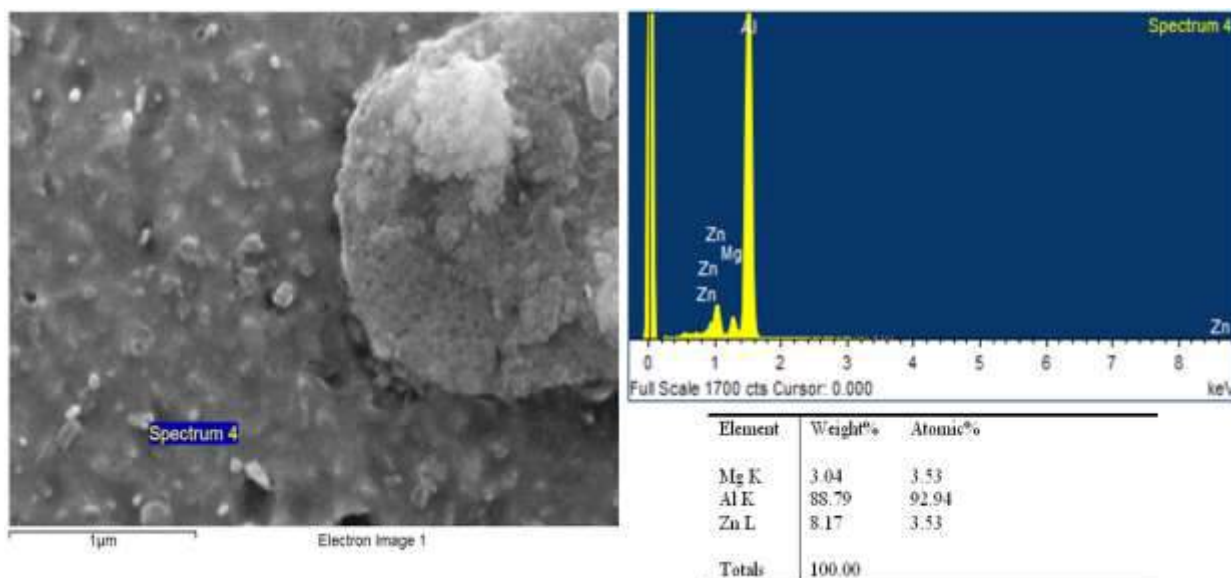


Рисунок 4.13 – Результат № 2 хімічного аналізу малої частинки зміцнюючої фази

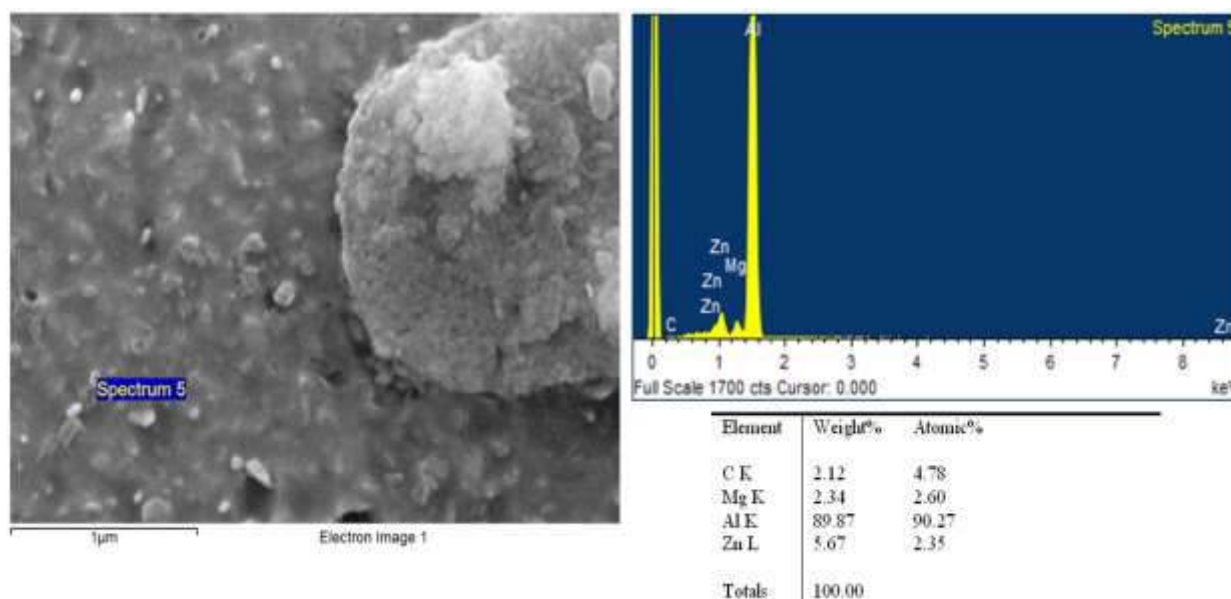


Рисунок 4.14 – Результат № 3 хімічного аналізу малої частинки зміцнюючої фази

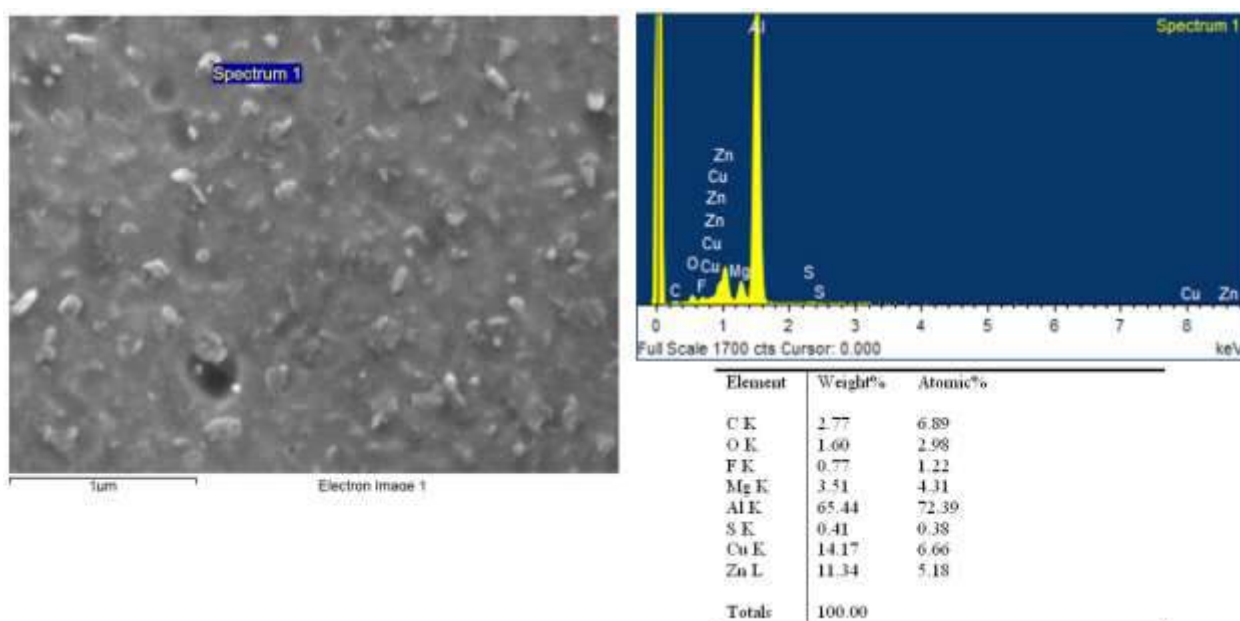


Рисунок 4.15 – Результат № 4 хімічного аналізу малої частинки зміцнюючої фази

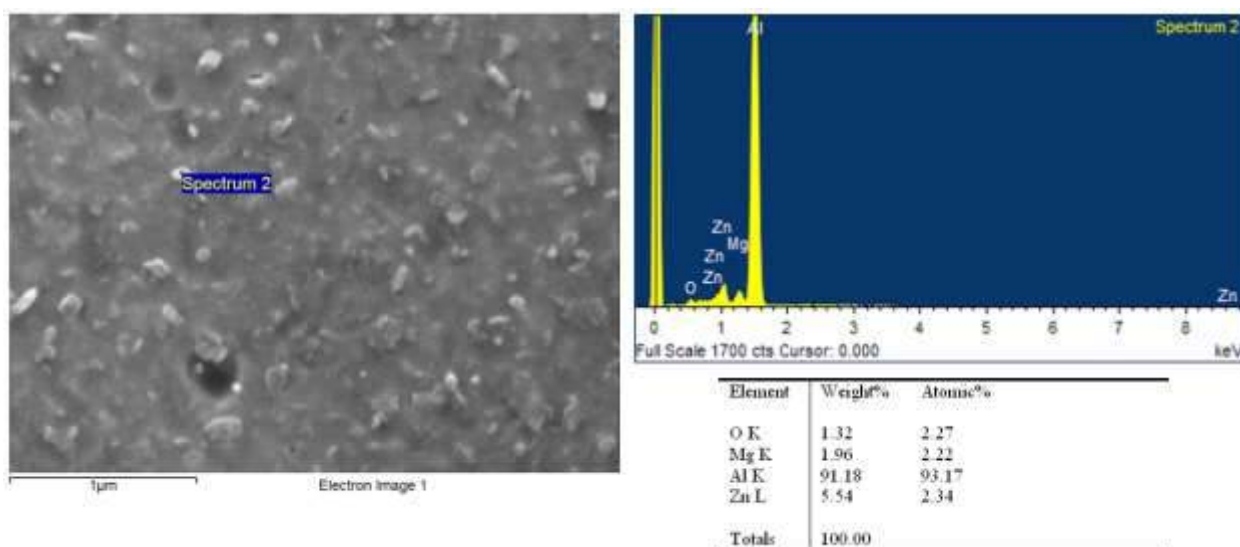


Рисунок 4.16 – Результат № 5 хімічного аналізу малої частинки зміцнюючої фази

5 ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ЗВАРЮВАННЯ І ЗВАРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

З метою оптимізації режимів зварювання проведено зварювання зразків сплаву В95 і базового сплаву ручним аргано-дуговим зварюванням з присадками Al-Mg та Al-Si. Всього виконано три експериментальні зварювання за такими варіантами:

- а) №1. $I = 80$ А, присадка Al-Mg;
- б) №2. $I = 90$ А, присадка Al-Si;
- в) №3. $I = 110$ А, присадка AlSi.

