

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Удосконалення технології кузовного ремонту легкових
автомобілів»

Виконав: студент групи Ат-43сп

Спеціальності 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва)

Микола БАЛАБАН
(ім'я та прізвище)

Керівник: канд. техн. наук, доцент
(нак. ступінь, вчене звання)

Олексій ШВЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ ____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Балабану Миколі Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення технології кузовного ремонту легкових автомобілів»

Керівник роботи к.т.н, доцент Швець Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНУП від 27 листопада 2023 року №641/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 20 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: довідкова література, технічні характеристики автомобілів, характеристики металів для виготовлення кузовів, каталоги обладнання для станцій технічного сервісу, методики та правила виконання кузовного ремонту, каталоги з технологічним інструментом, інструкції з експлуатації зварювального обладнання, інструкції з охорони праці, технічні нормативи на проведення ТО автомобілів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Аналіз об'єктів та технологій кузовного ремонту автомобілів; 4.2. Застосування зварювання в технологічних процесах кузовного ремонту автомобілів; 4.3. Удосконалення технологічного процесу кузовного ремонту автомобілів; 4.4. Охорона праці; 4.5. Економічна оцінка удосконаленої технології.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | | Відмітка про виконання |
|------------|--|----------------|------------------|------------------------|
| | | Завдання видав | завдання прийняв | |
| 1, 2, 3, 5 | Швець О.П. доцент каф. машинобудування | | | |
| 4 | Городецький І.М. доц. каф. ФІМтаБВ | | | |

7. Дата видачі завдання “ ___ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|-------|--|-------------------------------|------------------------|
| 1 | Аналіз об'єктів та технологій кузовного ремонту автомобілів | 28.12.23 | |
| 2 | Застосування зварювання в технологічних процесах кузовного ремонту автомобілів | 16.02.23 | |
| 3 | Удосконалення технологічного процесу кузовного ремонту автомобілів | 15.03.23 | |
| 4 | Охорона праці | 12.04.24 | |
| 5 | Економічна оцінка удосконаленої технології | 10.05.24 | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 30.05.24 | |
| 7 | Оформлення графічної частини | 17.06.24 | |

Студент

(підпис)

Балабан М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Швець О.П.

(прізвище та ініціали)

Балабан М.О. «Удосконалення технології кузовного ремонту легкових автомобілів»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 57 с.,

Табл. 8; рис. 25; бібліогр. джерел 35.

Проведено аналіз видів та конструкцій автомобільних кузовів. Визначено основні складові елементи кузова легкового автомобіля та можливі їх дефекти та поломки. Проаналізовано типи матеріалів, які використовуються для виготовлення та ремонту кузовів легкових автомобілів, а також технології та основні операції, які при цьому виконуються.

Розглянуто способи зварювання, які застосовуються в технологічному процесі кузовного ремонту. Визначено найбільш поширені з них та обрано напрямок удосконалення технології ремонту шляхом застосування новітніх способів з'єднання листового матеріалу методом MIG-паяння. Підібрано обладнання, яке дозволяє проводити з'єднання різноманітних металів методом MIG-паяння.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання зварювальних робіт.

Розраховано необхідні капіталовкладення на удосконалення технології кузовного ремонту легкових автомобілів та визначено термін їх окупності.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ | 7 |
| 1.1 Аналіз різновидів автомобільних кузовів | 7 |
| 1.2 Основні види пошкоджень кузова легкового автомобіля | 10 |
| 1.3 Матеріали для виробництва автомобільних кузовів | 13 |
| 1.3.1 Низьковуглецеві сталі для кузовів та їх властивості | 13 |
| 1.3.2 Високоміцні та високоштамповані сталі для кузова | 15 |
| 1.4 Аналіз технологій та засобів для відновлення кузова автомобіля | 16 |
| 2 ЗАСТОСУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ | 22 |
| 2.1 Загальні вимоги до процесів зварювання | 22 |
| 2.2 Види зварювання, які застосовуються під час кузовного ремонту | 23 |
| 2.2.1 Газове зварювання | 23 |
| 2.2.2 Зварювання опором (контактне зварювання) | 24 |
| 2.2.3 Зварювання в середовищі захисного газу | 25 |
| 2.3 Загальні вимоги до зварювальних апаратів, які використовуються в авторемонтних майстернях | 26 |
| 2.4 Рекомендації щодо налаштування зварювального апарату | 28 |
| 2.5 Помилки налаштування зварювального апарату | 29 |
| 2.5 Змащування тертьових поверхонь | 35 |
| 2.6 Особливості деяких методів зварювання | 30 |
| 2.7 Вимоги для отримання якісної точки зварювання серед CO ₂ | 34 |
| 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ | 35 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Аналіз технологічного процесу MIG-паяння листової сталі | 35 |
| 3.2 | Характеристики пропонованого обладнання для виконання MIG-паяння в технологічному процесі кузовного ремонту автомобіля | 37 |
| 3.3 | Приклади застосування MIG-пайки під час ремонту автомобілів | 40 |
| 4 | ОХОРОНА ПРАЦІ | 42 |
| 4.1 | Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт | 42 |
| 4.2 | Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків | 44 |
| 4.3 | Рекомендації щодо покращення безпеки праці | 46 |
| 5 | ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ | 47 |
| 5.1 | Розрахунок капітальних вкладень | 47 |
| 5.2 | Кошторис витрат за виконання робіт | 48 |
| 4.3 | Розрахунок показників економічної ефективності | 50 |
| | ВИСНОВКИ И ПРОПОЗИЦІЇ | 52 |
| | БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 53 |

ВСТУП

Сучасний автомобільний кузов - це результат досягнутого технічного рівня, організації виробництва, моди та розвитку поглядів на завдання автомобіля. Кузови з'явилися раніше, ніж автомобілі. Це не перебільшення, враховуючи існування таких засобів руху, як віз та карета. Перші автомобілі майже не мали кузова, так як їх конструктори всю свою увагу приділяли новому в тому час приводу та механічного керування транспортним засобом. Початком розвитку саме автомобільного кузова можна вважати момент, коли Генрі Форд почав масове виробництво автомобіля Ford T, в ході серійного виробництва якого виявилось, що кузов є головною складовою за вартістю та трудомісткістю. У сучасних легкових автомобілях кузов складає 40...60 % їхньої власної маси та вартості виробництва.

Ремонт кузова є важливою технологічною та економічною завданням. Водії та власники автомобілів пред'являють дуже високі, часом завищені вимоги до якості кузова, тому автомеханіку та слюсарю з ремонту автомобілів необхідно освоювати найсучасніші методи та засоби кузовного ремонту, щоб з достатньою рентабельністю забезпечити необхідні споживчі властивості автомобіля.

Найважливішими напрямками вдосконалення ТО та ремонту легкових автомобілів є:

- застосування прогресивних технологічних процесів;
- вдосконалення організації та управління виробничою діяльністю;
- підвищення ефективності використання основних виробничих фондів та зниження матеріаломісткості та трудомісткості галузі;
- застосування нових, більш досконалих у технологічній частині проектів та реконструкція діючих станцій технічного обслуговування автомобілів з урахуванням фактичної потреби за видами робіт, а також можливості їхнього подальшого поетапного розвитку;
- підвищення гарантованості якості послуг та розробка заходів матеріального та морального стимулювання його забезпечення.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

1.1. Аналіз різновидів автомобільних кузовів

Кузови автомобілів призначені для розміщення вантажів, пасажирів та спеціального обладнання. В залежності від виду вантажу кузови поділяються на вантажні, пасажирські (легкові та автобусні) та спеціальні.

Залежно від конструкції автомобільні кузови можуть бути каркасними, напівкаркасними та безкаркасними. Більшість сучасних легкових автомобілів мають безкаркасні кузови, автобусів - каркасні та напівкаркасні, а кабіни вантажних автомобілів можуть бути напівкаркасними та безкаркасними.

За характером сприймається навантаження кузови можуть поділятися на несучі, напівнесучі та розвантажені. Несучі кузови більшості сучасних легкових автомобілів та автобусів не мають рами і всі навантаження сприймаються самим кузовом.

Форма кузова, його об'єм, розташування та кількість дверей і сидінь залежать від типу та призначення автомобіля. В даний час широкого поширення набули клиноподібні форми кузова зі значно площею застакнення.

Найбільш поширеними є наступні типи кузовів (рис. 1.1) [20]:

- лімузин - закритий чотирьох- або шестидверний кузов з двома чи трьома рядами сидінь та встановленою перегородкою позаду першого ряду;
- седан - закритий чотирьохдверний кузов, який має два ряди сидінь;
- купе - закритий двохдверний кузов для 2 ... 4 пасажирів;
- універсал - закритий кузов з додатковими задніми дверима;
- хетчбек - закритий кузов, який має троє або п'ять дверей, одне з яких розташована позаду. Хетчбек відрізняється від універсала тільки меншим об'ємом багажника;
- кабріолет - відкритий кузов зі складним або знімним дахом;
- фаетон - різновид кабріолету м'яким відкидним верхом, знімними боковинами і двома чи трьома рядами сидінь;

- пікап - вантажопасажирський кузов з відкритою платформою і двомісною закритою кабіною.

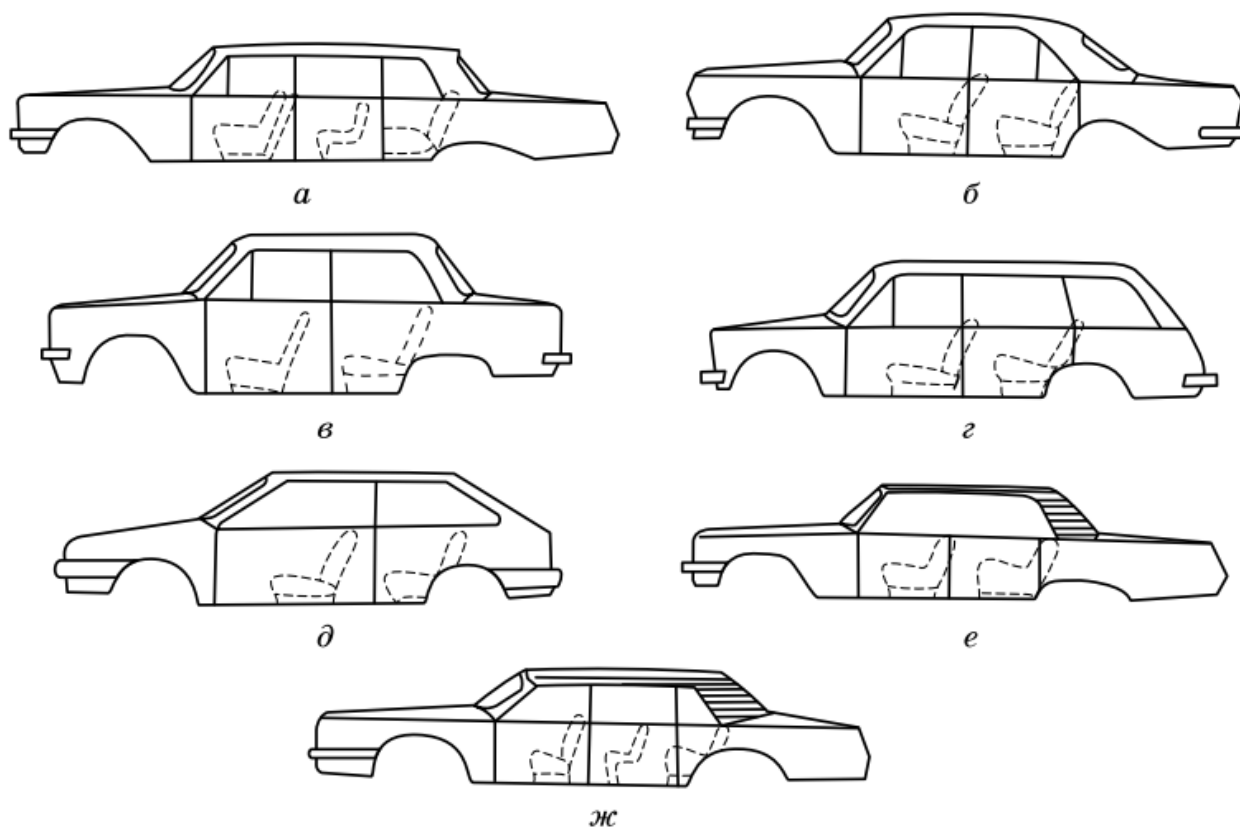


Рисунок 1.1 – Конструктивні схеми кузовів легкових автомобілів:

а - лімузин; б - седан; в - купе; г - універсал; д - хетчбек; е - фаєтон; ж - кабриолет

Більшість легкових автомобілів мають жорсткий зварний каркас (кузов), який складається з окремих попередньо зібраних вузлів: підлоги (днища), лівої та правої боковин із задніми крилами, даху та передніх крил. Деталі кузова, штамнують з листової сталі та з'єднують між собою методом електрозварювання. До передньої частини днища кузова автомобіля кріпиться коротка рама (підрамник), на якій встановлюються двигун і передня підвіска. Для збільшення міцності до кузова приварюють підсилювальні накладки, кронштейни та виштамповують ребра жорсткості. Спереду та ззаду на кузові встановлюють бампери. У боковинах кузова містяться отвори для кріплення дверей, які складаються із з'єднаних між собою зовнішньої та внутрішньої штампованих панелей [10].