За результатами візуального контролю отриманих з'єднань встановлено (рис. 5.1 – 5.3), що в швах, які отримано за режимами №1 та №2 присутні тріщини. Причому, найбільші тріщини присутні у шві зразка, що виконано за режимом №1. Таким чином, встановлено оптимальну силу струму для зварювання ремонтного і базового матеріалів.



Рисунок 5.1 – Зварне з'єднання, яке виконано за варіантом №1

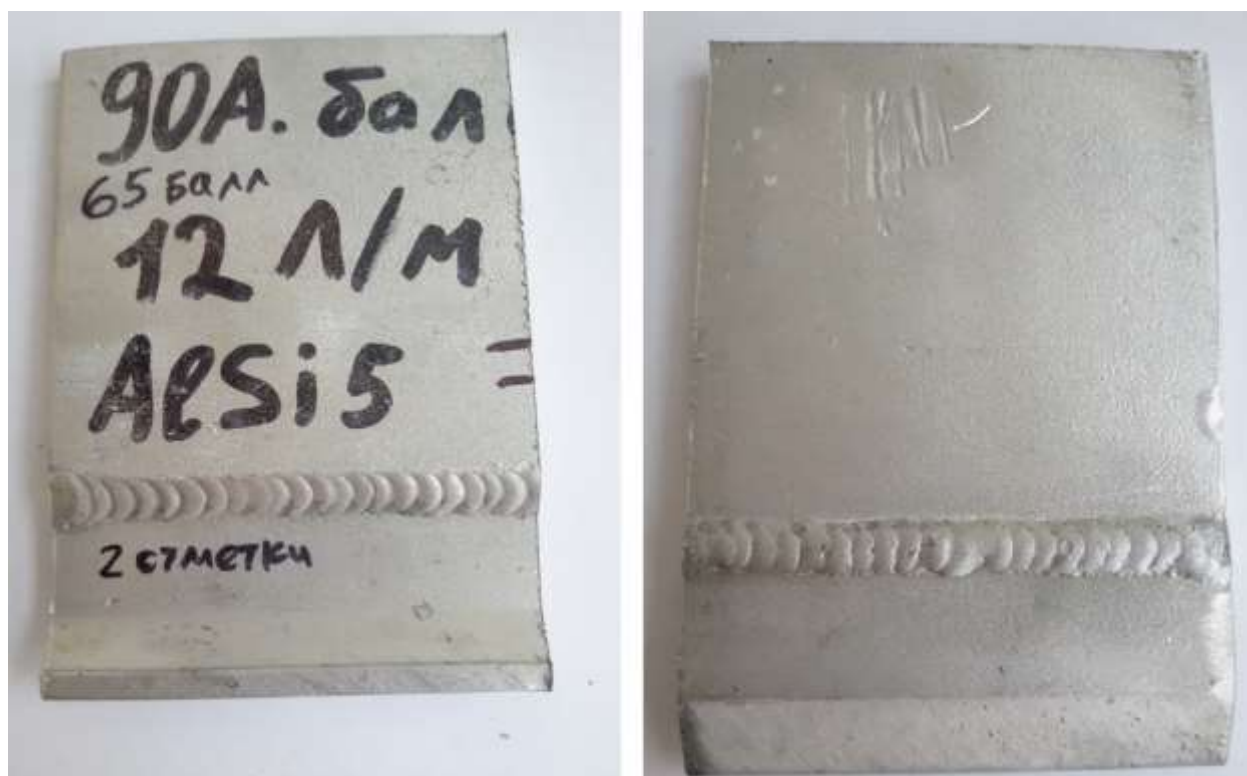


Рисунок 5.2 – Зварне з'єднання, яке виконано за варіантом №2



Рисунок 5.3 – Зварне з'єднання, яке виконано за варіантом №3

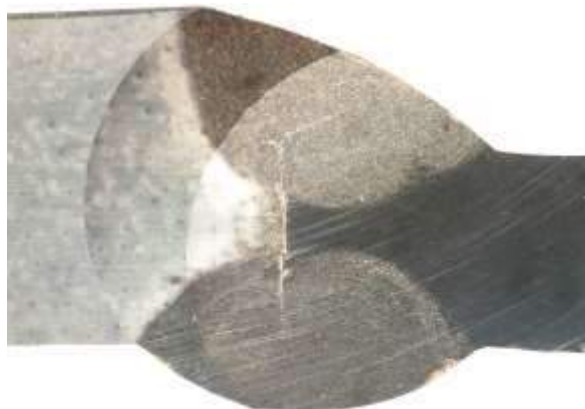
Аналіз макроструктури зварних з'єднань, які виконано за різними режимами (рис. 5.1), показав, що всі шви містили тріщини. Тріщини починались від зони стику (непровар) і розповсюджувалися всередину зварного шва.



а)



б)



в)

а) варіант №1; б) варіант №2; в) варіант №3

Рисунок 5.4 – Макроструктура зварних з'єднань базового і ремонтного матеріалів, які виконано за різними варіантами

Безумовно, з технологічної точки зору непровар є дефектом і його неможна припускати. Непровар в нашому випадку обумовлений різною товщиною з'єднуваних матеріалів. Для виключення непровару потрібно було б збільшити силу струму, що призвело б до появи дефектів в зварному з'єднанні. Але в умовах виробництва, коли товщина з'єднуваних елементів має бути однаковою, непровар можна виключити. Тим не менше, поява непровару в умовах виробництва є можливою, отже потрібно передбачити, як це відіб'ється на якості зварного з'єднання. З такої точки зору непровари в експериментальних з'єднаннях можна вважати корисним джерелом інформації.

Зварні з'єднання в зоні вварювання ремонтних вставок експлуатуватимуться в умовах циклічних навантажень. Отже важливо не тільки виключити появу тріщин на стадії виробництва, а ще й використати такий матеріал у шві, який би найменшою мірою був би схильним до розповсюдження втомних тріщин.

Мікроструктуру окремих ділянок зварних швів в зоні тріщин, а також панорами тріщин в швів, що виконано за різними варіантами, показано на рис. 5.4 – 5.7. Бачимо, що тріщини в присадку Al-Si5 (рис. 5.4) розповсюджуються на значно більшу відстань, ніж в присадку Al-Mg5 (рис. 5.5). Для більшої наглядності у порівнянні довжини, на яку розповсюджуються тріщини, зроблено панорами мікроструктур зварних з'єднань (рис. 5.6, 5.7).

Згідно рис. 5.4 та 5.6 тріщина пройшла 1,5 мм від границі в глибину шва. До речі, зупинка тріщини виявилася можливою завдяки кульовидній порі, яка сама по собі є дефектом. В присадку Al-Mg5 тріщини пройшли 0,2 мм з одного боку з'єднання та 0,8 мм з іншого боку (рис. 5.7) та зупинились очевидно завдяки пластичному стану присадка.

В мікроструктурі шва, який виконано присадком Al-Si5, спостерігаються великі включення неправильної форми, які розташовані у вигляді ланцюгів (рис. 5.8). Ймовірно, це кремній, який не розчинюється в

алюмінії і є крихкою фазою. Досить великий вміст таких включень і знижує опор матеріалу просуванню тріщини.