Капот закриває відсік двигуна зверху. Він, зазвичай знаходиться в передній частині кузова автомобіля. Як і двері він складається з каркасу та зовнішньої панелі, з'єднаних між собою.

Для зберігання багажу, запасного колеса та інших шоферських інструментів в кузов легкового автомобіля має багажник, розташований зазвичай в задній частині автомобіля. Кришка багажника має таку ж конструкцію, як і капот.

Кузови більшості сучасних легкових автомобілів виготовляють цілнометалевими [19]. Його головним завданням є забезпечення з'єднання всіх частин автомобіля, розміщення водія, пасажирів та вантажів, захист їх від зовнішніх впливів. Він складається із сталевого нероз'ємного каркаса, на якому встановлені капот двигуна, кришка багажника, двері, крила та деталі декоративного оформлення (бампери, облицювання радіатора тощо) (рис. 1.2) .

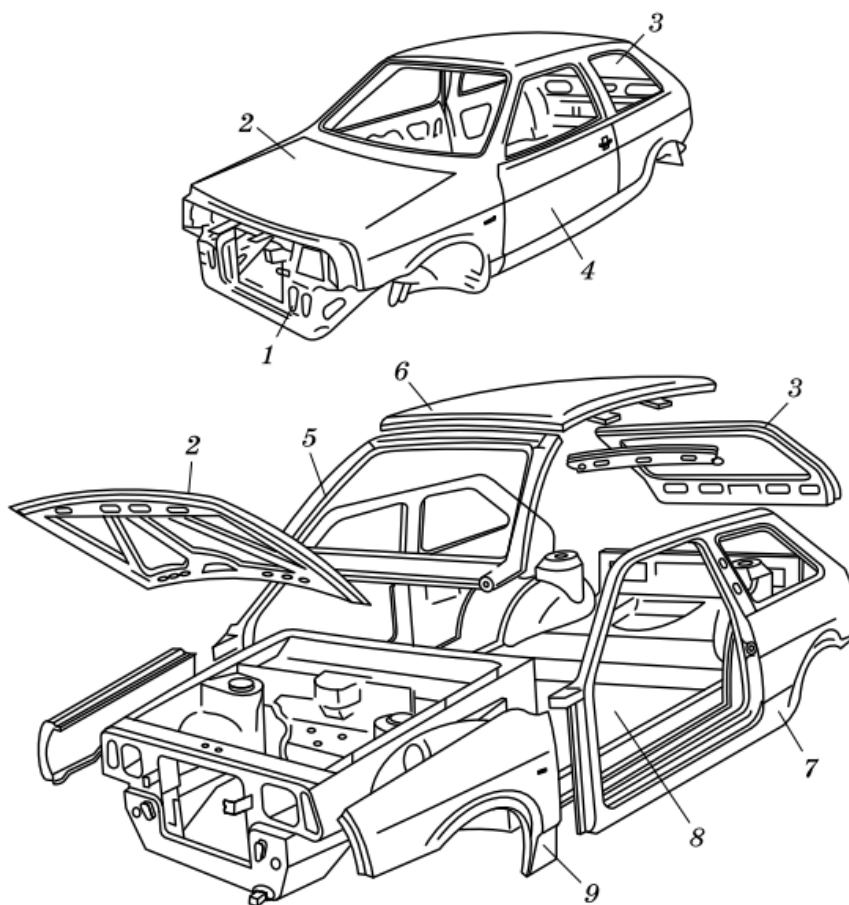


Рисунок 1.2 - Кузов легкових автомобілів типу «хетчбек»:

1 - корпус; 2 - капот; 3, 4 - двері; 5 - рама; 6 - дах; 7 - боковина;

8 - основа; 9 - крило

Жорстку конструкцію каркаса кузова отримують шляхом зварювання в одне ціле попередньо зібраних вузлів: основи (підлоги) з передніми та задніми елементами каркасу, бризковиків, правої та лівої зовнішніх панелей із задніми крилами, передніх крил та даху. Для підвищення жорсткості кузова в його конструкцію можуть бути додані повздовжні та поперечні бруси, лонжерони та інші профільні елементи, які мають коробчастий переріз, що зменшує його загальну масу.

Основу кузова виготовляють у вигляді сталевोї, цільноштампованої або зварної панелі, посиленої по периметру.

Дах кузова автомобіля (крім кабриолета та фаетона) металевий, цільноштампований. Він може мати отвори для встановлення вітрового та заднього вікон, а також верхнього люка.

Для виготовлення кузовів автомобілів найчастіше застосовують листову сталь товщиною від 0,6 до 1,5 мм. Це здебільшого низьковуглецеві якісні сталі із середнім вмістом вуглецю 0,08 %, які володіють доброю зварюваністю [2].

Останнім часом все частіше застосовують сталі з добавкою міді або нікелю у сполучі з хромом для забезпечення антикорозійних властивостей. Для виготовлення штампованої основи можуть використовувати гарячеоцинковані листи.

Всі кузовні листи після гарячої прокатки піддають процесу травлення, тобто видалення з поверхні окалини, яка може перешкоджати їх контактному електрозварюванню.

1.2. Основні види пошкоджень кузова легкового автомобіля

Кузов легкового автомобіля визначає його зовнішній вигляд. Основні пошкодження кузова, які можуть виникати в процесі експлуатації автомобіля це корозія, тріщини, аварійна деформація.

Як би якісно не була створювалася конструкція кузова, в процесі експлуатації автомобіля в його елементах неминуче з'являються тріщини та вогнища корозії. Тріщини в елементах кузова, як правило, є наслідком активної

експлуатації автомобіля на поганих дорогах, що призводить до постійних перекосів кузова. Найчастіше тріщини з'являються на передніх стійках, передніх лонжеронах в зоні кріплення амортизаторів. Всі ці несправності легко виявляються під час технічного огляду автомобіля. Складнішою є ситуація з оцінкою корозійного ураження кузова, оскільки він містить багато коробчастих закритих перерізів, у яких нерідко затримується волога під впливом якої формуються осередки корозії (рис. 1.3). Для продовження терміну служби кузова виконують його періодичну обробку консервантами, покриття днищ протишумовою мастикою, обробляють уражені місця різними перетворювачами корозії, повністю або частково перефарбовують кузов, а подекуди – виконують заміну окремих деталей.

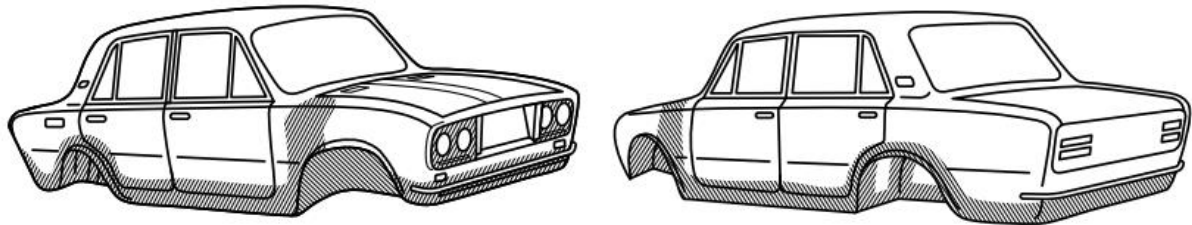


Рисунок 1.3 - Місця кузова легкового автомобіля, які найбільш піддаються корозії

Пошкодження кузовів, отримані в результаті зіткнення автомобіля, можна розділити на три основні категорії: до першої відносяться дуже сильні ушкодження, в результаті яких виникає необхідність заміни усього кузова; до другої категорії відносяться пошкодження середньої складності, при яких більша частина деталей кузова потребує заміни чи складного ремонту; до третьої категорії відносяться незначні пошкодження (подряпини, вм'ятини, пробоїни, розриви на лицьових панелях, отримані при ударах на малій швидкості руху). Ушкодження третьої категорії не створюють небезпеки для руху на автомобілі.

Найбільш руйнівні ушкодження кузова спостерігаються при фронтальних зіткненнях (рис. 1.4), тобто при зіткненнях передньою частиною кузова прямо або під кутом до 40 ... 45 ° в районі передніх стійок. Найчастіше такі зіткнення відбуваються між двома транспортними засобами. Під час зіткнення швидкості

їх руху сумуються, що призводить до створення високих ударних навантажень. В момент такого зіткнення кузов автомобіля руйнується, особливо в передній частині, а діючі при цьому навантаження в поздовжньому, поперечному та вертикальному напрямках передаються всім деталям каркасу кузова та його силовим елементам [11, 12, 26].

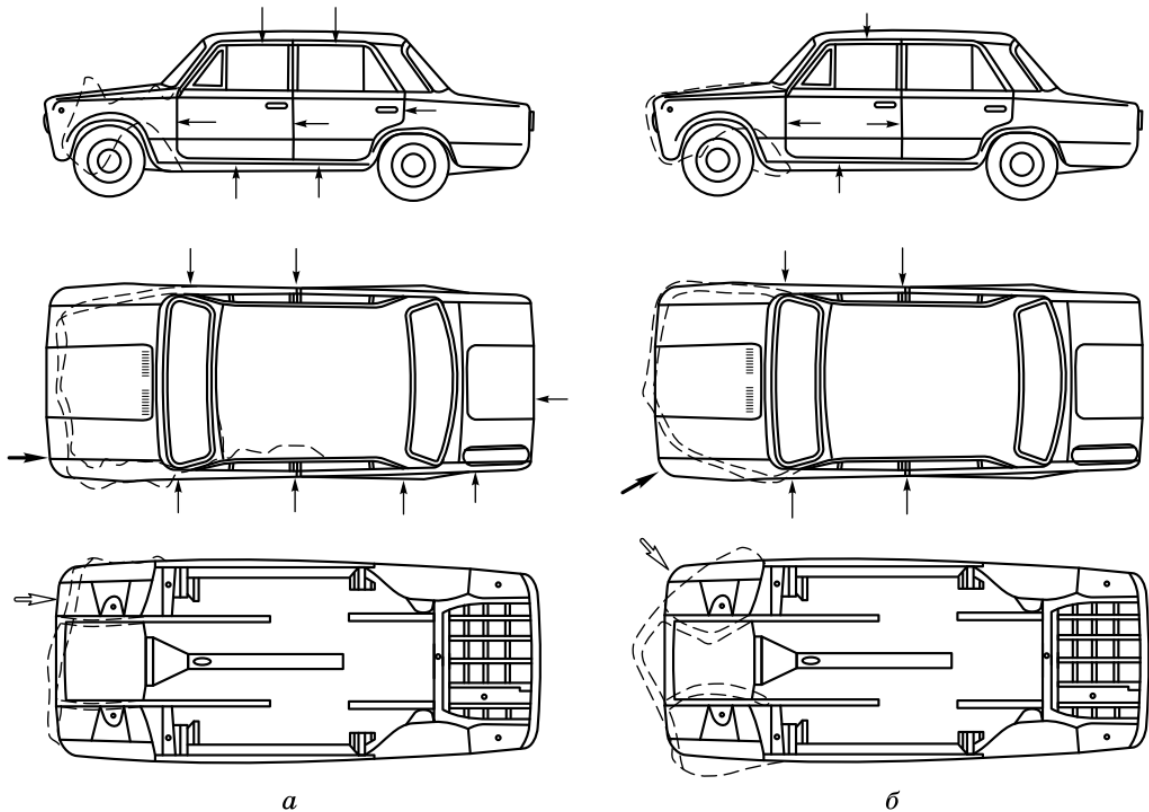


Рисунок 1.4 - Деформації кузова внаслідок аварії:

а - фронтальний удар передньої лівої частини; б - удар передньою частиною під кутом 40 ... 45 °

Виконуючи зовнішній огляд аварійного кузова можна встановити наявність перекосів за виступами (западанням) дверей, кришки багажника та капота відносно нерухомих поверхонь кузова. Порушення рівномірності зазорів по лініях з'єднання навісних та нерухомих деталей також може свідчити про наявність деформації в деталях кузова, які були викликані зіткненням автомобіля. Однак, слід пам'ятати, що зовнішнім оглядом не завжди можна визначити відхилення лінійних розмірів отворів кузова і геометричних параметрів за базовими точками основи кузова. Для цього необхідно застосовувати вимірювальні засоби, контрольні пристрої та стенди.

1.3. Матеріали для виробництва автомобільних кузовів

Як нам відомо з історичних довідок, кузова перших автомобілів в основному виготовлялися із дерева. Однак із початком масового виробництва автомобілів дерево, як конструкційний матеріал, перестало задовольняти поставлені вимоги і його замінили сталлю. В даний час в автомобілебудуванні переважає сталь, і всупереч появі інших більш перспективних матеріалів для кузовів, котрі можуть замінити сталь, неможливо уявити автомобіль без її застосування. Це обумовлено її властивостями, які ми розглянемо далі. Так при однаковій масі деталь, виконана зі сталі, дешевша, ніж з інших матеріалів, особливо з урахуванням терміну служби. При цьому використання навіть дорогих, зате більш довговічних сортів сталі (надвисокоміцних), може бути економічно вигідним рішенням.

Відомі випадки, коли традиційно сталеві деталі кузова автомобіля виготовлялися з іншого матеріалу, але після кількох років експлуатації автомобіля за економічним міркувань виробники поверталися до сталі.

Крім того, сталь забезпечує високу пасивну безпеку пасажирів. У разі зіткнення автомобіля з перешкодою сталеві деталі кузова здатні поглинати більше енергії удару, ніж би вони були виготовленні з іншого матеріалу, включаючи склопластик та алюміній. Особливо це важливо при сильних ударах на високій швидкості.

1.3.1. Низьковуглецеві сталі для кузовів та їх властивості

Виробництво автомобільних кузовів пов'язане з виготовленням деталей складної форми та високою якістю поверхні. Крім того, кузов автомобіля повинен мати достатню міцність і довговічність, а також задовільний опір ударам під час зіткнення автомобілів. Отримати такий кузов можна лише шляхом холодного штампування деталей з листової маловуглецевої сталі. Така

сталь має високу пластичність і дозволяє виготовляти деталі з глибокою витяжкою. Однак, через неможливість виготовити всього кузова з одного або кількох листів, конструкцію розділяють на кілька частин, які потім з'єднують за допомогою зварювання. Для штампування окремих деталей кузова застосовуються спеціальні штампи [2].

Основні показники пластичності сталевих листів, який застосовується для виготовлення деталей кузова автомобіля є відносне видовження, поперечне звуження, межа міцності, межа текучості, твердість HRB.

Сталеві листи виготовляють із якісної маловуглецевої сталі (табл. 1.1) методом холодного штампування деталей з особливо складною витяжкою (категорія ОСВ) та для штампування зі складною витяжкою (категорія СВ). Замість сталі 08кп допускається поставка листів зі сталі 08Юпс. Сталеві листи виготовляються та поставляються в термічно обробленому стані.

Таблиця 1.1 - Розподіл сталей за якістю

| 0 | Оброблення поверхні | | Розподіл сталі |
|-----|---|----|--|
| I | Особовисоке оброблення, холоднокатаний листи | ВГ | 05кп, 08кп, 10кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20 |
| II | Високого оброблення, холоднокатані листи | ВГ | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20 |
| | | Г | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35 |
| | | Н | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35 |
| III | Підвищеного оброблення, холоднокатані та гарячекатані листи | ВГ | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20 |
| | | Г | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35 |
| | | Н | 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 |
| IV | Нормального оброблення, гарячекатані листи | Г | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35 |
| | | Н | 05кп, 08кп, 10кп, 15кп, 20кп, 08пс, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 |

Тонколистова сталь якісна вуглецева конструкційна поставиться у відпаленому стані, а також після термічного та глибокого відпуски.

За здатністю до витяжки під час штампування розрізняють такі групи:
ВГ - дуже глибокої, Г - глибокої, Н - нормальної витяжки.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі для автомобільних кузовів

| Категорія листа | σ_T , кг/мм ² | σ_B , кг/мм ² | δ_{10} , % | HRC, 30/100 | σ_T / σ_B |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------|
| ОСВ | 20 | 26-33 | 44 | 45 | 0,66 |
| СВ | 21 | 26-34 | 42 | 48 | 0,7 |

1.3.2. Високоміцні та високоштамповані сталі для кузова

Одним з основних напрямків розвитку матеріалів для кузова та інших деталей автомобіля є збільшення обсягу застосування високоміцних сталей з метою підвищення безпеки та зниження маси автомобіля. Необхідність зниження маси диктується постійним жорсткістю екологічних вимог щодо зменшення шкідливих речовин у викидах автомобіля [2].

В даний час на металургійних комбінатах освоєно виробництво високоштампованого автомобільного листового прокату зі сталі типу IF в холоднокатаному стані та з цинковим покриттям. Хімічний склад сталі IF, яка використовується для виробництва холоднокатаного листа та листа з покриттями, представлений у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад сталі IF, %

| C | Si | Mn | S | P | Al | N |
|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|
| 0,003- 0,005 | 0,010- 0,030 | 0,10-0,20 | 0,005- 0,010 | 0,008- 0,015 | 0,02-0,05 | 0,004- 0,006 |

Вміст титану та ніобію для сталі, мікролегованої за одним з варіантів - титаном, за іншим - титаном разом з ніобієм - розраховується в залежності від номінального вмісту вуглецю, сірки та азоту методами термодинамічного аналізу і становить відповідно 0,03–0,06 % титану або, відповідно, 0,02-0,03 % титану та 0,03-0,06 % ніобію.

Низькі величини відношення σ_T/σ_B та високий ступінь деформаційного зміцнення цих сталей гарантують високі властивості міцності і однорідність товщини штампованих деталей кузова. Використання ІF-сталей замість рядових низьковуглецевих сталей (типу 08Ю) забезпечує, при зберіганні міцності, зниження маси пропорційне глибині витяжки/штампування.

1.4. Аналіз технологій та засобів для відновлення кузова автомобіля

Процес відновлення аварійного кузова автомобіля полягає у відновленні геометрії його контрольних точок у відповідності із технічними даними, вказаними виготівником на конкретний автомобіль. Після дефектування та розбирання кузова виконують ремонт та відновлення його частин. Розрізняють кілька способів ремонту:

- правка механічною дією (рихтування, витягування) в «на холодну» або із застосуванням місцевого підігріву;
- ремонт шляхом вирізання дефектної частини деталі з виготовленням додаткової ремонтної деталі;
- ремонт способом заміни ушкоджених елементів кузова новими або вживаними деталями.

В залежності від виду пошкодження та необхідного ремонту розбирання кузова може виконуватися частково або повністю. Відновлення можуть виконуватись на універсальних чи спеціалізованих робочих місцях із застосуванням різних методів. Здебільшого такі роботи виконуються на рамних стендах. Рамний стенд складається з масивної пересувної або стаціонарної рами. Для виконання ремонтних робіт деформований кузов кріпиться до рами. На ній також встановлюються всі необхідні технологічні пристрої, такі як гідравлічні тягові пристосування або елементи вимірювальних систем [4, 16, 22].

Для прикладу стенд (стапель) SIVERE-110 (рис. 1.5) має класичну американську конструкцію з великою платформою та силовими пристроями баштового типу. Виготовлена з листового металу, рівна та простора платформа

5,2 x 2,1 м дозволяє закріплювати широку гаму автомобілів від малолітражок, до позашляховиків та легких вантажівок вагою до 3500 кг. Робоча висота платформа 63 см забезпечує легкий доступ до будь-якої частини автомобіля. Силкові пристрої розташовані безпосередньо на платформі. Оснащені роликами, вони легко пересуваються по рейкових опорах уздовж периметра платформи, створюючи робочу зону 360°. На платформі може кріпитися додаткове обладнання: напрямні ланцюгів, фіксатори ланцюгів, гідроциліндри.

Для машин, які не мають відбортуння кузова (MB, BMW та ін.) і рамних додатково поставляються спеціальні адаптери кріплення.



Рисунок 1.5 – Стапель SIVERE-110

Рихтувальний стенд SIVER EL-210 (рис. 1.6) з ножичним підйомником розроблений для ремонту легкового та малотоннажного комерційного транспорту. Великі габарити його платформи дозволяють працювати з більшістю автомобілів.

Силкові пристрої баштового типу легко переміщуються по всьому периметру платформи і забезпечують постійне тягове зусилля. Механізм фіксації додаткового оснащення простий у використанні.

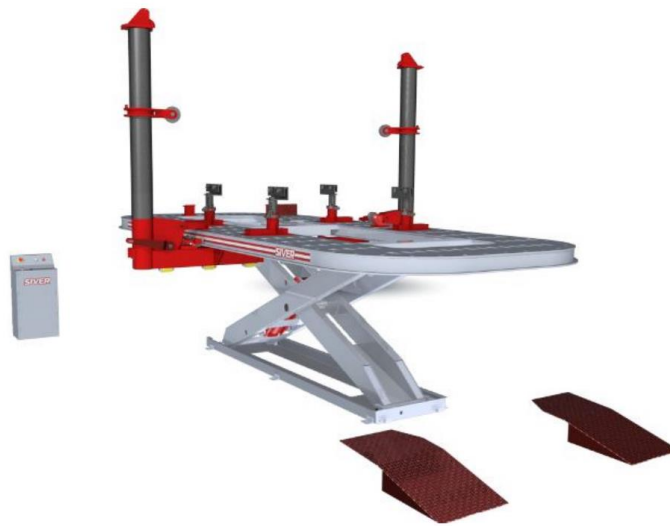


Рисунок 1.6 – Стапель SIVEREL-210

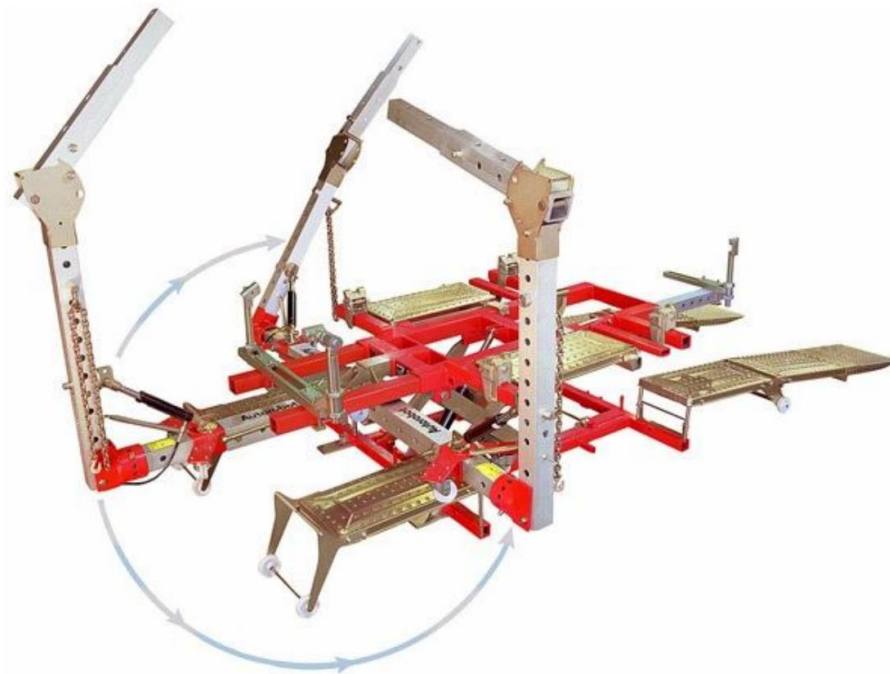


Рисунок 1.7 – Стапель Autorobot XLS

Стапель Autorobot XLS (рис. 1.7) є модульною системою, яку можна розширити за допомогою виправних модулів та інших додаткових пристроїв різного профілю. На ньому можна швидко організувати витяжку в усіх напрямках, використовувати як підйомник, наприклад, для встановлення деталей та інших ремонтних робіт. За допомогою багатфункціонального опорного/джигового комплексу легко спозиціонувати заміну частину лонжерону перед зварюванням. Опорний гвинт можна використовувати для виправлення фіксації неушкодженої частини кузова [4].

Рихтувальні стенди оснащують різноманітним обладнанням, зокрема гідравлічним.



Рисунок 1.8 – Комплект для редагування кузова гідравлічний TORIN T71002L

Операції з розбирання та видалення окремих пошкоджених елементів кузова не повинні допускати виникнення додаткових деформацій ремонтного об'єкта. Найбільш складними є операції розбирання деталей кузова, які є частинами зварної конструкції.

Для усунення пошкоджень кузова застосовуються різні способи зварювання та пристосування для витягування вм'ятин великої площини і правки складних ділянок кузовів. В основі їх роботи стоїть принцип прикладання плавного та точного зусилля ззовні деталі. Комплект обладнання показаний на рис. 1.9-1.10.