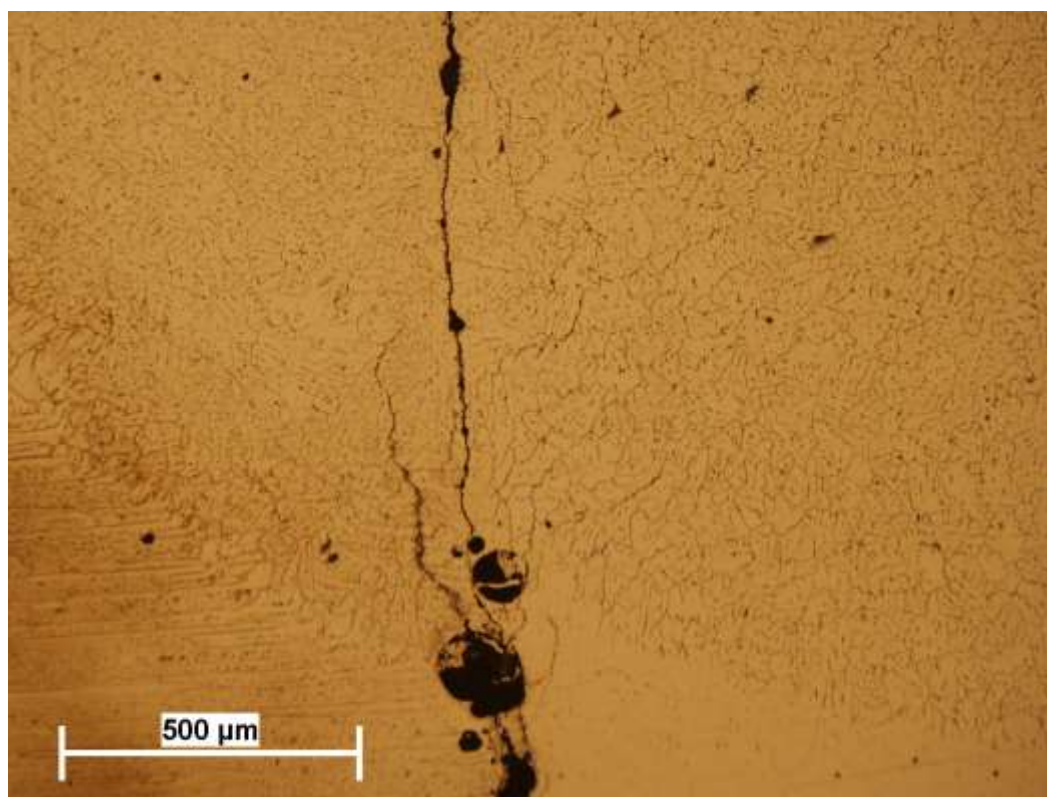


Рисунок 5.4 – Варіант №3. Тріщина в шві (присадка Al-Si5), x100

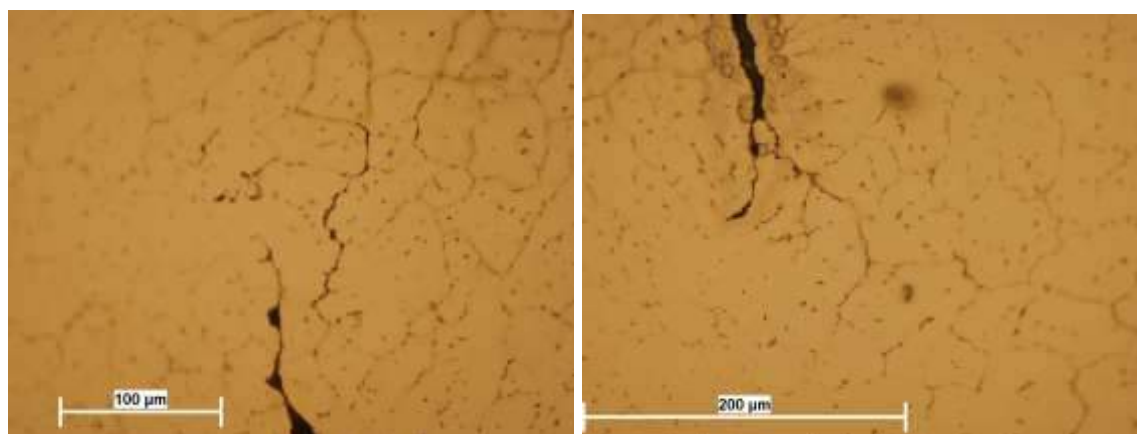


Рисунок 5.5 – Варіант №1. Тріщина в шві. Тріщина в шві (присадка Al-Mg) з різних сторін зварного з'єднання, x500

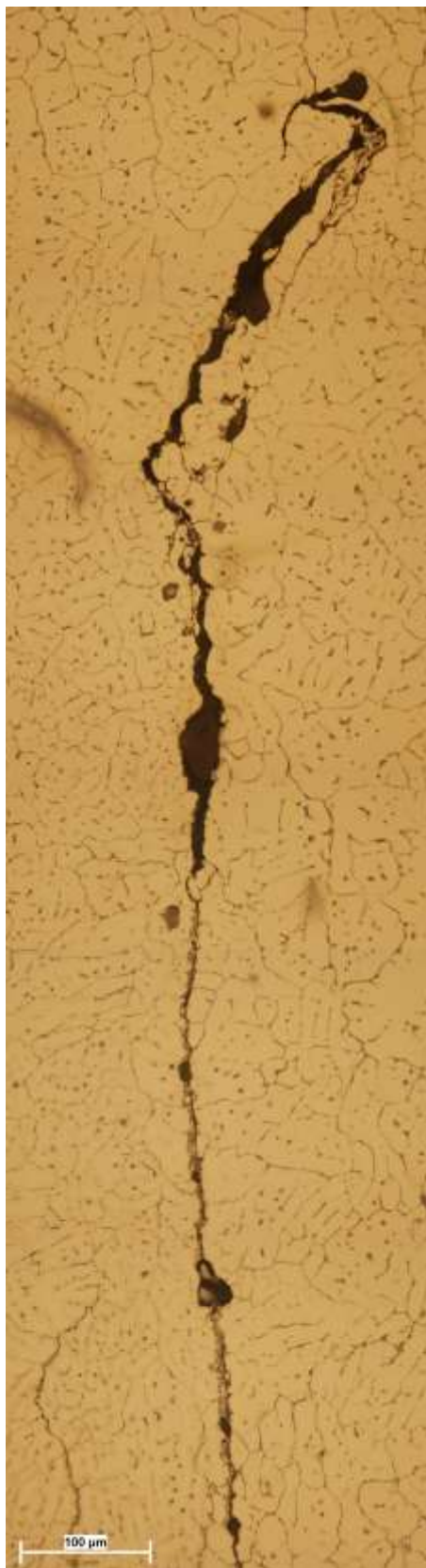


Рисунок 5.6 – Варіант №3
(присадка Al-Si). Панорама
тріщини в шві, x500



Рисунок 5.7 – Варіант №1
(Присадка Al-Mg).
Панорама стику, x200

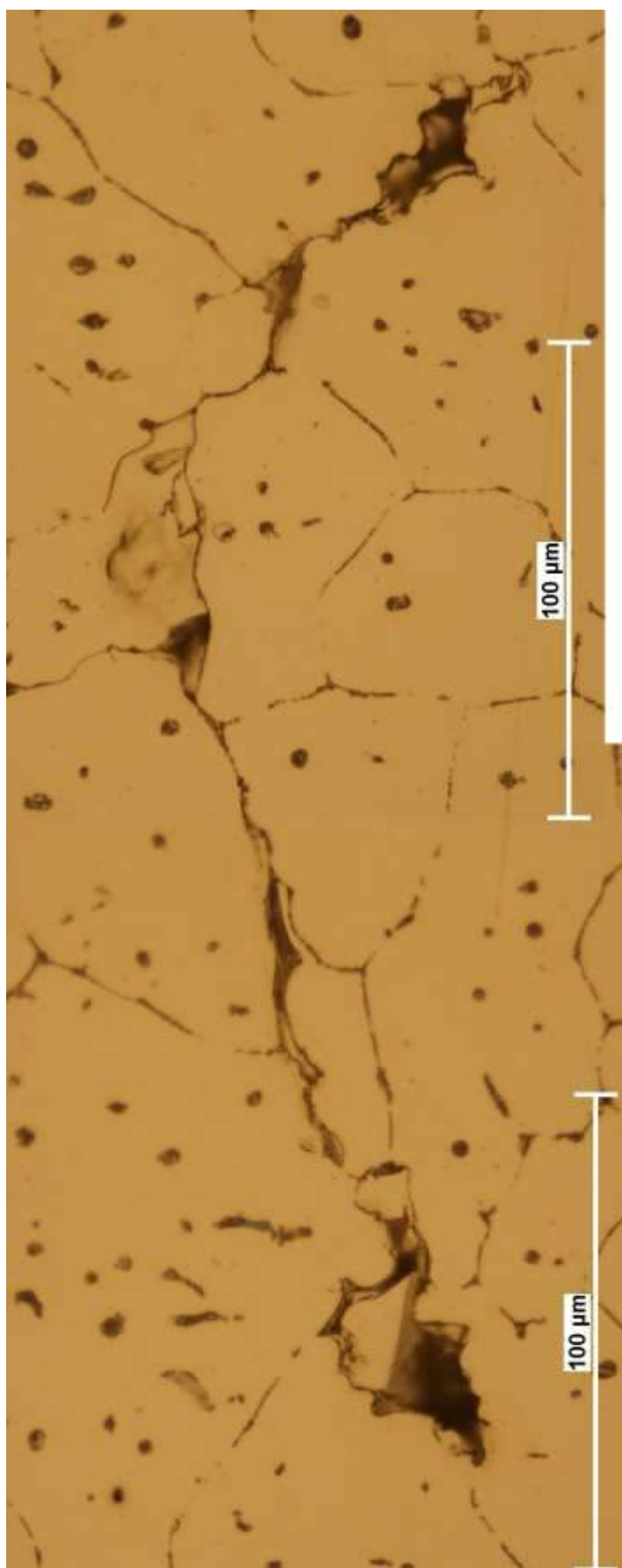


Рисунок 5.8 – Виділення кремнію в присадку Al-Si5, x1000

Присутність виділень кремнію в структурі підтверджується діаграмою стану системи Al-Si (рис. 5.9). Як бачимо у нижньому лівому куті діаграми, за умов кімнатної температури границя однофазної α -області (Al) співпадає з нульовим значенням концентрації кремнію. Тобто при кімнатній температурі кремній не розчиняється в алюмінії.

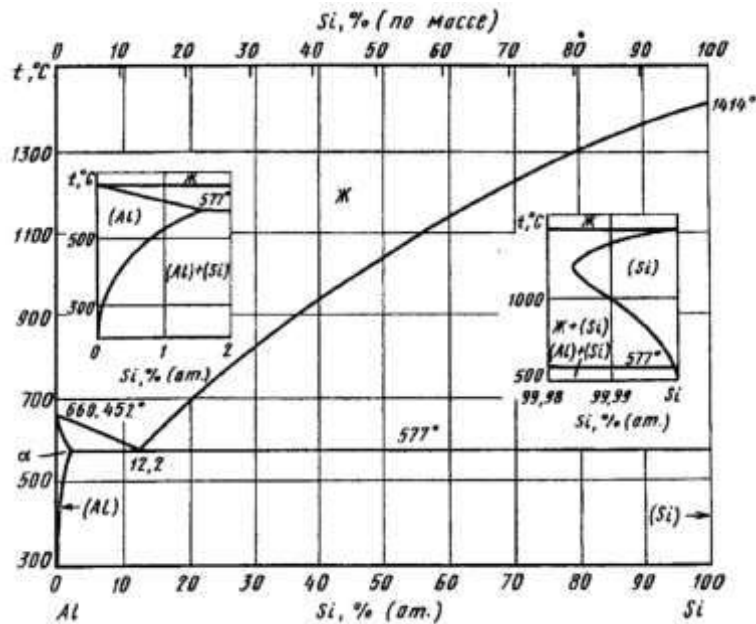


Рисунок 5.9 – Діаграма стану Al-Si

Діаграма стану Al-Mg (рис. 5.10) свідчить про розчинність магнію в алюмінії при кімнатній температурі на рівні 2,5% у рівноважному стані. За умов прискореного охолодження розчинність, природно, збільшується. Але 5% Mg все ж таки забагато щоб отримати однофазну структуру, тому в сплаві спостерігається невелика кількість виділень β -фази (рис. 5.11).