Рисунок 1.9 – Типовий комплект для витягування пошкодженої ділянки з прихватом

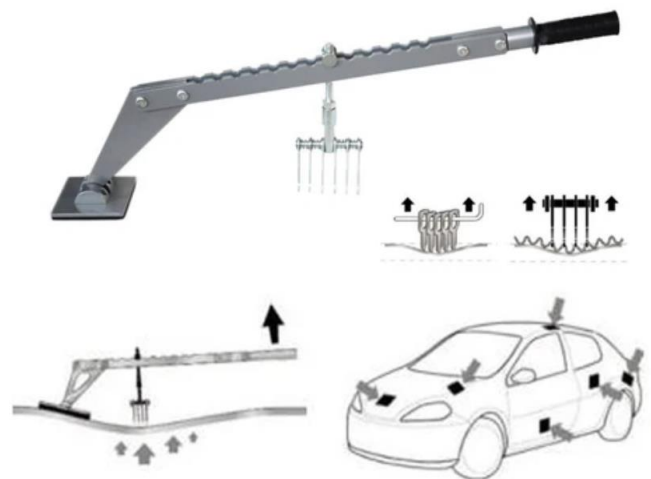


Рисунок 1.10 – Варіант використання важільного пристосування для витягування пошкодженої ділянки

Для обмежених ділянок витягування пропонуються важільні пристрої, які опираються на кузов автомобіля через оправку, за допомогою якої виправляється певна площа (рис. 1.10) [16].

На рис. 1.11 показана інверторна мобільна багатофункціональна зварювальна станція для точкового зварювання CarBench AS-25-CX (Італія). Апарат являє собою середньочастотний інвертер 1500 Гц, з водяним охолодженням. Апарат скомпонований на візку і відноситься до професійного обладнання, що дозволяє отримати якість зварювання, яка повністю відповідає заводському.



Рисунок 1.11 – Мобільна багатофункціональна зварювальна станція CarBench AS-25-CX (а) з двоелектродним зварювальним пістолетом (б)

Використання дорогих багатофункціональних зварювальних станцій не завжди економічно доцільно, сфера їх застосування обмежена та залежить від завантаження та видів робіт на сервісі. Тому випускаються апарати з меншим набором функцій – значну частину операцій з виправлення вм'ятин навісних панелей кузова можна здійснити методом одностороннього приварювання. До таких апаратів належать спотери [3].



Рисунок 1.12 – Споттер для виконання робіт з вирівнювання поверхні та одностороннього точкового зварювання

Завдяки автоматизації управління та наявності широкого ряду приладдя та аксесуарів, споттер дозволяє дуже точно проводити виправлення різних пошкоджень листових панелей кузова. Виправлення виконується методом приварювання певних витратних елементів, які як правило, знаходяться в комплекті (рис. 1.12)

Зварювальні напівавтомати MIG/MAG забезпечують зварювання сталей (у тому числі нержавіючих) і алюмінієвих сплавів у середовищі захисного інертного (аргону або гелію) або активного (вуглекислого) газу. Даний метод зварювання широко застосовується в сфері кузовного ремонту автомобілів, оскільки характеризується простотою використання, мінімальним нагріванням елементів, що зварюються, високим якістю шва. Крім того, він дозволяє вести роботи в будь-якому просторовому положенні [24].

До загальних плюсів використання цього методу відносяться висока продуктивність, відсутність шлаку та мала кількість диму.

Крім того, можна проводити зварювання порошковим дротом (без використання газу). При цьому зварювальне обладнання завжди готове до використання, оскільки немає необхідності в газових балонах.

Прикладом таких зварювальних напівавтоматів є апарат Fronius TPS 320i, представлений рисунку 3.13.



Рисунок 1.13 – Зварювальний напівавтомат Fronius TPS 320i

2. ЗАСТОСУВАННЯ ЗВАРЮВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

2.1. Загальні вимоги до процесів зварювання

Основними ушкодженнями кузовів, з якими легкові автомобілі надходять на ремонт, є корозійні руйнування, втомні тріщини і різноманітні деформації. Вибір способу зварювання під час ремонту кузова визначається конструкцією деталі, маркою матеріалу, вимогами до зварних з'єднань, продуктивністю праці та масштабами виробництва.

Під час виготовлення кузова більшість деталей з'єднуються між собою контактним зварюванням. Кількість та крок зварювальних точок, якими кожна деталь з'єднана з кузовом, а також товщини металу і форми деталей визначені конструктором керуючись необхідною конструктивною жорсткістю кузова. Кожна нова модель кузова автомобіля проходить на заводі численні випробування на відповідність вимог стандартів безпеки.

У ремонтній технології, під час заміни кузовних деталей, з метою збереження заданої конструктором жорсткості кузова, необхідно зберігати типи та параметри зварювальних швів та з'єднань деталей аналогічними заводським. Неприпустимим є в процесі ремонту кузова додатково посилювати або ослаблювати несучі елементи кузова (лонжерони, поперечки, стійки та підсилювачі) розраховані на гасіння енергії удару під час зіткнень автомобіля з перешкодою [19]. Під час ремонту кузовів необхідно використовувати тільки матеріали, затверджені заводами-виготовлювачами до застосування на їх автомобілях та викладених в нормах витрати основних і допоміжних матеріалів.

Зварювальні роботи слід виконувати відповідно до вимог міжгалузевих правил з охорони праці на автомобільному транспорті та інструкцій з охорони праці для рихтувальників та зварювальників, які затверджені та введені в дію на підприємстві, оскільки під час зварювання оцинкованих листів утворюється дим з великим вмістом отруйного окису цинку, через що необхідним є додаткове застосування місцевого відсмоктування газів.

2.2. Види зварювання, які застосовуються під час кузовного ремонту

2.2.1 Газове зварювання

З поміж багатьох видів зварювання металів, під час ремонту автомобілів широкого застосування знайшли наступні процеси [1]:

- киснево-ацетиленова зварювання;
- зварювання опором (контактне зварювання).
- дугове зварювання в середовищі захисного газу.

Для киснево-ацетиленового зварювання використовують комплект обладнання, до якого входить балон з ацетиленом, балон з киснем, візок, редукційні вентиля тиску газів, шланги та пальники. Киснево-ацетиленове зварювання використовують під час ремонту наступних дефектів і поломок кузова автомобіля:

- різання деталей, у тому числі зім'ятих та уражених корозією;
- паянні або прихватці деталей латунними припоями з температурою плавлення (600 ... 850) °C;
- для нагрівання точок усадки металу під час виправки вм'ятин;
- коли ділянка, на якій відбувається ремонт, недоступна для інших видів зварювання [6].

До переваг киснево-ацетиленового зварювання можна віднести його мобільність, легке керування процесом зварювання, просте обладнання, незначні виробничі витрати.

Недоліками киснево-ацетиленового зварювання є: тривалий час прогріву металу, велика зона відпалу, науглецювання металу (див. рис.

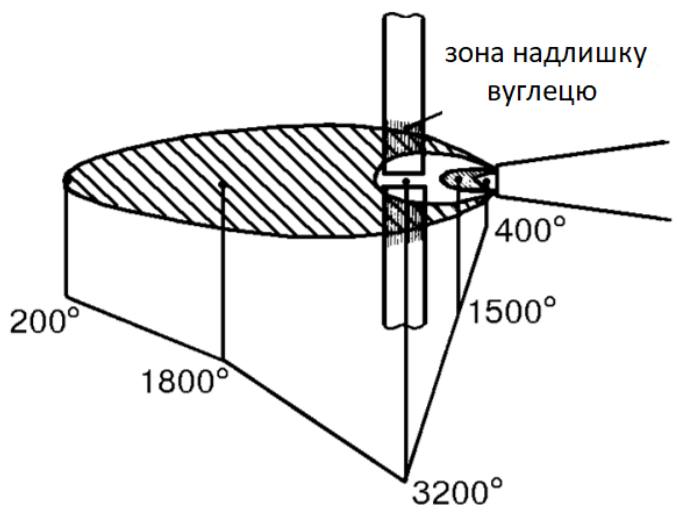


Рисунок 2.1 - Розподіл температури в полум'ї киснево-ацетиленового пальника

2.1), короблення, пористість шва, велика трудомісткість доробки зварювального шва, загазованість виробничих ділянок.

2.2.2. Зварювання опором (контактне зварювання)

Зварювання опором (контактне зварювання) являє собою процес утворення нероз'ємного з'єднання, які виникає в результаті нагрівання металу пропущеним через деталі електричним струмом і пластичної деформації зони з'єднання. Найбільшого поширення цей високопродуктивний вид зварювання металів отримав в автомобілебудуванні, де використовуються способи зварювання:

- точкове зварювання (найпоширеніша);
- роликкове зварювання для герметичних швів (баки, глушники);
- стикове зварювання (ободи коліс).

Принцип точкового зварювання (рис. 2.2) полягає в тому, що зварювані листи металу 1 стискаються мідними електродами 2; 3, і під дією високого струму (5...10 тис. А) метал між електродами миттєво розплавляється на всю товщину, починаючи із центру. Реле часу відключає подачу струму, і розплавлений у зоні з'єднання метал утворює суцільний стрижень, який швидко твердне, зусилля стиснення припиняється, і електроди відводяться [4].

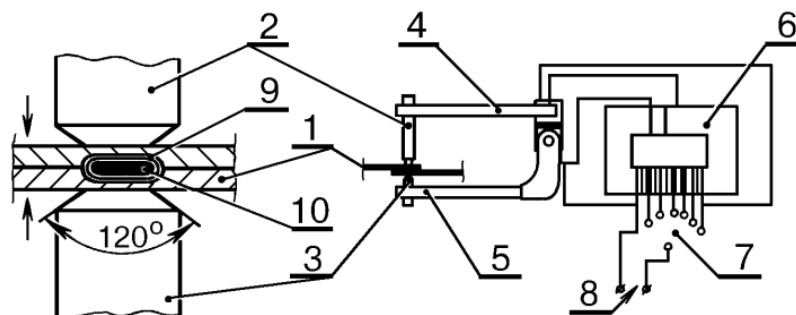


Рисунок 2.2 - Принципи роботи апарату точкового зварювання:

- 1 – листи металу; 2; 3 – мідні змінні електроди; 4; 5 – електродотримачі;
6 – трансформатор; 7 - пристрій регулювання сили струму; 8 – мережа живлення; 9 – зона підвищеної температури; 10 – розплавлений метал

Вимоги для отримання якісної зварювальної точки:

- чисті та, бажано, знежирені поверхні зварюваних листів металу;
- щільне стискання зварюваних листів металу;
- оптимальні параметри регулювання зварювального апарату (зусилля стискання, сила зварювального струму, час зварювання), які беруться з інструкції з експлуатації зварювального апарату.

При ремонті кузовів зварювання опором великого поширення не набуло через недоступність виконання швів зварювальними кліщами в багатьох місцях кузова.

2.2.3. Зварювання в середовищі захисного газу

Зварювання в середовищі захисного газу набуло найбільшого поширення в кузовному ремонті. Принцип роботи такого зварювання (рис. 2.3), полягає в тому, що замість електрода з обмазкою використовується електродний дріт, виготовлений з металу, близького за складом з металом, що зварюється. Через сопло зварювального пальника, встановлене концентрично відносно електродного дроту, на розплавлений метал подається захисний газ, який захищає метал від взаємодії з навколишнім середовищем (окислення та азотування) [24].

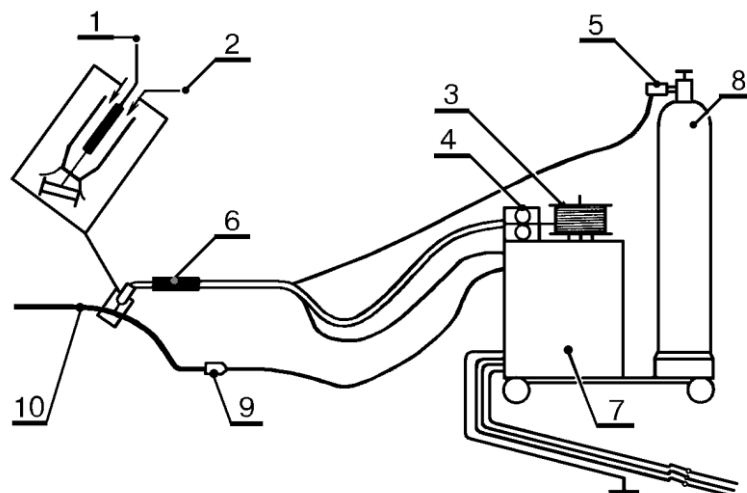


Рисунок 2.3 - Схема напівавтоматичної установки для MIG/MAG зварювання

1 – зварювальний дріт; 2 – захисний газ; 3 – котушка; 4 - механізм подачі; 5 – редуктор-витратомір; 6 – тримач зварювального пістолета; 7 - трансформатор-випрямляч; 8 – балон із захисним газом; 9 - провід "маси" кузова; 10 – кузов

До позитивних якостей цього виду зварювання можна віднести:

- хороші показники міцності зварювальних швів;
- можливість зварювання двох та більше листів металу з одного боку;
- простота роботи у всіх просторових положеннях;
- хороше проплавлення основного металу;
- низька теплова дія на метал;
- можливість зварювання деталей із зазором 2...3 мм;
- висока швидкість роботи;
- мінімальні зміни (короблень) форми деталі;
- можливість зварювання матеріалів неоднакової товщини;
- малі витрати на доопрацювання зварювальних швів;
- можливість виконання суцільних, переривчастих та точкових зварних швів;
- процес подачі плавкого електродного дроту механізований;
- простота контролю якості зварювання (за виглядом шва).