Таким чином, результати дослідження зварних швів, яки отримано за різними режимами і з різними присадками, приводять до таких висновків:

- оптимальною силою струму є 110А;
- для виключення утворення тріщин у зварних швах необхідно виключити непровари;
- для підвищення опірності матеріалу шву просуванню тріщин, зокрема втомних, необхідно використовувати присадок Al-Mg5.

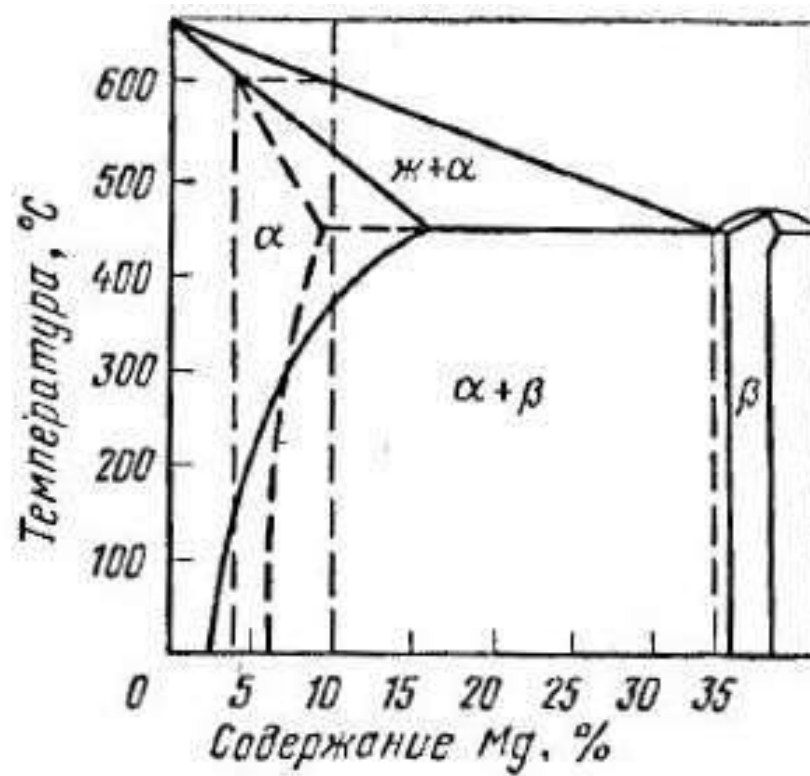


Рисунок 5.10 – Діаграма стану Al-Mg

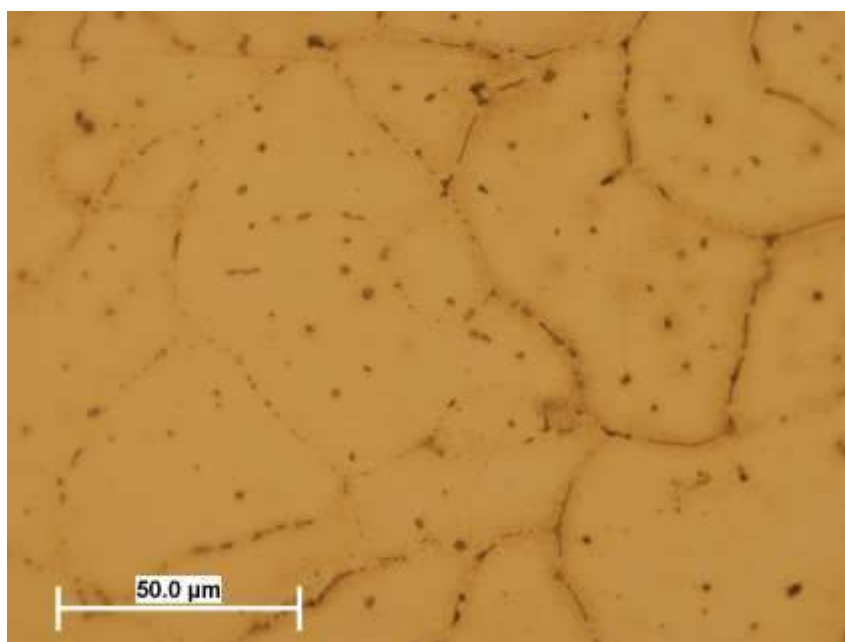


Рисунок 5.11 – Мікроструктура присадки Al-Mg5, x1000

6 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТУ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

6.1 Базова технологія виготовлення елемента кузова автомобіля

В процесі експлуатації напівпричепу, на якому встановлена конструкція зсувного даху, відбувається місцеве зношування профілю. Для того, щоб виконати ремонт профіля потрібно його демонтувати. Профіль закріплений на двох кронштейнах за допомогою трьох болтів на кожному, які знаходяться в передній та задній частинах напівпричепа. Після відкручування болтів профіль знімається кран-балкою та встановлюється на спеціальну конструкцію. Далі виконується зачистка зношених місць від бруду за допомогою кутової шліфувальної машини, на яку встановлено металеву щітку. Після цього в місцях глибокого зношування тонке місце видаляється за допомогою бормащини, на яку встановлено циліндричну фрезу для того, щоб при наплавленні не виникли дефекти, пори та шлакові вclusions. По завершенню зачистки переходимо до процесу наплавлення зношених частин профіля.

Наплавлення виконується за допомогою ручного аргоно-дугового зварювання неплавким вольфрамовим електродом, при якому подача присадного матеріалу виконується вручну. В якості присадного матеріалу використовується пруток AlSi5(4043) діаметром 3,2 мм. Вольфрамовий електрод ABICOR BINZEL WL20 з додаванням лантану, діаметром 3,2 мм, який заточується під конус. Наплавлення ведеться на змінному струмі, сила якого дорівнює 110-120А. Захист зварювальної ванни здійснюється захисним інертним газом аргон, витрати якого складають 10-12 л/хв.

По завершенню зварювання площину профіля потрібно відновити. Відновлення площини виконується за допомогою кутової шліфувальної машини, на яку встановлено пелюстковий шліфувальний круг. Усі зварні шви зчищаються до отримання рівної поверхні по всій площині профіля.

6.2 Нова технологія виготовлення елементу кузова автомобіля

В процесі експлуатації напівпричепу, на якому встановлена конструкція зсувного даху, від ударів опорним роликами відбувається місцеве зношування профілю. Для того, щоб виконати ремонт профіля потрібно його демонтувати. Профіль закріплений на двох металевих кронштейнах за допомогою трьох болтів на кожний, які знаходяться в передній та задній частинах напівпричепа. Після відкручування болтів профіль знімається кран-балкою та встановлюється на спеціальну конструкцію. Далі виконується вирізання зношених місць відрізним кругом за допомогою кутової шліфувальної машини. Місце зварювання зачищається від бруду, також за допомогою кутової шліфувальної машини на яку встановлено кільцеву металеву щітку. Кромки під зварювання оброблюються бормашиною, на яку встановлено циліндричну фрезу для того, щоб видалити залишки абразиву, та зняти задирку. Обов'язково виконується знежирення зварювальних кромок за допомогою ацетону або 646 розчинника. По завершенню зачистки переходимо до вставки і прихватки заготівлі з більш твердого сплаву алюмінію В95. Прихватка виконується ручним аргоно-дуговим зварюванням на змінному струмі, режим та матеріали для виконання прихватки використовуються такі ж самі як і для зварювання.

Зварювання виконується за допомогою ручного аргоно-дугового зварювання неплавким вольфрамовим електродом, при якому подача присадного матеріалу виконується вручну. Зварювання ведеться на змінному струмі, сила якого дорівнює 110-120А. Захист зварювальної ванни здійснюється захисним інертним газом аргон, витрати якого складають 10-12 л/хв. В якості присадного матеріалу використовується прутки AlMg5 (5356) діаметром 3,2 мм. Вольфрамовий електрод ABICOR BINZEL WL20 з додаванням лантану, діаметром 3,2 мм, який заточується під конус для більш глибокого проплавлення.

По завершенню зварювання площину профіля потрібно відновити. Відновлення площини виконується за допомогою кутової шліфувальної машини, на яку встановлено пелюстковий шліфувальний круг. Усі зварні шви зчищаються до отримання рівної поверхні по всій площині профіля.

6.3 Обладнання та матеріали для виготовлення елементу кузова автомобіля

Для виготовлення елементу кузова автомобіля використовується наступне обладнання:

- зварювальний апарат для аргоно-дугового зварювання Jasic TIG-315P ACDC 33930;
- кутова шліфувальна машина Makita 9565CVR 3349;
- бормашина пневматична TOPTUL КАКА0822, ¼, 6mm, 22000 об. / Хв. +1259.

Технічні характеристики зварювального апарату для аргоно-дугового зварювання Jasic TIG-315P ACDC 33930 [5] приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Технічні характеристики зварювального апарату для аргоно-дугового зварювання Jasic TIG-315P ACDC 33930

Найменування параметру	Величина
1	2
Тип	інвертор
Вид зварювання	ручна дугова (ММА), аргоно-дугова (TIG)
Струм зварювання	змінний / постійний
Вхідна напруга, В	380
Споживана потужність	8.4 кВт, 9 кВА

Продовження таблиці 6.1

1	2
Напруга холостого ходу, В	50
Мінімальний струм зварювання, А	10
Максимальний струм зварювання, А	315 - TIG, 250 - MMA
Періодичність включення	60% при 315 А, 100% при 240 А
Мінімальний діаметр електрода, мм	1
Максимальний діаметр електрода, мм	5
Клас захисту (IP)	23
Довжина силових кабелів, м	3
Габарити, мм: - Ширина - Довжина - Висота	375 590 380
Вага, кг	33
Ціна, грн	33930

Технічні характеристики кутової шліфувальної машини Makita 9565CVR 3349 [6] приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Технічні характеристики кутової шліфувальної машини Makita 9565CVR 3349

Найменування параметру	Величина
Тип	Кутові (болгарки)
Діаметр диска, мм	125
Споживана потужність, кВт	1.4
Максимальне число оборотів в хвилину	12000
Напруга, В	220
Швидкість холостого ходу, об/хв	2800
Різьба шпинделя	M14
Розмір, мм	229
Вага, кг	2,4
Ціна, грн	3349

Технічні характеристики бормащини пневматичної ТОРТУЛ КАКА0822 [7] приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Технічні характеристики бормащини пневматичної ТОРТУЛ КАКА0822

Найменування параметру	Величина
Виробник	Toptul
Потужність, Вт	450
Робочий тиск, бар	6,2
Витрата повітря, л/хв	170
Швидкість обертання, об/хв	22000
Діаметр патрона, мм	6,0
Впускний штуцер	Ø 1/4
Повітряний шланг	3/8"
Вага, кг	0,60
Ціна, грн	1259

Для ремонту направляючого профіля використовують такі матеріали:

- присадний пруток для наплавлення AlMg 5;
- круг відрізний;
- круг зачисний;
- щітка металева кільцева для УШМ;
- захисний газ аргон;
- вольфрамовий електрод діаметр 3,2мм;
- бор-фреза по алюмінію циліндрична діаметр 6 мм.

7 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У розділі представлені: організація виробництва, планування витрат на виробництво, розрахунки ефективності та результативності розробок ділянки з виробництва елементу кузова автомобілю.

В даному підрозділі розраховано: технічне нормування операції, виробнича програма, кількість обладнання, чисельність персоналу та фонд оплати праці працівників.

7.1 Технічне нормування операцій

Для проектування ділянки по збиранню і зварюванню елементу кузова автомобіля необхідно:

- пронормувати операції технологічного процесу;
- встановити річну виробничу програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання і виробничу площу ділянки;
- розрахувати чисельність персоналу.

Норми часу на виконання технологічних операцій за базовою технологією приведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 Норми часу на виконання технологічних операцій за базовою технологією

Найменування операцій	Норма часу на виріб, н / год.
Зняття верхнього і бічних тентів	2
Зняття верхнього зсувного механізму	1,5
Демонтаж направляючого профілю	0,5
Зачистка профілю в місцях наплавки (23 місця)	0,42
Наплавлення профілю (23 місця)	1,92
Шліфування профілю в місцях наплавки (23 місця)	1,92
Установка профілю на причіп	0,5
Всього	8,76

Норми часу на виконання технологічних операцій за новою технологією приведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 Норми часу на виконання технологічних операцій за новою технологією.

Найменування операцій	Норма часу на виріб, н / год.
Зняття верхнього і бічних тентів	2
Зняття верхнього зсувного механізму	1,5
Демонтаж направляючого профілю	0,5
Вирізка зношених елементів профілю (23 місця)	0,83
Зачистка крайок під зварювання (23 місця)	0,83
заготівля пластин	1
Сварка вставок (23 місця)	1,92
Шліфування профілю в місцях зварювання (23 місця)	1,92
Установка профілю на причіп	0,5
Всього	11

На основі розрахованих норм часу по виготовленню виробів встановлюємо річну виробничу програму виробів в штуках (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Виробнича програма виробів на рік

Найменування виробу	Норма часу на виріб, н / год.	Виробнича програма	
		шт.	н / год.
Елемент кузова автомобілю за базовою технологією	8,76	40	350,4
Елемент кузова автомобілю за новою технологією	11	40	440

7.1.1 Розрахунок кількості обладнання, площі ділянки

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою [8]:

$$G_p = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \cdot N_i}{F_{до}}, \quad (7.1)$$

де G_p - кількість обладнання за розрахунком, одиниць;

m - кількість видів робіт;

t_i - норма часу i -тої операції, нормо-годин;

N_i - річна виробнича програма виробів, одиниць;

$F_{до}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин.

Прийняте кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини ($G_{\text{пр}}$). Коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою [8]:

$$K_z = \frac{G_p}{G_{\text{пр}}}, \quad (7.2)$$

де $G_{\text{пр}}$ - прийнята кількість обладнання, одиниць.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці повинен бути не нижче, чим 0,85.

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування визначаються за формулою [8]:

$$F_{\text{до}} = F_{\text{ном}}(1 - K_v), \text{ годин} \quad (7.3)$$

де $F_{\text{ном}}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання, годин;

K_v - коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання,
 $K_v = 0,1$;

Номінальний річний фонд часу обладнання при п'ятиденному робочому тижні та двозмінному режимі роботи - 1860 год.

Дійсний річний фонд часу роботи устаткування за формулою (7.3) складає:

$$F_{\text{до}} = 1860 \cdot (1 - 0,1) = 1674 \text{ год.}$$

Таблиця 7.4 - Розрахунок кількості обладнання та його потужності

Найменування обладнання	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Потужність двигунів, кВт / год.	
	за розра- хунком	прий- нята		оди- ниці	усього обладнання
Пост для складання і зварювання	0,96	1	0,96	40	40
Пост для складання і зварювання	0,82	1	0,82	40	40
Пост для зварювання елемента кузова	0,75	1	0,75	40	40
Пост для контролю якості	1,86	2	0,93	15	30
Всього	-	5	0,86	-	150

Виробнича площа розраховується виходячи з кількості обладнання, робочих місць і питомої площі на одиницю обладнання з додаванням 20% (проходи, проїзди та ін.). Площа ділянки $18 \cdot 24 = 432 \text{ м}^2$.

7.1.2 Розрахунок чисельності персоналу ділянки

Чисельність основних виробничих робітників ділянки на нормованих роботах розраховується за операціями згідно розрядам і професіям за формулою [8]:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{\text{д.р}} \cdot K_{\text{в.н}}}, \text{ осіб} \quad (7.4)$$

де R_0 – чисельність основних виробничих робітників;

m – кількість видів роботи;

t_i – норма штучного часу на i – тій операції, нормо / год.;

N_i – річна виробнича програма i – того виробу, одиниць;

$F_{д.р.}$ – дійсний річний фонд часу одного робітника, год.;

$k_{в. н.}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($k_{в. н.} = 1,05$).

Дійсний фонд часу працівника визначається за формулою [8]:

$$F_{д.р} = F_{ном}(1 - h), \text{ годин} \quad (7.5)$$

де $F_{ном}$ приймаємо для однозмінного режиму 2080 годин.

h – плановий коефіцієнт невиходу працівників на роботу (0,12-0,15).

Дійсний фонд часу працівника за формулою (7.5) складає:

$$F_{д.р} = 2080(1 - 0,15) = 1768 \text{ год}$$

Чисельність допоміжних робітників за професіями розраховується за нормами обслуговування обладнання.

Чисельність керівників і фахівців ділянки (майстер, технолог) розраховують за штатним розкладом.

Загальна чисельність персоналу ділянки наведена в таблиці 7.5.

Таблиця 7.5 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисельність персоналу, чол.	У т.ч. за розрядами							В т.ч. по змінах	
		I	II	III	IV	V	VI		I	II
1.Основні робітники:										
складальник	2				2				1	1
зварювальник	4					4			2	2
Усього	6				2	4			3	3
2. Допоміжні робітники										
слюсар	2				2				1	1
фрезерувальник	2				2				1	1
контролер	4				2	2			2	2
Усього	8				6	2			4	4
3. Керівники і спеціалісти:										
майстер	1								1	
технолог	1									1
Усього	2								1	1
Разом	16				8	6			8	8

7.2 Планування витрат на виробництво

У даному підрозділі розраховано заплановані матеріальні витрати на основні засоби, фонд оплати праці персоналу, складено калькуляцію собівартості продукції.

7.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних і додаткових матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того, необхідно врахувати транспортно-заготівельні витрати (5-7% від вартості матеріалів) та вартість оборотних відходів.

До основних матеріалів слід віднести металопрокат для заготовок, виготовлених на складально-зварювальному ділянці. До додаткових матеріалів слід віднести ті матеріали, які використовуються для здійснення технологічних процесів (зварювальні дроти та гази).

Вартість основних та додаткових матеріалів за базовим варіантом вказана в таблиці 7.6, за проектним варіантом в таблиці 7.7.

Таблиця 7.6 – Розрахунок вартості основних та допоміжних матеріалів для ремонту елемента кузова автомобіля за базовою технологією

Найменування сировини та основних матеріалів	Норми використання	Ціна	Вартість, грн.
Присадний прутки для наплавлення AlSi 5	1,5 кг	255 грн./кг	382,5
Коло зачисне	1 шт.	35 грн.	35
Щітка металева кільцева для УШМ	1 шт.	90 грн.	90
Захисний газ аргон	1 балон	350 грн.	350
Вольфрамовий електрод діаметр 2,4 мм	1 шт.	90 грн.	90
Бор-фреза по алюмінію циліндрична діаметр 6 мм	1 шт.	195 грн.	195
Всього:			1142,5

* Обсяг 1 балона 40 літрів

Таблиця 7.7 – Розрахунок вартості основних та допоміжних матеріалів для ремонту елементу кузова автомобілю за новою технологією

Найменування сировини та основних матеріалів	Норми використання	Ціна	Вартість грн.
Присадний пруток для зварювання AlMg 5	0,7 кг	250 грн./кг	175
Сплав алюмінію В95 (лист)	2,7 кг	180 грн./кг	486
Коло зачисне	1 шт.	35 грн.	35
Щітка металева кільцева для УШМ	1 шт.	90 грн.	90
Захисний газ аргон	1 балон	350 грн.	350
Вольфрамовий електрод діаметр 2,4 мм	1 шт.	90 грн.	90
Бор-фреза по алюмінію циліндрична діаметр 6 мм	1 шт.	195 грн.	195
Всього:			1421

7.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних виробничих фондів передбачає такі розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої загальної площі і вартості 1 м² будівель (300 – 500 грн. за 1 м²):

$$B_{\text{буд}} = 432 \cdot 500 = 216000 \text{ грн.};$$

- вартість споруд 5% від вартості будівель:

$$B_{\text{спр.}} = 216000 \cdot 0,05 = 10800 \text{ грн.};$$

- вартість обладнання (наведена в таблиці 7.7) з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 – 15%);

- вартість цінних інструментів, пристосувань, інвентарю (3 – 5% балансової вартості обладнання);

- вартість транспортних засобів (3% балансової вартості обладнання).