2.3. Загальні вимоги до зварювальні апаратів, які використовуються в авторемонтних майстернях

Під час ремонту кузовів використовуються напівавтоматичні зварювальні апарати, оснащені перетворювачем електричного струму та пристроєм подачі зварювальної дроту. Зварювальний апарат розміщується на візку, де також встановлюється балон із захисним газом. Довжина шлангу подачі зварювального дроту та захисного газу складає 3...3,5 м. Це дозволяє виконувати зварювальні шви без труднощів у будь-якому місці кузова.

Зварювальні напівавтомати вітчизняного та зарубіжного виробництва мають невеликі габарити, надійні в експлуатації та мають аналогічні характеристики (див. табл. 2.1) [31].

Таблиця 2.1 – Рекомендовані параметри зварювальних півавтоматів для авторемонтних майстерень

| Напруга мережі, В | Номінальний зварювальний струм, А | Діаметр електродного дроту, мм | Швидкість подачі електродного дроту, м/хв |
|----------------------|---|--------------------------------------|---|
| 220 та/або 380 | 40...250 | 0,6; 0,8; 1; 1,2 | 2...15 |

В інструкціях з експлуатації зварювальних апаратів вказані можливі режими їх використання.

Як електродний дріт застосовують в основному зварювальний дріт діаметром 0,8 мм, який найбільше підходить для зварювання листів металу завтовшки 0,7 ... 0,9 мм. Підвищений вміст присадок-розкислювачів (Г - марганець, С - кремній) у зварювальному дроті типу Св-08ГС-О або Св-08Г2С-О дозволяє зменшити окислювальну дію вільного кисню, присутнього в захисному газі CO₂. Таким чином досягається однакова міцність зварювального шва та основного металу. Обміднення дроту (індекс О) виконують з метою виключення корозії при зберіганні, створення надійного електричного контакту в механізмі для передачі струмів зварювання до 250 А, підтримує надійну дугу і сприяє виконанню безпористого шва з хорошими механічними властивостями.

Склад захисного газу впливає на форму зварювальної точки (зварювального шва), глибину проплавлення металу, хімічний склад та корозійну стійкість шва. Витрата захисного газу залежить в основному від конструкції сопла зварювального пальника і коливається в межах 5...15 л/хв [6, 24, 31].

Зварювальні апарати оснащені електричними кабелями: кабель мережі живлення, кабель живлення зварювального пістолета та "маси"; кабель живлення розмотуючого агрегату; кабель управління ланцюгом зварювання.

Зварювальні пальники, які застосовуються у кузовному ремонті, мають невеликі розміри та охолоджуються навколишнім повітрям.

2.4. Рекомендації щодо налаштування зварювального апарату

Налаштування зварювального апарату для роботи (напруга, швидкість подачі дроту, сила струму, витрата газу) проводиться за вимогами інструкції з експлуатації зварювального апарату залежно від прийнятого діаметру зварювального дроту, товщини зварюваних листів металу і типу з'єднання (суцільний шов, преривчастий шов, зварювання точками двох і більше листів металу, зварювання по проколотим отворах у верхньому листі металу).

Додаткові налаштування апарату на режим роботи включають виконання наступних операцій:

- налаштування часу подачі захисного газу перед подачею зварювального дроту;
- час подачі дроту після запалювання дуги при точковому зварюванні;
- інтенсивність потоку захисного газу для стабілізації горіння дуги;
- інтенсивність потоку газу після згасання дуги для додаткового захисту розплавленого металу.

Необхідно ретельно приєднувати провід маси апарату якомога ближче до місця зварювання на зачищений метал кузова або нижній лист металу зварюваного.

Для надійного укриття зварювальної ванни захисним газом необхідно постійно очищати сопло від застиглих бризок металу.

Перед початком зварювальних робіт на кузові робляють попередню перевірку налаштування апарату виконанням кількох точок зварювання на відходах листів металу тієї ж товщини і тієї ж марки сталі, що і метал деталей, які підлягають зварюванню.

Якщо апарат відрегульовано правильно, то на протилежному боці нижнього листа буде помітний невеликий приплив у центрі крапки. Якщо крапка не проварена, то достатньо збільшити час зварювання. Подача дроту попередньо встановлюється з розрахунку 1,5 см на 0,1 мм товщини листа.

2.5. Помилки налаштування зварювального апарату

Якщо зварювальний струм і швидкість подачі електрода занадто великі, то відбувається швидке розплавлення, і на листах металу утворюються подрізи (зменшення товщини основного металу в місці переходу до наплавленого) і пропали (порожнини у шві, що утворилися в результаті витікання зварювальної ванни).

Якщо зварювальний струм нормальний, але швидкість подачі електрода дуже мала, то поверхня зварювального шва виходить увігнутою, а зварювальний шов або погано проварений, або зовсім не проварений. У цьому випадку горіння дуги супроводжується не потріскуванням, а шипінням. Дріт розплавляється у вигляді крупних повільно падаючих крапель.

Якщо швидкість подачі електрода нормальна, але зварювальний струм надто великий, то потріскування дуги стає повільнішим, відбувається більш швидке розплавлення в глибину, що призводить до наскрізних пропалів металу.

Якщо швидкість подачі електрода нормальна, але зварювальний струм надто низький, то дуга супроводжується нормальним потріскуванням, зварювальний шов виходить випуклим з невеликим непроваром (місцевою відсутністю сплавлення між зварювальними елементами) і дещо вузьким.

Якщо зварювальний струм та швидкість подачі електрода недостатні, то плавлення металу відбувається у вигляді великих відносно повільно падаючих крапель. Потріскування стає повільнішим з легким шипінням. Зварювальний шов виходить вузьким і погано провареним.

Найбільш поширені дефекти зварювання показані на рис. 2.4.

Діаметр зварювальної точки при зварюванні деталей кузова приймається рівним двом товщинам зварюваних листів металу, плюс 3 мм. Наприклад: $0,7+0,8+3=4,5$ мм.

Тому в технологічних інструкціях на ремонт кузовів, при зварюванні деталей через проколоти отвори, діаметр отвору прийнятий рівним 5 мм. При більшому діаметрі зварювальної точки межа міцності при розриві точкового з'єднання перевищує межу текучості металу при розтягуванні листа, а також збільшується ризик пропалення листів. При надто маленькому діаметрі отвору з'являється небезпека недостатньої міцності з'єднання зварювальної точки з нижнім листом [9].

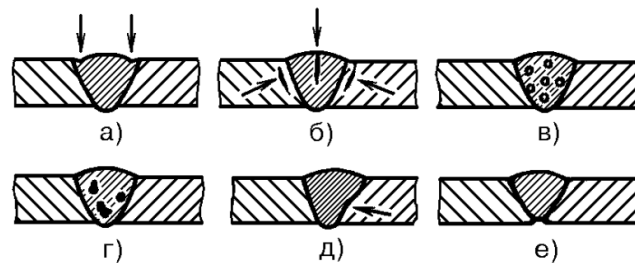


Рисунок 2.4 - Поперечні перерізи зварювальних швів із типовими дефектами
 а - підріз; б - тріщини; в - пористість; г – неметалеві та шлакові включення;
 д - непровар по кромці шва; е – непровар по товщині шва.

2.5. Вимоги до міцності зварювальних точок

Лабораторні дослідження якості зварювальних з'єднань показали, що міцність зварювальної точки, виконаної в середовищі захисного газу по ремонтній технології, не поступається міцності точкового зварювання, виконаної в умовах заводувиробника автомобілів.

Для виконання якісної зварювальної точки відстань від сопла до розплавного металу має бути 10...12 мм; кут зварювання (відхилення сопла від вертикалі до листів) повинен бути не більше 10...20 градусів.

2.6. Особливості деяких методів зварювання

Залежно від конструктивного розташування вузла кузова, який необхідно відремонтувати, доступу до з'єднаних деталей, їх призначення в конструкції кузова і товщини деталей, зварювання в середовищі захисного газу здійснюється суцільним, переривистим або точковим швами у всіх просторових положеннях, у тому числі і в важкодоступних місцях.

Основні типи та конструктивні елементи швів зварювальних з'єднань зі сталей, які виконуються зварюванням у середовищі захисного газу, встановлюються за ГОСТ 14776-79.

Зварювання суцільним швом (рис.5 а), виконується, в основному, на деталях з'єднаних встик струмом 40, 60 або 80 А виключно короткою дугою, при швидкості зварювання 0,2 ... 0,3 м / хв.

Під час зварювання верхніх (стельових) елементів кузова силу струму встановлюють на 10 % нижче зазвичай прийнятої, при вертикальних швах – на 10 % вище. Вертикальне зварювання на тонкому листі краще вести зверху донизу.

Зменшення передачі тепла до металу при виконанні суцільного шва можна досягти періодичним короткочасним відключенням та поновленням процесу зварювання [4].

При часткових замінах лицьових панелей зварювання ремонтної вставки з основної деталлю роблять встик суцільним швом або внапуск крапками з кроком 18...20 мм з відформовуванням кромки на деталі, що залишається на кузові, кромкогибом (рис.6 а), та виконанням отворів діаметром 5 мм на встановлюваній ремонтній вставці дірколомом (рис. 2.6, б) [1].

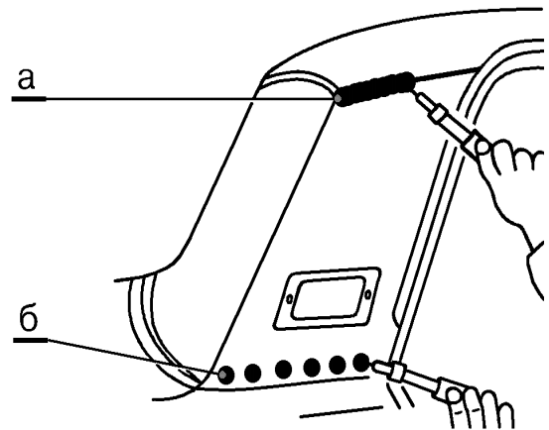


Рисунок 2.5 – Процес зварювання а – суцільним швом, б – точкове зварювання в напуск по отворах

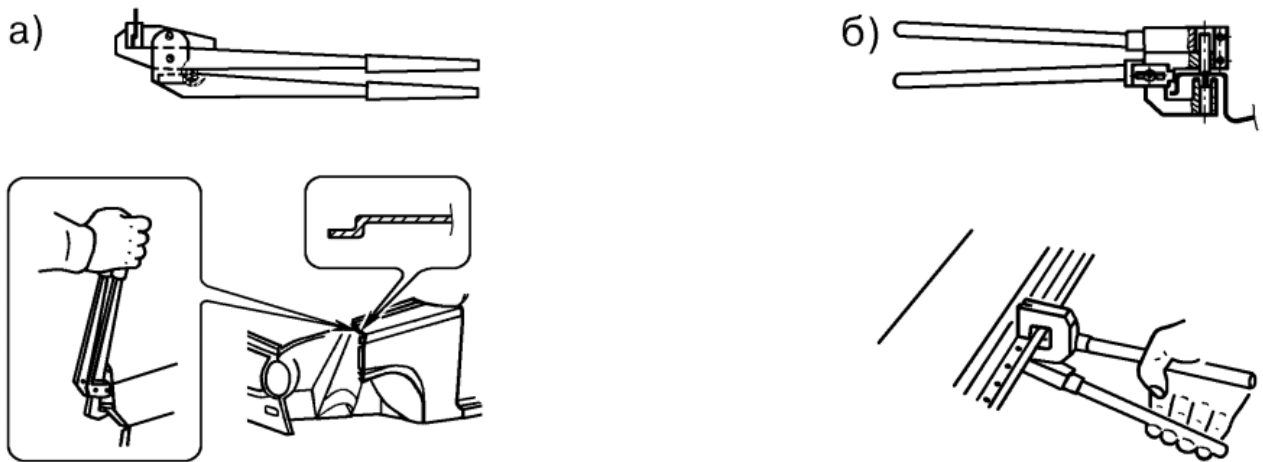


Рисунок 2.6 Технологічне обладнання для зварювання деталей кузова

а - кромкогіб; б – дірокол

Точкове зварювання (рис. 2.5,б), в ремонтній технології кузова є найбільш поширеним виглядом, у тому числі при зварюванні несучих елементів кузова (лонжеронів, поперечин, підсилювачів та ряду інших деталей). Зварювання рекомендується виконувати короткою дугою при напрузі 17...23 В. Збільшення напруги більше 23 В та зварювання довгою дугою призводять до зростання розбризкування і сильного окислення металу шва, зниження стійкості проти утворення пор і сприяє утворенню тріщин. При зниженні напруги менше 17 В утрудняється збудження електричної дуги і погіршується формування зварного шва.