Обладнання та вартість обладнання за базовою та новою технологією приведені в таблиці 7.8.

Таблиця 7.8 – Розрахунок вартості обладнання (за базовою та новою технологією)

Найменування обладнання	Ціна, грн.
Зварювальний апарат для аргоно-дугового зварювання Jasіc TIG-315P ACDC	33930
Кутова шліфувальна машина Makita 9565CVR	3349
Бормашина пневматична TOPTUL КАКА0822, ¼, 6mm, 22000 об. / хв.	1259
Всього:	38538

Розрахунок вартості основних засобів, амортизаційних відрахувань, структури основних засобів наведено в таблиці 7.9.

Таблиця 7.9 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн.	Структура, %	Норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування, тис. грн.
1. Виробничі будівлі	216000	9,24	8	17,280
2. Споруди	10800	0,62	8	0,864
3. Обладнання	38538	83,94	24	478,561
4. Цінні інструменти, прилади, інвентар	79760	3,52	24	19,142
5. Транспортні засоби	59820	2,68	40	23,928
Усього	404918	100	-	539,775

7.2.3 Розрахунок фонду оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, формує фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами і системами оплати праці.

Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядно-преміальною формою оплати праці; допоміжних робітників – за почасово-преміальною формою оплати праці; керівників та спеціалістів – по штатно-окладной формі оплати праці.

Плановані доплати і премії для робітників приймаємо в розмірі 50% від тарифної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15% до тарифної заробітної плати, для керівників і фахівців – 40%.

Розраховуємо тарифний фонд заробітної плати основних робітників за формулою [8]:

$$З_{\text{тар}} = N \sum_{i=1}^m P_i, \quad (7.6)$$

де m – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію, табл.;

N – річна виробнича програма виробів.

Розцінка на операцію розраховується за формулою [8]:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \quad (7.7)$$

де C_i – годинна тарифна ставка i -того розряду;

t_i – норма штучного часу на t_i -ту операцію, нормо-год;

Розрахунок розцінок за базовою технологією зведений в таблицю 7.10, за новою технологією зведений в таблицю 7.11.

Таблиця 7.10 – Розрахунок розцінок за операціями за базовою технологією

Найменування операції	Норма часу, н/год.	Розряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Зняття верхнього і бічних тентів	2	3	37	74
Зняття верхнього зсувного механізму	1,5	3	37	55,5
Демонтаж направляючого профілю	0,5	3	37	18,5
Зачистка профілю в місцях наплавки (23 місця)	0,42	3	37	15,54
Наплавлення профілю (23 місця)	1,92	4	48	92,16
Шліфування профілю в місцях наплавки (23 місця)	1,92	3	37	71,04
Установка профілю на причіп	0,5	3	37	18,5
Всього	8,76			345,24

Таблиця 7.11 – Розрахунок розцінок за операціями за новою технологією

Найменування операції	Норма часу, н/год.	Розряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Зняття верхнього і бічних тентів	2	3	37	74
Зняття верхнього зсувного механізму	1,5	3	37	55,5
Демонтаж направляючого профілю	0,5	3	37	18,5
Вирізка зношених елементів профілю (23 місця)	0,83	3	37	30,71
Зачистка крайок під зварювання (23 місця)	0,83	3	37	30,71
заготівля пластин	1	3	37	37
Сварка вставок (23 місця)	1,92	4	48	92,16
Шліфування профілю в місцях зварювання (23 місця)	1,92	3	37	71,04
Установка профілю на причіп	0,5	3	37	18,5
Всього	11			428,12

Тарифний фонд заробітної плати основних виробничих робітників за базовою технологією ($Z_{\text{осн.б}}^{\text{тар.}}$) і новою технологією ($Z_{\text{осн.н}}^{\text{тар.}}$) розраховується за формулою (7.6):

$$Z_{\text{осн.б}}^{\text{тар.}} = 345,24 \times 40 = 13809,6;$$

$$Z_{\text{осн.н}}^{\text{тар.}} = 428,12 \times 40 = 17124,8.$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою [8]:

$$Z_{\text{доп.}} = C_i \cdot K_{\text{тар.ср.}} \cdot F_{\text{д.р.}} \cdot R_{\text{доп.}}, \quad (7.8)$$

де C_i – часова тарифна ставка 1-го розряду;

$F_{\text{д.р.}}$ – дійсний річний фонд часу робітника, год.;

$R_{\text{доп.}}$ – чисельність допоміжних робітників;

$K_{\text{тар.ср.}}$ – середній тарифний коефіцієнт.

Середній тарифний коефіцієнт розраховується за формулою [8]:

$$K_{\text{тар.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i R_{\text{доп}i}}{R_{\text{доп.}}} \quad (7.9)$$

де m – кількість розрядів робіт допоміжних робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду;

$R_{\text{доп}i}$ – кількість допоміжних робітників i -го розряду.

Середній тарифний коефіцієнт за формулою (7.9) складає:

$$K_{\text{тар.ср}} = \frac{1,33 \cdot 6 + 1,55 \cdot 2}{8} = 1,385$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, за формулою (7.8) складає:

$$З_{\text{доп.}} = 25,13 \cdot 1,385 \cdot 1768 \cdot 8 = 492282,6272 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства – 22 % від фонду оплати праці.

Річний фонд заробітної плати ІТР приведений в таблиці 7.12.

Таблиця 7.12 - Розрахунок фондів заробітної плати ІТР

Посада	Чисельність, чол.	Місячний оклад, грн.	Річний фонд, грн.
1. Майстер	1	8000	96000
2. Технолог	1	5500	66000
Усього	2	6700	80400

Фонд оплати праці розрахований і приведений в таблиці 7.11.

7.2.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами ділянки за такими статтями прямих і непрямих витрат.

Прямі витрати:

1. Основні матеріали:

- за базовою технологією - 1142,5 грн.;

- за новою технологією – 1421 грн.
- 2. Основна заробітна плата основних виробничих робітників:
 - за базовою технологією - 345,24 грн.;
 - за новою технологією - 428,12 грн.
- 3. Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників:
 - за базовою технологією - 172,62 грн.;
 - за новою технологією - 214,06 грн.
- 4. Єдиний соціальний внесок:
 - за базовою технологією - 113,9292 грн.;
 - за новою технологією - 141,2796 грн.
- 5. Паливо та енергія на технологічні цілі за базовою та новою технологією розраховуються за формулою [8]:

$$E = S \cdot U \cdot I \cdot t \cdot N, \quad (7.10)$$

де $S = 2,57$ грн. – вартість 1 кВт електроенергії;

$U = 30$ В – зварювальна напруга;

$I = 0,45$ кА – зварювальний струм;

$t_{шт.н} = 11$ н/год - норма часу за новою технологією;

$t_{шт.б.} = 8,76$ н/ год. – норма часу за базовою технологією.

Паливо та енергія на технологічні цілі за формулою (7.10) складає:

$$E_n = 2,57 \cdot 30 \cdot 0,45 \cdot 11 \cdot 40 = 15265,8 \text{ грн.};$$

$$E_b = 2,57 \cdot 30 \cdot 0,45 \cdot 8,76 \cdot 40 = 12157,128 \text{ грн.}$$

Стаття «Утримання та експлуатація машин і обладнання» комплексна і охоплює такі витрати:

- 1) Утримання обладнання і робочих місць.
- 2) Заробітна плата додаткових робочих і відрахування на соціальні заходи.
- 3) Поточний ремонт обладнання і дорогих інструментів – 5% від їх вартості.
- 4) Амортизація виробничого обладнання та дорогих інструментів.
- 5) Відтворення малоцінних і швидкозношуваних предметів – 50% від їх вартості (вартість – 2% вартості обладнання).
- 6) Інші витрати становлять 5% від суми витрат попередніх статей.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (ВУО) розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання α задається викладачем:

$$\alpha = \frac{\sum \text{ВУО}}{\text{ЗП}_0} \cdot 100\%, \quad (7.11)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання;

$$\alpha = 300 \%$$

Розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання, що припадає на одиницю виробу розраховуються за формулою [8]:

$$\text{ВУ}_i = \frac{\alpha}{100} \cdot \text{З}_{oi}, \quad (7.12)$$

де З_{oi} – основна заробітна плата на одиницю продукції, грн.

Розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання, що припадає на одиницю виробу за формулою (7.12) складає:

$$ВУ_{\text{н}} = 428,12 \times 3 = 1284,36 \text{ грн.}$$

$$ВУ_{\text{г}} = 345,24 \times 3 = 1035,72 \text{ грн.}$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» – це витрати на управління в межах цеху. Стаття комплексна і охоплює такі витрати:

- 1) Утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів і керівників і відрахування на соціальні заходи.
- 2) Утримання приміщень та інвентарю.
- 3) Поточний ремонт приміщень та інвентарю розраховується в розмірі 2% їх балансової вартості.
- 4) Амортизаційні відрахувань будівель і споруд.
- 5) Витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво приймають збільшено 100 грн. на рік на одного працівника.
- 6) Витрати на охорону праці плануються на рік 175 грн. на одного працівника.
- 7) Інші витрати складають 3% від суми витрат по попереднім статтям.

Загальновиробничі витрати (**ЗВ**) розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників та розраховують за формулою [8]:

$$ЗВ_i = \frac{\beta}{100} \cdot З_{oi}, \quad (7.13)$$

де β - відсоток загальновиробничих витрат задається викладачем,
 $\beta = 200 \%$

Загальновиробничі витрати (ЗВ) за формулою (7.13) складають:

$$ЗВ_n = 428,12 \times 2 = 856,24 \text{ грн.}$$

$$ЗВ_6 = 345,24 \times 2 = 690,48 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати вміщують витрати, пов'язані з утриманням адміністративно - управлінського персоналу підприємства, а також утриманням та експлуатацією основних засобів загального виробничого призначення, охорону праці та техніку безпеки персоналу та інші.