Режим зварювання можна вибирати за графіком залежності сили струму та швидкості подачі електродного дроту від товщини зварюваних деталей, і діаметра електродного дроту (рис. 2 7) [31].

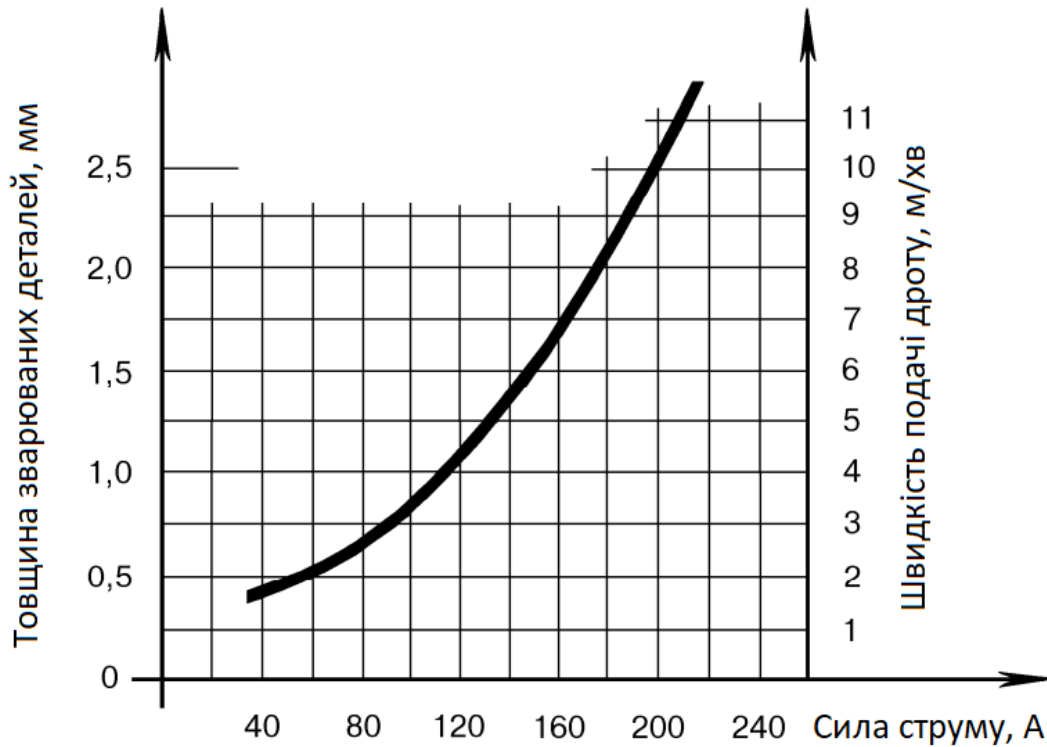


Рисунок 2.7 - Залежність сили струму та швидкості подачі дроту від товщини зварюваних деталей при діаметрі зварювального дроту 0,8 мм.

Орієнтовні режими зварювання тонколистової сталі в середовищі CO_2 омідненим дротом марки Св-08ГС наведено у таблиці 3.

Таблиця 2.3 – Рекомендовані режими зварювання в середовищі CO_2

| Діаметр електродного дроту, мм | Товщина металу, мм | Сила зварювального струму, А | Напруга дуги, В | Швидкість подачі дроту, м/хв | Виліт електрода, мм | Витрат CO_2 , л/хв |
|--------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 0,8 | 0,7...0,9 | 40...80 | 17...18 | 2,0...2,5 | 8...10 | 6...7 |
| | 0,9...1,2 | 70...100 | 18...20 | 2,5...3,5 | 8...10 | 7...8 |
| | 1,2...1,5 | 90...120 | 20...22 | 3,5...5,0 | 8...10 | 8...9 |

Під час зварювання двох листів металу зварювальна точка (шов) виступає над поверхні верхнього листа, що небажано для лицьових панелей кузова. Економію матеріалів, електроенергії та трудовитрат із зачистки зварювальних точок (швів) дає зварювання у середовищі CO_2 за отворами. На фланцях або

кромках панелі виконуються отвори діаметром 5 мм свердлом або пристосуванням для прошивки отворів у панелях (діроколом), рис. 2.6 б.

Зварні кромки зачищаються, деталь підганяється за місцем, притискається до з'єднуваної панелі, опорними ніжками 1, рис. 2.8, газового сопла 2 зварювального пальника або за допомогою затискних кліщів 3, і в місці проколу виконується зварювальна точка – електрозаклепка. Використання газового сопла з опорними ніжками або зажимних кліщів забезпечує щільне з'єднання деталей, і якісну точку зварювання [6, 26].

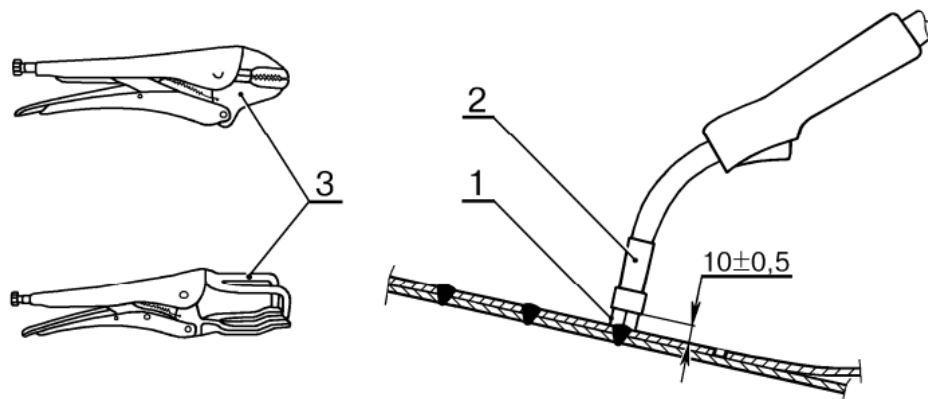


Рисунок 2. 8 - Виконання зварювальної точки

1 – опорні ніжки газового сопла; 2 – газове сопло зварювального пальника;
3 – затискні кліщі

2.7. Вимоги для отримання якісної точки зварювання серед CO₂

Для забезпечення нормативної працездатності відремонтованого кузова (жорсткість на рівні нового кузова, працездатність не нижче 80% від ресурсу нового кузова), при заміні пошкоджених вузлів і деталей, необхідно добиватися високого якості виконання кожної зварювальної точки, якою деталь (вузол) з'єднується з кузовом, для чого необхідно:

- забезпечити чисту поверхню зварних кромок деталей;
- забезпечити щільне прилягання зварних кромок деталей;
- вибрати оптимальні параметри струму, напруги та швидкості подачі електрода в залежності від товщин зварюваних листів металу;

- стежити за чистотою сопла зварювального пальника та подачею захисного газу;

- дотримуватися оптимальної довжини дуги;

- в процесі зварювання дотримуватися строго орієнтованого кута нахилу сопла щодо лінії зварювального шва;

- витримувати постійну швидкість зварювання (для суцільного шва);

Для захисту пофарбованих, гумових чи пластмасових деталей від теплового впливу зварювання застосовують теплові екрани з вологого пластичного азбесту, або жарозупинної пасти. Екрани дозволяють вести зварювання на відстані всього 5 мм від гумових чи пластмасових деталей.

Якість проварювання листів, що з'єднуються, оцінюють візуально на вигляд проплавлення металу зварювального шва (крапки) з обох боків. Якщо зварювальний струм і швидкість подачі дроту нормальні, час увімкнення режиму зварювання відрегульовано правильно, то зварювальна точка (шов) має невелику опуклість, а на звороті нижнього листа помітний центр провару і опуклість діаметром 3 ... 4 рази менше діаметра зварювальної точки на лицьовій стороні шва.

3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КУЗОВНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

З метою удосконалення технологічного процесу кузовного ремонту автомобілів в кваліфікаційній роботі ми пропонуємо ввести до складу обладнання, яке використовується на дільницях кузовного ремонту з використанням процесів зварювання зварювальний апарат, який дозволяє виконувати з'єднання листового металу методом MIG-паяння. Це дозволить розширити спектр виконуваних робіт та перелік марок автомобілів, які можна буде ремонтувати.

3.1 Аналіз технологічного процесу MIG-паяння листової сталі

В технологічних процесах автомобілебудівних виробництв під час виконання зварювальних робіт все частіше застосовують метод паяння в інертних газах за допомогою зварювальних напівавтоматів (MIG-паяння). Дана технологія багато в чому подібна до MIG/MAG зварювання, однак, відрізняється від нього тим, що під час MIG-паяння не відбувається розплавлення основного матеріалу зварюваних деталей. Процес зварювання відбувається за допомогою суцільного твердого припою на основі міді. Електрична дуга горить між електродним дротом і зварюваним металом. Подача в зону зварювання захисного інертного газу захищає дугу і розплавлений дріт від впливу навколишнього повітря, а особливо від наявного в ньому кисню, який призводить до окислення розплавленого металу і зниження якості зварювання.

До переваг даного способу можна віднести

- Менше розбризкування металу завдяки його подачі у зварювальну ванну без короткого замикання;
- Легша обробка зварного з'єднання завдяки меншій твердості матеріалу дроту;
- Менша деформації деталі завдяки зниженню температури зварювання;

- Зниження ймовірності пропалювання тонких деталей;
- Хороше ущільнення вздовж шва.

Попри всі переваги процесу MIG-паяння та наявності на ринку сучасних зварювальних півавтоматів, які здатні його забезпечувати зварювальники не мають чітких рекомендацій щодо вибору режимів роботи обладнання та їх впливу на параметри швів зварних з'єднань. Дослідження впливу режимів паяння на параметри зварних швів з врахуванням синергетичного ефекту роботи зварювальних півавтоматів дозволить створити необхідні рекомендації.

Для виконання процесу MIG-паяння листової сталі в якості зварювального електрода використовують спеціальний мідно-кремнієвий дріт (CuSi3), або бронзових дріт (CuAl8 і CuSn6) [23, 31]. Температура плавлення таких дротів ≈ 1060 °C, що значно нижче за температура плавлення сталювого дроту при MIG/MAG зварюванні ≈ 1650 °C. За таких умов плавиться лише присадковий метал не розплавляючи при цьому навколишній метал у зоні зварювання. Розплав зварювального дроту формує зварний шов на поверхні деталі не проникаючи в основний метал. Завдяки цьому досягають низького тепловкладення та знижується ризик деформації навіть на дуже тонких деталях [15, 32]. При цьому міцність з'єднань майже така, як під час зварювання. Для захисту зварювальної ванни і розплавленого дроту рекомендується інертний захисний газ аргон (Ar 100%) [23, 31, 34].

Дослідженням процесів MIG-паяння присвячено багато праць як вітчизняних, так і закордонних вчених. Зокрема в роботі [29] обґрунтовано можливість заміни контактного точкового зварювання кузовних деталей закритого перерізу. В роботі [27] встановлено, що якість процесу MIG-паяння залежить від струму, напруги та технологічної швидкості паяння. Робота [28] присвячена дослідженню впливу чистоти поверхні деталі на якість з'єднань. Авторами встановлено, що стан поверхні деталі впливає на зварне з'єднання. Так, наявність покриття на поверхні деталі може викликати дефекти в зоні зварювання. Воно також впливає на механічні властивості з'єднання.

Окремі праці присвячені дослідженню можливості з'єднання сталі з матеріалами різної міцності методом MIG-паяння. Так в роботі [33]

встановлено, що нові процеси з'єднання, такі як лазерне зварювання в вакуумі, MIG-пайка алюмінію зі сталлю або нові технології для з'єднання сталі з пластмасами армованими волокнами, спрямовані на створення нових можливостей для виготовлення складних конструкцій. Міцність та роботоздатність таких з'єднань доведена дослідженнями, викладеними в роботі [30]. Її результатами встановлено, що міцність на розрив паяних з'єднань для сталей різного складу майже не відрізняється, а подекуди є вищою ніж у основного матеріалу.

В роботах [13, 14, 35] доведено, що застосування MIG-пайки дозволяє зберегти захисне покриття при з'єднанні оцинкованих деталей. Авторами встановлено, що при дуговому паянні, на відміну від дугового зварювання, захисне покриття не випаровується, а можливе лише розплавлення цинку в прилеглих до шва ділянках за рахунок меншого температурного впливу. ділянка найбільшого пошкодження покриття при дуговому паянні не перевищує 1 мм. Корозійна стійкість з'єднань оцинкованих деталей, виконаних методом MIG-паяння, є набагато вищою від стійкості зварних з'єднань, а також самі шви є корозійно стійкими.

Отже, проведений аналіз досліджень, присвячених вивченню можливості застосування процесу MIG-паяння в технологіях кузовного ремонту автомобілів показав можливість застосування сучасних зварювальних апаратів під час зварювальних робіт кузовів автотранспорту різних марок та виготовлених з різних конструктивних матеріалів.

3.2. Характеристики пропонованого обладнання для виконання MIG-паяння в технологічному процесі кузовного ремонту автомобіля

Для виконання операцій MIG-паяння листового матеріалу в технологічному процесі кузовного ремонту автомобілів пропонується використовувати зварювальний півавтомат Trans Puls Synergic (TPS) 4000 CMT інверторного типу від фірми Fronius з мікропроцесорним керуванням та вбудованим 4-роликівим механізмом подачі зварювального дроту. Його

модульна конструкція забезпечують високу гнучкість при його застосуванні і може бути налаштоване на виконання робіт практично у будь-яких виробничих умовах [34].



Рисунок 3.1 - Зварювальний апарат Trans Puls Synergic 4000 CMT

Апарат Trans Puls Synergic 4000 може мати вбудований чи окремий 4-роликівий механізм подачі зварювального дроту. В першому випадку з'єднувальний шланговий пакет між механізмом подачі та джерелом струму не потрібен. Завдяки компактній конструкції TPS 4000 CMT чудово забезпечує мобільність виконання робіт.

Даний апарат підтримує виконання кількох процесів [25]:

- МІГ/МАГ зварювання;
- МІГ/МАГ зварювання в режимі CMT;
- МІГ-паяння;
- ММА зварювання стрижневим електродом.

Весь зварювальний процес та саме джерело струму керується центральним блоком керування. У процесі зварювання апарат проводить збір фактичних даних процесу та миттєво реагує на виявлені зміни.

Зварювальний апарат TPS 4000 СМТ можна застосовувати як на промислових так і на невеликих підприємствах для ручного та автоматизованого зварювання звичайної сталі, оцинкованих металевих листів, хромонікелевих сплавів та алюмінію. Завдяки невеликій вазі він чудово підходить для мобільного виконання робіт, наприклад в ремонтних майстернях.

Для виконання робіт з різними матеріалами потрібні використовувати відповідні програми зварювання. Цій вимозі можуть відповідати спеціальні моделі джерела струму. Крім того, в них реалізовані також стандартні функції, які допомагають оператору виконувати зварювання різноманітних матеріалів.

Джерела струму TPS 4000ALU призначені для якісного та ощадного зварювання виробів з алюмінію. Спеціальні програми зварювання забезпечують професійну обробку металу. Моделі для зварювання алюмінію підтримують функції та спеціальні програми для зварювання алюмінію (Функція Synchron Puls).

Моделі джерел для зварювання хромонікелевих сплавів призначені для якісного зварювання виробів із хромонікелевих сплавів. Спеціальні програми зварювання забезпечують професійне з'єднання деталей з високосортної сталі та володіють функціями Synchron Puls, TIG-Comfort-Stop, підключення зварювального пальника WIG, оснащені електромагнітним газовим клапаном.

Моделі СМТ підтримують зварювальний процес мідним чи латунним дротом або стальним в режимі холодного перенесення металу (Cold Metal Transfer, спеціальне зварювання MIG короткою дугою). Особливістю цього процесу є мінімальна подача тепла та керований перехід металу. Метод СМТ може використовуватися для MIG-паяння, зварювання тонких металевих листів із незначною деформацією, з'єднання сталі з алюмінієм (зварювання-паяння).

Для виконання процесів MIG-паяння в режимі СМТ апарат має бути оснащений пальником Fronius Pull Mig з додатковим механізмом подачі дроту. З

основним механізмом подачі він з'єднаний шланговим пакетом Pull Mig Job Master з додатковим демпферним пристроєм.

Процес MIG-паяння виконується в захисному середовищі чистого аргону (Ar 100 %). Для зварювання листового металу використовують мідний (CuSi3, CuSi5 або бронзовий (CuAl9, CuSn6) зварювальний дріт [23].

3.3. Приклади застосування MIG-пайки під час ремонту автомобілів

Нові концепції побудови кузова автомобіля пов'язані з необхідністю застосування інноваційних технологій. Як правило, це виготовлення легких конструкцій з використанням ультрависокоміцної сталі, сплавів алюмінію та магнію, застосування армованого волокном пластику або різні поєднання всіх цих матеріалів в одній конструкції кузова.

MIG-пайка (MIG brazing) – це нова технологія виконання нерознімних з'єднань, яка застосовується для з'єднання високоміцних сталей в кузові авто зі сталями з нижчими міцнісними якостями. Високоміцні сталі, які мають показники твердості та жорсткості завдяки їх термічній обробці під час звичайного зварювання напівавтоматом при температурі зварювальної ванни 1500-1600 °C змінюють свої характеристик, і, як наслідок, до втрачається міцність та жорсткість всієї конструкції кузова. Це є наслідком низької якості з'єднань (окислення, корозію) та пошкодження цинкового покриття в місці зварювання.



Рисунок 3.2 – Ремонт арок коліс, виконаний методом MIG-паяння

Застосування MIG-пайки дозволяє уникнути таких проблем. На відміну від зварювання в процесі паяння не руйнується цинковий захисний шар і тим більше не пошкоджується основний метал. MIG-пайка відбувається при нижчій температурі плавлення (в межах 900...1070 °С). Процес дифузії металів відсутній. Через відносно невелику температуру ванни зберігаються початкові властивості сталей.



Рисунок 3.3 – Ремонт автомобільних порогів, виконаний методом MIG-паяння

MIG-паяння майже повністю виключає деформацію з'єднаних металів. Крім того, відбувається мінімальне вигорання захисного цинку під час паяння. Отриманий шов має високу стійкість до корозії. Розплав дроту входить у з'єднання з цинком, і в результаті отримують шов з високими антикорозійними властивостями.

При паянні тонкий листовий метал не проплавляється. Є можливість спаювати між собою листи сталі з покриттям (фосфатованим, гальванізованим, алюмінієвим) і без нього. Шов виходить міцним, з'єднання має більш високу механічну міцність та еластичність.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз вимог техніки безпеки під час зварювальних робіт

До роботи зварювальником допускати осіб, які досягли 18-річного віку, навчені і атестовані на II кваліфікаційну групу з електробезпеки, пройшли медичний огляд, вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, які вже оволоділи безпечними методами виконання робіт і пройшли перевірку знань вимог охорони праці.

Зварювальник повинен бути забезпечений необхідними засобами індивідуального захисту відповідно до типових норм.

Перебуваючи на зварювальній ділянці необхідно:

- звертати увагу на сигнали, що подаються з зварювальниками;
- не стояти і не проходити під автомобілем в момент його піднімання підйомником, а також між верстатами та станками для виправлення дефектів, близько біля джерез живлення та газозварювального обладнання;
- під час руху по ділянці користуватися тільки встановленими проходами, що не перелазити через обладнання.

Перед початком роботи обов'язково слід одягти спецодяг, перевірити справність обладнання, електропроводки, трубопроводів та газової арматури, наявність і справність заземлення.

Витяжна вентиляція повинна бути встановлена над столом для зварювання.

Про всі помічені недоліки, несправності в обладнанні і про виниклі небезпеки повідомити майстру. До роботи можна приступати тільки після усунення всіх несправностей і дозволу майстра.

Не слід дивитися на дугу незахищеними очима. Необхідно користуватися захисною маскою зі світлофільтром.

Забороняється залишати без нагляду установку з підключеними стисненим повітрям і включеним напругою.

Під час роботи забороняється тримати шланги під пахвою, на плечах або затискати ногами. Забороняється допускати зіткнення шлангів з струмопровідними проводами.

При перегрів зварювального апарата робота повинна бути зупинена до повного його охолодження.

Не допускати попадання на шланги іскор, вогню або важких предметів, а також впливу високих температур.

Забороняється приєднання до шлангів вилок, трійників і т.п. для живлення декількох апаратів.

Не допускати проведення ремонту апаратури у робочому стані. У разі несправності негайно припинити роботу і повідомити майстру.

При щоденному обслуговуванні необхідно перевіряти справність підвідних проводів; справність контактних затискачів і роз'ємів на панелі з затискачами; заземлення джерела живлення; заземлення зварної конструкції або столу.

Справність захисних засобів слід перевіряти перед кожним застосуванням. Захисні засоби, у яких закінчився термін чергового випробування, застосовувати забороняється.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно дотримуватися таких вимог:

- не захарашувати доступи і проходи до протипожежного інвентарю, вогнегасників, гідрантів;
- зберігати горючі та легкозаймисті речовини в спеціально відведених місцях з дотриманням заходів пожежної безпеки;
- палити тільки в спеціально відведених місцях, забезпечених протипожежним інвентарем і урнами;
- використаний обтиральний матеріал зберігати в металевому ящику з щільно закривається кришкою;
- не підходити з відкритим вогнем до шлангів і балонів;
- не чистити і не прати робочий одяг бензином і іншими легкозаймистими рідинами.

При виникненні ситуацій, які можуть привести до аварій і нещасних випадків (наприклад, при пробої ізоляції в ланцюзі, протіканні шлангів), необхідно припинити роботу, відключити подачу електроенергії, вивести з небезпечної зони людей і повідомити про виниклу ситуацію керівнику робіт.

При виникненні аварії негайно вжити заходів з надання потерпілим першої допомоги, викликати машину швидкої допомоги.

При виявленні пожежі негайно повідомити в пожежну охорону по телефону 101, сповістити керівництво і до прибуття пожежних приступити до ліквідації вогнища пожежі наявними засобами в залежності від загорівся матеріалу.

При нещасному випадку надати потерпілому першу долікарську допомогу, повідомити про подію керівництву. По можливості зупинити обстановку, якщо це не призведе до аварії або травмування інших людей. При необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103 або допомогти доставити потерпілого в медичний заклад.

4.2. Моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними.

Статистично залежні події - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є статистично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) події [5].

Таблиця 4.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час зварювання

| Вид роботи, виробничий підрозділ | Виробнича небезпека | | | Можливі наслідки | Заходи запобігання |
|--|--|--|---|--|--|
| | Небезпечна умова (НУ) | Небезпечна дія (НД) | Небезпечна ситуація (НС) | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Зварювання елементів кузова автомобіля, зварювальна дільниця | НУ ₁ - порушення ізоляцій. НУ ₂ - відсутність заземлення. | НД - Поява струму на корпусі зварювального апарата | НС – Контакт зварювальника з корпусом зварювального апарата | Т - Ураження струмом зварювальника | Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція |
| НУ ₁ → НУ ₂ → НД→ НС→ Т | | | | | |
| Зварювання елементів кузова автомобіля, зварювальна дільниця | НУ- відсутність або несправність штучної вентиляції робочого місця | НД - знаходження працівника в загазованій зоні без засобів захисту | НС- вдихання оператором шкідливих газів | Т – отруєння оператора шкідливими газами З – виробниче захворювання | Обладнання робочого місця штучною вентиляцією |
| НУ→ НД→ НС→ Т (3) | | | | | |
| Зварювання елементів кузова автомобіля, зварювальна дільниця | НУ – підвищений рівень яскравості світла тощо | НД - робота без засобів індивідуального захисту | НС – вплив спалахів дуги на органи зору зварювальника | З – виробниче захворювання | Робота в засобах інд. захисту (окулярах, захисному щитку тощо) |
| НУ → НД→ НС→ З | | | | | |
| Зварювання елементів кузова автомобіля, зварювальна дільниця | НУ – висока температура деталей та заготовок і обладнання | НД - робота без спеціального одягу | НС – зварювальника гарячими поверхнями | Т – отримання опіків | Робота в спецодезі та рукавицях |
| НУ → НД→ НС→ З | | | | | |

Логічна модель може стати основою для розробки графічної моделі виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

4.3 Рекомендації щодо покращення безпеки праці

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів [7, 17]:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;

- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;

- робота у справно-сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В;

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (брюки, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

5.1 Розрахунок капітальних вкладень

До складу капітальних вкладень на удосконалення технологічного процесу кузовного ремонту автомобілів включаються витрати на придбання, доставку, монтаж нового обладнання, будівельні роботи, тощо:

$$K = C_{об} + C_{дм} + C_{тр} + C_{буд}, \quad (5.1)$$

де $C_{дм}$ - витрати на монтаж та демонтаж обладнання, грн.;

$C_{буд}$ - вартість будівельних робіт, $C_{буд} = 0$ грн;

$C_{об}$ - вартість обладнання, яке планується придбати, грн.;

$C_{тр}$ - витрати на транспортування обладнання, грн.;

Витрати на монтаж обладнання приймаються рівними 8 % від вартості обладнання, грн.

$$C_{дм} = 0,04 \cdot C_{об}, \quad (5.2)$$

Так як зварювальне обладнання FRONIUS Trans Puls Synergic 4000 CMT змонтоване на візку, має живлення від стандартної трифазної мережі змінного струму 380 В та використовує балони із захисним газом, то монтажні роботи не передбачаються, а отже $C_{дм} = 0$ грн.