Адміністративні витрати складають в середньому 250% від основної заробітної плати основних виробничих робітників та розраховуються за формулою [8]:

$$AB_i = \gamma \cdot З_{oi}, \quad (7.14)$$

де γ - відсоток адміністративних витрат, задається викладачем,
 $\gamma = 100\%$.

Витрати на збут η складаються з витрат, пов'язаних з реалізацією продукції і вміщують витрати на тару та тарні матеріали, транспортування готової продукції, рекламу, витрати на маркетингові дослідження та інші.

Витрати на збут складають 2% від виробничої собівартості і розраховуються за формулою [8]:

$$ВЗ_i = \frac{\eta}{100} \cdot С_v, \quad (7.15)$$

де $С_v$ – собівартість виробнича, грн.

Калькуляція собівартості зварювальних робіт комплексу елементів кузова автомобіля зведена до таблиці 7.13.

Таблиця 7.13 – Калькуляція собівартості зварювальних робіт комплексу елементів кузова автомобіля

Стаття витрат	Нова технологія		Базова технологія	
	Всього витрат, грн.	На одиницю, грн.	Всього витрат, грн.	На одиницю, грн.
1	2	3	4	5
1. Основні та допоміжні матеріали	56840	1421	45700	1142,5
2. Основна заробітна плата основних робітників	17124,8	428,12	13809,6	345,24
3. Додаткова заробітна плата основних робітників	8562,4	214,06	6904,8	172,62
4. Єдиний соціальний внесок	5650,8	141,27	4556,8	113,92
5. Паливо і енергія на технологічні цілі	15265,8	381,645	12157,128	303,9282
6. Утримання та експлуатація машин і обладнання	51374,4	1284,36	41428,8	1035,72
7. Загальновиробничі витрати	34249,6	856,24	1380,96	690,48
8. Виробнича собівартість	189067,8	4726,6	125938,08	3804,40

Тоді за рахунок збільшення експлуатаційного ресурсу (термін експлуатації збільшився вдвічі) маємо економічний ефект:

$$E = N (C_b \times K_e - C_n) \times N = (3804,40 \times 2 - 4726,6) \times 40 = 115288 \text{ грн.}$$

Показники ефективності і результативності зведені у таблиці 7.14.

Таблиця 7.14 – Показники ефективності і результативності

Найменування показника	Значення показника
1. Програма випуску	
- в натуральному вимірі, одиниць	40
- по трудомісткості, нормо-год.	350,4
2. Виробнича площа ділянки, м ²	432
3. Вартість основних засобів, грн.	404918
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб	16
- основні робітники	6
- допоміжні робітники	8
- керівники і спеціалісти	2
5. Середня заробітна плата працюючих за місяць, грн.	8941,1
6. Продуктивність праці одного працівника, грн./чол.	11816,7375
7. Фондовіддача грн./грн.	3,4
8. Коефіцієнт завантаження обладнання	0,86
9. Фондомісткість грн./грн.	0,04
10. Собівартість одиниці продукції, грн.	4726,6
11. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.	115288

Таким чином можна зазначити, що використання нової технології виробництва комплекту елементів кузова автомобіля с собівартістю 4726,6грн., (що є більше за базову собівартість на 922,2 грн.) є економічно доцільною за рахунок збільшення експлуатаційного ресурсу на 40%.

Очікуваний економічний ефект від впровадження нової технології – 115288 грн.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці [9] при вдосконаленні зварювального виробництва елементів кузова автомобіля.

8.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Механічні травми при підготовці виробів до зварювання внаслідок не виконання техніки безпеки під час збирання частин кузова перед зварюванням, зокрема при використанні вантажопідйомних машин .

б) Механічні травми, пов'язанні з порушенням правил охорони праці, через невикористання спеціального одягу, негативний вплив теплового випромінювання, який утворюється в зоні зварювання.

в) Можливість ураження електричним струмом. Основними причинами ураження можуть бути не виконання правил електробезпеки, невикористання засобів індивідуального захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені дроти, неізольовані скручування, пробій ізоляції.

г) Отруєння зварювальними газами, аерозолями представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів в результаті не ефективної роботи місцевої витяжної механічної вентиляції в місцях їх утворення.

г) Термічні опіки в результаті випадкового дотику нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок.

д) Негативний вплив електромагнітних полів і випромінювань. Негативний вплив електромагнітних полів, який полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє загальній захворюваності.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

ж) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

з) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання.

л) Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах ЧС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

8.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Для виключення травм робоче місце зварювальника повинно бути в чистоті та порядку, не допускаючи нічого зайвого, що заважає роботі на робочому місці, а також в проходах і проїздах. Деталі і заготовлі слід тримати в стійкому положенні на підкладках і стеллажах. Висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини або півтора діаметри підстави штабелю і у всіх випадках не має бути більше 1 м. Все вживане обладнання повинне оснащуватися запобіжними елементами і пристроями згідно ГОСТ 12677-81 «Клапан зворотний підйомний муфтовий». Для уникнення травм пов'язаних з використанням вантажопід'ємних механізмів, робітники працюючи з цими механізмами повинні чітко дотримуватись інструкцій НПА ОП 0.00-1.01-07 “Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів”.

б) Для виключення отримання механічних травм повинно бути передбачено проведення усіх необхідних інструктажів з охорони праці, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Робітники повинні бути забезпечені спеціальним одягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация», або груповими засобами захисту згідно з ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация», до яких відносять брезентові захисні костюми, рукавиці брезентові, спеціальне взуття із захисними носками, щітки захисні або окуляри.

Отримання механічних травм при зварюванні елементів кузову автомоіля найчастіше відбувається внаслідок теплового випромінювання В зв'язку з цим обов'язковим є щоденний контроль за дотриманням інструкцій з охорони праці при термічній обробці металів.

в) Для виключення поразки електричним струмом електроустаткування повинне відповідати ДСТУ 12.1.019-79 «Система стандартів безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» і ПУЭ-20013 «Експлуатація електроустаткування і електроустановок» повинна проводитися відповідно «Правил технической эксплуатации электроустановок» (ПТЭ), «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» і «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Згідно ДСТУ 12.1.019-79 електробезпека повинна забезпечуватися:

- конструкцією електроустановок;
- засобами захисту працюючих;
- організаційними заходами.

Електроустановки і їх частини мають бути виконані так, щоб працюючі не піддавалися небезпечним і шкідливим діям електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин необхідно застосовувати наступні способи і засоби:

- захисні обгороджування (тимчасові або стаціонарні);
- безпечне розташування струмоведучих частин;
- ізоляцію струмоведучих частин (робочу, додаткову, посилену, подвійну) згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- безпечна напруга (не більше 42 В);
- захисне відключення згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- попереджувальну сигналізацію, блокування, знаки безпеки.

Для забезпечення захисту від поразки електричним струмом при дотику до металевих не струмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції, застосовують наступні способи:

- захисне заземлення, занулення згідно ПУЕ-20013;
- захисне відключення;
- ізоляцію не струмоведучих частин згідно ДСТУ 12.2.007.0-75 «Система стандартів безпеки праці. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- електричне розділення мережі;
- безпечна напруга (не більше 42 В);
- контроль опору ізоляції;
- компенсація струмів замикання на землю;

Технічні способи і засоби застосовують окремо або в поєднанні один з одним так, щоб забезпечувався оптимальний захист.

Перед початком роботи проводиться перевірка усіх систем:

- перевіряється на холостому ході правильність включення операцій усіма механізмами установки для наплення і справність пульта управління;
- перевіряється цілісність і надійність ізоляції і заземлення установок і пульта управління;
- перевіряється стан контактних поверхонь.

г) Для попередження отруєнь зварювальними газами і аерозолями представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів при роботі в закритих приміщеннях необхідно передбачити місцеву витяжну механічну вентиляцію. Приблизне співвідношення віддаленого повітря 1200-2000 м³/год.

г) Для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови », костюми захисні від підвищених температур по ГОСТ 12.4.045-78, спеціальної шкіряним взуттям по ГОСТ 12.4.032-77 «Взуття спеціальне шкіряне для захисту від підвищених температур. Технічні умови».

8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

д) Негативний вплив електромагнітних полів, яка полягає в зниженні імунітету людини, а відповідно, сприяє загальній захворюваності. Одним із заходів захисту є нормування їх напруженості відповідно ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів», винос потужного технологічного обладнання за межі робочої зони.

е) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні, причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

Для нормалізації параметрів повітряного середовища в проекті передбачено: пристрій технічних систем, які повинні забезпечувати параметри повітряного середовища відповідно до норм, які вказані в таблиці 8.1, згідно СНиП 23-01-99 «Будівельна кліматологія».

Таблиця 8.1 - Оптимальні фізичні параметри навколишнього середовища цеху

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість, м/с
Холодний	18 - 22	40 - 60	0,1 - 0,3
Теплий	20 - 23	40 - 60	0,1 - 0,4

У теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або общеобменную припливно витяжну вентиляцію відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». У холодний період року використовуються системи водяного опалення відповідно до СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Продуктивність природної вентиляції (приплив або витяжка повітря) визначається за формулою [10]:

$$L = k \cdot V_n = 2 \cdot 3024 = 6048 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (8.1)$$

де k – кратність повітрообміну (відповідно до галузевих норм кратність повітрообміну в цеху становить $k=2$);

V_n – об'єм приміщення, м^3 ;

Площа цеху = 432 м^2 з висотою 7 м.

Необхідний повітрообмін в приміщенні, де не виділяється надлишкове тепло, розраховується за формулою [10]:

$$L = l \cdot n = 30 \cdot 16 = 480 \text{ м}^3/\text{год} \quad (8.2)$$

де l – мінімальна подача повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (при об'ємі приміщення, що припадає на одного працівника, до $20 \text{ м}^3 - 1 = 30 \text{ м}^3/\text{год}$);

n – кількість працівників у приміщенні яка дорівнює 16 чоловікам.

Кількість зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у приміщенні [10]:

$$L = \frac{Q}{C \cdot \gamma \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})} = \frac{18900}{1 \cdot 1,17 \cdot (35 - 27)} = 2019 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \quad (8.3)$$

де Q – загальна кількість тепловиділення (без урахування втрат) у приміщенні, яка дорівнює 18900 кДж/год;

C – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1 кДж/(кг °C);

γ – густина зовнішнього повітря.

Густина зовнішнього повітря розраховується за формулою [10]:

$$\gamma = \frac{353}{(273 + t_{\text{зовн}})} = \frac{353}{(273 + 27)} = 1,17 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (8.4)$$

Розраховувати кількість зовнішнього повітря, необхідного для асиміляції надлишкового тепла у виробничому приміщенні в теплий період

року. Температура зовнішнього повітря відповідно до СНиП 2.04.05–91 для м. Запоріжжя складає 27 ° С.

ж) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

Для забезпечення необхідного рівня виробничого освітлення слід дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування». Вибір джерел освітлення виконується в залежності від розмірів виробничого приміщення. Можуть використовуватися люмінесцентні лампи і газорозрядні лампи низького і високого тиску типів ПД-80 або ДРЛ-250.

8.4 Заходи з пожежної безпеки

з) На складально-зварювальній ділянці небезпечними чинниками пожежі є:

- відкритий вогонь (зварювальна дуга, полум'я газового зварювання і різання);
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;
- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню і різанню.

Пожежна безпека на складально-зварювальній ділянці може бути забезпечена сукупністю заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання поширення вогню в разі виникнення пожеж і створення умов, що сприяють швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Передбачені на складально-зварювальній ділянці заходи, попереджуючи причини виникнення пожеж, підрозділяються на організаційні, експлуатаційні, технічні і режимні.

До організаційних заходів відносяться: навчання робітників протипожежним правилам, проведення бесід, інструкцій, організація добровільних дружин, пожежно-технічних комісій, видання наказів по питаннях посилення пожежної безпеки.

До експлуатаційних заходів відносяться: правильна експлуатації, профілактичні ремонти, огляди і випробування зварювального обладнання і пристроїв і так далі

До технічних заходів відносяться: дотримання протипожежних норм і правил при пристрої і установці зварювального устаткування, систем вентиляції, підведення електропроводки, захисного заземлення і відключення.

До режимних заходів відносяться: заборона куріння в невстановлених місцях, проведення зварювальних і інших вогневих робіт в пожежнебезпечних місцях.

Пожежну техніку згідно ГОСТ 124009 – 82 «Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування», призначену для захисту складально-зварювальних об'єктів підрозділяють на наступні групи: пожежні машини (автомобілі, мотопомпи і причепа); установки пожежогасінні; установки пожежної сигналізації; вогнегасники; пожежне устаткування; пожежний ручний інвентар; пожежні рятувальні пристрої.

Первинні засоби пожежогасіння розташовуються в складі пожежного щіта. Крім цього на щіті розташовується: пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна - 1, пожежні відра - 2, совкові лопати - 2, лом - 1, сокира - 1).

Відповідно до ГОСТ 121004-91 «Пожежна безпека. Загальні вимоги» передбачені засоби пожежогасінні. При гасінні титану, який горить і деяких

інших сплавів категорично забороняється заливати їх водою, застосовувати пісок, вуглекислоту, азот, хладон, порошки типа ПСБ і ША.

Для гасіння пожежі застосовується склад глинозем, мелений плавиковий шпат, сухий порошковий флюс. Ці речовини подаються у осередок загоряння у ручну або за допомогою вогнегасника ВВК-5.

8.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

л) Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епіфітотією, пожежею, яке призвело до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та значних матеріальних втрат.

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є невідповідність персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкта в умовах НС; організацією рятувальних і відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів до більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження.

Таким чином, для створення ефективної системи охорони праці та створення безпечних умов для персонала необхідно:

- Обов'язкове проведення медичних оглядів, проведення інструктажів, допуск до роботи осіб старше 18 років, які пройшли навчання за фахом,

відповідно НВАО 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;

- Використання індивідуальних захисних засобів відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук», щитки захисні ГОСТ 12.4.035 78 «ССБТ Щитки захисні лицьові для електрозварників»;

- Робоче місце повинно бути організовано в спеціальних кабінах, має бути зручним, з хорошою вентиляцією згідно ГОСТ 12.4.021-75 «Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні»;

- Регулярно проводиться перевірка захисного заземлення, відсутність оголених проводів, відкритих скруток пробоїв ізоляції ПУЕ-2011 «Правила улаштування електроустановок»;

- Перевірка наявності та справності засобів індивідуального захисту органів дихання згідно ГОСТ 12.4.034-2001 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту органів дихання»;

- Робоча зміна не повинна перевищувати встановленої для даної категорії працівників щоденної тривалості робочого часу, в перебігу кожної години відпочинок на 5 хвилин;

- Проведення перевірки освітленості робочої зони і справності освітлювальних ламп відповідно ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування»;

- Перевірка системи водяного опалення та кондиціонування ділянки відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»;

- Проведення оглядів усіх засобів пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити) знаходяться на ділянці відповідно до СНиП 2.01.02-85 «Противопожечні норми проектування будівель і споруд».

- Контроль за рівнем освітленості - по ГОСТ 24940-81;

- Контроль пожежної небезпеки - по ГОСТ 12.1.004-85;

- Контроль за станом вентиляції робочих місць - по ГОСТ 12.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті з'ясували, що деякі елементи кузова автомобіля працюють в умовах циклічних навантажень, які призводять до місцевого зношування кузова, фактично локально профіль зношується до наскрізного отвору. З'ясували що підвищення локальної стійкості контактної поверхні до зношування за рахунок термічної обробки базового сплаву не є можливим, оскільки матеріал вже піддано оптимальній обробці виробником.

Ознайомились з обладнанням на якому виконувалось дослідження базового алюмінієвого сплаву та сплаву В95.

Провели дослідження базового сплаву алюмінію, при якому дізнались твердість сплаву, мікроструктуру та хімічний склад. На основі досліджень базового сплаву підібрали матеріал який має віщі експлуатаційні властивості. Провели хімічний аналіз цього матеріалу і з'ясували що сплави схожі за своїм складом.

З метою оптимізації режимів зварювання проведено зварювання зразків сплаву В95 і базового сплаву ручним аргано-дуговим зварюванням з присадками Al-Mg5 та Al-Si5.

З'ясували що зварні з'єднання в зоні вварювання ремонтних вставок експлуатуватимуться в умовах циклічних навантажень. Отже важливо не тільки виключити появу тріщин на стадії виробництва, а ще й використати такий матеріал у шві, який би найменшою мірою був би схильним до розповсюдження втомних тріщин. Найбільш підходящим виявився присадний матеріал Al-Mg5.

Розробили технологію зварювання елементів кузова автомобіля, підібрали необхідне обладнання та зварювальні матеріали.

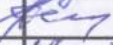
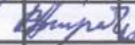
В економічній частині проекту розрахували додаткові капітальні вкладення за проектом на вдосконалення процесу зварювання профіля, визначили річну економію експлуатаційних витрат.

В розділі охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях зробили аналіз потенційних небезпек та прийняли заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії та гігієни працівників, з пожежної безпеки та у надзвичайному стані.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Каленко, Д.М канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины) Современные способы сварки алюминиевых сплавов со сталями (Обзор). – 2012. - 06.07. – 8 с.
2. Филиппов М.А., Бараз В.Р., Гервасьев М.А. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2 т. Т. II. Цветные металлы и сплавы / – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 236 с.
3. Гитлевич, А.Д Техническое нормирование процессов в сварочных цехах. – М.: Машиностроение, 1972. –136 с.
4. Красовкий А.И. Основы проектирования сварочных цехов. –М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
5. Технічні характеристики зварювального апарату [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ek.ua/JASIC-TIG-315P-AC-DC--E103-.htm>– 15.02.2017 г. – Загол. з екрану.
6. Технічні характеристики кутової шліфувальної машини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/makita_9565cvr/15.02.2017 г. – Загол. з екрану.
7. Технічні характеристики бормащини пневматичної [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://kulibin.com.ua/catalog/>15.02.2017 г. – Загол. з екрану.
8. Методичні вказівки до виконання економічного розділу науково-дослідницьких дипломних проєктів для студентів спеціальності: В.В.Круглікова , –Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 32 с.
9. Методические указания к дипломному проектированию по охране труда. Дудник Г.И., Порохненко В.П., Писарский А.О. и др. – Запорожье: ЗНТУ, 2000. – 60 с.
10. Безопасность производственных процессов /Под ред. Беяева. –М.: Машиностроение, 1984. – 462 с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Сирман		12.12.18
Провер.	Андрущенко		12.12.18
Н. контр.	Нетребко		
Листов 3		Лист 1	

	ГКИЮ 15.12.18.009	
	ДП	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

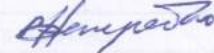
на технологічний процес ремонту зварюванням
направляючого профілю автомобіля

УТВЕРЖДАЮ

Нормоконтроль

Нетребко В.В.

Дата



Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____.

Зав. кафедрой ОТСП, д.т.н.

Дата 20.12.2018

 Овчинников О.В.

Комплект документов
соответствует

ТД

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов 3	Лист 3		
Разраб.			Сирман		12.12.18						ГКИЮ 17.86.11.009			
Пров.			Андрущенко		12.12.18									
Н. контр.			Нетребко											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции						Обозначение документа			
Б	Код. наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт г
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
О 18	Зварювання вставок				V									1,92
Р 19	Ісв = 110-120А, струм-змінний ,													
М 20	ПрутокAlMg5, dp = 3,2 мм													
А 21					70	Слюсарна								
Б 22	Машина шліфувальна кутова													
О 23	Шліфування зварних швів				V									1,92
А 24					80	Контрольна								
Б 25	Стіл контролю якості													
О 26	Візуальний				V									0,5
А 27					90	Транспортна								
Б 28	Кранбалка													
О 29	Транспотування до складського місця				III									0,2