Прийнявши середню вартість зварювального апарата FRONIUS Trans Puls Synergic 4000 CMT 7500 €, що в перерахунку на курс НБУ 43,5 грн/€ становитиме 326250 грн матимемо:

Витрати транспортування приймаються 2,5 % вартості устаткування, грн.

$$C_{тр} = 0,0025 \cdot C_{об}, \quad (5.3)$$

$$C_{тр} = 0,0025 \cdot 326250 = 815,63 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення, грн.

$$K = 326250 + 815,63 = 327065,63 \text{ грн.}$$

Як бачимо, сумарні капіталовкладення на удосконалення технології кузовного ремонту, а саме придбання нового зварювального обладнання становитимуть 327065,63 грн.

4.2 Кошторис витрат за виконання робіт

Кошторис витрат на виконання робіт визначає загальну суму витрат виробничого підрозділу на плановий період та необхідний для розрахунку собівартості робіт підрозділу. У проектах з ТО та ТР автомобілів кошторис зазвичай складається за економічними елементами: заробітна плата робітників, нарахування на соціальне страхування, матеріали, запасні частини, накладні витрати.

До фонду заробітної плати включаються фонди основної зарплати. Він в свою чергу включає всі види оплати праці за фактично відпрацьований час.

Для розрахунку приймемо кількість робітників, зайнятих на ділянці кузовного ремонту - слюсарі 6 розряду в кількості 3 чол., з поміж яких зварювальник – 1 людина

Заробітна плата робітників складатиме:

$$Z_o = C_{\text{год}} \cdot T \quad (5.4)$$

де $C_{\text{год}}$ - годинна тарифна ставка робочого відповідного розряду, грн. Для розрахунків приймаємо $C_{\text{год}} = 150$ грн.

T - річний обсяг робіт, люд.год.

$$T = t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot D \cdot n, \quad (5.5)$$

де $t_{\text{зм}}$ – триволість зміни, год;

$K_{\text{зм}}$ – коефіцієнт використання часу зміни, $K_p = 80\%$ [18];

D – кількість робочих днів в році, ($D = 259$ днів);

n – кількість зварювальників, грн.

Тоді

$$T = 8 \cdot 0,8 \cdot 259 \cdot 1 = 1657,6 \text{ люд.год.}$$

Затрати на основну заробітну плату робітника тоді становитимуть:

$$Z_o = 150 \cdot 1657,6 = 248640 \text{ грн.}$$

Нарахування на зарплатню визначимо за формулою:

$$H_z = Z_o \cdot \Pi_{\text{пз}} / 100, \quad (5.6)$$

де $\Pi_{\text{нз}}$ - відсоток нарахування на заробітну плату, грн. При утриманні із зарплат працівників податки 18% податку на доходи фізичних осіб (ПДФО) та 1,5% військового збору (ВЗ) для розрахунків можемо записати:

$$H_3 = 248640 \cdot 0,18 + 248640 \cdot 0,015 + 248640 \cdot 0,22 = 103185,6 \text{ грн}$$

Середньомісячна заробітна плата робітників, грн.

$$Z_{\text{міс}} = Z_0 / (n \cdot 12), \quad (5.7)$$

$$Z_{\text{міс}} = 248640 / (1 \cdot 12) = 20720 \text{ грн.}$$

Під час розрахунку роботи крім прямих виробничих витрат, необхідно враховувати також накладні витрати.

Вартість силової електроенергії на рік визначається за формулою:

$$C_e = W_e \cdot C_{ce}, \quad (5.8)$$

де W_e - потреба в силіній електроенергії. При споживанні зварювальним апаратом $w_e = 12,2$ кВт · год матимемо

$$W_e = w_e \cdot D \cdot t_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} = 12,2 \cdot 259 \cdot 8 \cdot 0,3 = 4655,52 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

C_{ce} – вартість 1 кВт·год. силової електроенергії, $C_{ce} = 4,6$ грн.

Тоді

$$C_e = 4655,5 \cdot 4,6 = 21415,39 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання можна прийняти 5% від його вартості, а виробничих будівель 3% вартості будинків [18]. Тоді

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot C_{\text{об}}, \quad (5.9)$$

$$C_{\text{тро}} = 0,05 \cdot 24864 = 12432 \text{ грн.}$$

Для визначення загального кошторису виконання робіт всі результати розрахунків зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні статті затрат

| Статті затрат | Сума, грн |
|---|-----------|
| Основна заробітна плата | 248640 |
| Нарахування на заробітну плату | 103185,6 |
| Вартість електроенергії | 21415,39 |
| Вартість обслуговування і ремонту нового обладнання | 12432 |
| Всього | 385672,99 |

4.3 Розрахунок показників економічної ефективності

Передбачуваний прибуток підрозділу з урахуванням всіх відрахувань, визначимо за формулою:

$$\Pi = T_o \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.10)$$

де $C_{\text{год}}$ - мінімальна вартість нормогодини роботи для клієнта, грн. $C_{\text{год}} = 350 \dots 810$ грн;

$$\Pi = 1657,6 \cdot 580 = 961408 \text{ грн.}$$

Чистий прибуток визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{ч}} = \Pi - Z_{\text{н}}, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де $Z_{\text{н}}$ - накладні затрати, грн;

$$\Pi_{\text{ч}} = 961408 - 385672,99 = 575735,01 \text{ грн.}$$

Рентабельність капітальних вкладень становитиме:

$$P = \frac{100 \cdot \Pi_{\text{ч}}}{K}, \quad (5.12)$$

де K - капітальні вкладення, грн;

$$P = \frac{100 \cdot 575735,01}{327065,63} = 176 \%$$

Термін окупності капітальних вкладень, років

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi_{\text{ч}}} = \frac{327065,63}{575735,01} = 0,57 \text{ роки} \quad (5.13)$$

Техніко-економічні показники представлені у таблиці 5.2.

Таблиця 2.2 - Техніко-економічні показники

| Показники | Значення |
|---|-----------|
| Трудомісткість робіт, люд год. | 1657,6 |
| Кількість робітників, осіб. | 1 |
| Середньомісячна заробітна плата, грн/міс. | 20720 |
| Накладні витрати, грн | 385672,99 |
| Орієнтовний дохід, грн | 961408 |
| Чистий дохід, грн | 575735,01 |
| Капітальні вкладення, грн | 327065,63 |
| Термін окупності, років | 0,57 |

В результаті проведеного економічного розрахунку запропонованого удосконалення технології кузовного ремонту встановлено, що заміна зварювального обладнання на більш продуктивне окупить капітальні вкладення за 0,57 року.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Ремонт кузова є важливим технологічним завданням під час відновлення роботоздатності автомобіля. Найважливішими напрямками вдосконалення даного процесу є застосування прогресивних технологічних процесів, нового, більш досконалого у технологічному плані обладнання та реконструкція діючих станцій технічного обслуговування автомобілів з урахуванням фактичної потреби за видами робіт.

Основними ушкодженнями кузовів, з якими легкові автомобілів надходять на ремонт, є корозійні руйнування, втомні тріщини і різноманітні деформації. Вибір необхідного способу зварювання для ремонту кузова визначається його конструкцією, маркою матеріалу, вимогами до зварних з'єднань, продуктивністю праці та масштабами виробництва.

Зварювання в середовищі захисного газу набуло найбільшого поширення в кузовному ремонті через хороші показники міцності зварювальних швів, можливість виконання у всіх просторових положеннях, низький тепловий вплив метал, можливість зварювання деталей із зазором, висока швидкість роботи та незначні витрати на доопрацювання зварювальних швів.

Одним з прогресивних шляхів удосконалення технології кузовного ремонту є використання зварювального обладнання, яке дозволяє виконувати з'єднання листового металу методом MIG-паяння. Це дозволяє розширити спектр виконуваних робіт завдяки легшій обробка зварного з'єднання, створювати менші деформації деталі завдяки нижчій температурі зварювання, зниженню можливості пропалювання тонких листів, забезпеченню хорошого ущільнення вздовж шва та збереження на поверхні деталей захисного антикорозійного шару.

В результаті економічного обґрунтування ефективності удосконаленої технології кузовного ремонту встановлено, що заміна зварювального обладнання на більш продуктивне з функцією MIG-паяння потребує капіталовкладень на суму 327065,63 грн. При щоденному його використанні СТО окупить всі капітальні вкладення за 0,57 року.

БЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
2. Божидарнік В.В., Гусєв А.П. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів. Луцьк: Надстир'я, 2007. 314 с.
3. Дмитрук Д.Р. Удосконалення процесу технічного обслуговування транспортних засобів з розробкою дільниці для ремонту кузова автомобіля : кваліфікаційна робота. Дубляни: ЛНУП, 2023. 67 с.
4. Коробочка О.М., Рудасьов В.Б. Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів. «Системні технології», 2002 р. 127 с.
5. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
6. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
7. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
8. ДСТУ EN ISO 14171:2015 Зварювальні матеріали. Дроти електродні суцільні й порошкові та комбінації дрот електродний/флюс для дугового зварювання під флюсом нелегованих та дрібнозернистих сталей. Класифікація (EN ISO 14171:2010, IDT; ISO 14171:2010, IDT): http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82838.
9. Квасницький В. В. Спеціальні способи зварювання. Навчальний посібник. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
10. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання – Прес, 2003. 511 с.
12. Макаренко М.Г., Орлов В.Ф., Павленко В.О. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Частина 1 / за ред. М.Г. Макаренко. Київ: "Грамота", 2005. 348с.
13. Максимова С.В., Зволінський І.В., Юрків В.В. Геометричні параметри паяного шва та його структура при плазмовому паянні оцинкованої сталі. Автоматичне зварювання, №6, 2020. С. 35-39. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.06.06>
14. Матвієнків О.М. Збереження захисного покриття при з'єднанні оцинкованих труб дуговим паянням. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ: всеукр. наук.-техн. журн. Івано-Франківськ: Факел, 2016 , № 4. С. 7-14.
15. Матвієнків, О. М. Напружено-деформований стан MIG-паяних з'єднань оцинкованих труб. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, (1(54)). І. Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. с. 23–30.
16. Музичук В. І., Анісімов В. Ф. Організація робіт підприємств технічного обслуговування. Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Горбачук І.П., 2012. 240 с
17. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 320 с.
18. Польшаков В.І, Сахно Є.Ю. Економіка організація та управління технічним обслуговуванням і ремонтом машин. Київ: «Центр навчальної літератури», 2004. 328 с.
19. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2007. 348 с.
20. Сокол М., Ханенко Г. Українська класифікація легкових автомобілів. прикладні аспекти маркетингової діял. ;1, 2012. С. 33-37.

21. Сукач О.М., Миронюк О.С., Паславський Р.І., Шевчук В.В. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. 50 с.

22. Організація та технологія технічного сервісу машин»: навчальний посібник. За ред. О.М. Шокарева. Мелітополь, ТОВ «ФОРВАРДПРЕСС», 2019. 307 с.

23. Швець О. П., Березовецький С. А., Коруняк П. С. Вплив параметрів режиму MIG-пайки на формування зварного шва. Perspectives of contemporary science: theory and practice. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2024. Pp. 341-344.

24. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.

25. Швець О. П. Технології та обладнання зварювання металів і пластмас. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему «Вивчення конструкції та органів керування зварювального апарата Trans Puls Synergic 2700 СМТ» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Дубляни: ЛНУП, 2023. 15 с.

26. Шматко Д.З. Конспект лекцій з дисципліни “Прогресивні технології відновлення і ремонту кузовних деталей автомобілів” для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт». Кам’янське : ДДТУ, 2020. 88 с.

27. Berczeli, M., Weltsch, Z. (2018) “Experimental Studies of Different Strength Steels MIG Brazed Joints”, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 46(2), pp. 63–68.
28. Cemil Çetinkaya, Ali Akay, Uğur Arabacı, Uğur Özdemir. Effect of shop-primer coating on S235JR steel on MAG weldability. *Advances in materials science*, Vol. 22, No. 2 (72), June 2022. pp. 49-63.
29. Kodama S., Furusako S., Yasunobu M., Ishida Y., Saito M., Nose T. Arc welding technology for automotive steel sheets. *Nippon steel technical report No. 103* May 2013. pp. 83-90.
30. Miklós Berczeli¹, Zoltán Weltsch. Experimental studies of different strength steels MIG brazed joints. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 46(2), pp. 63-68, 2018.
31. MIG/MAG. Навчальні документи. [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Training%20Documents/PW_TD_MIG_MAG_RU.pdf.
32. Muthuraju K and Abburi Lakshman Kumar. Experimental studies of different thick steel sheets and variable clearance in MIG brazing. *Materials Science and Engineering* 912 (2020) 032078 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/912/3/032078
33. Reisgen U., Stein L. Joining of steel and dissimilar material joints with highest strength - there are other ways than conventional welding. *Автоматичне зварювання*, №2, 2019. С. 30-35.
34. Trans Synergic 4000/5000 Trans Puls Synergic 2700 Trans Puls Synergic 3200/4000/5000 TIME 5000 Digital CMT 4000 Advanced. Джерела струму MIG/MAG. Інструкція з експлуатації. URL: <https://www.fronius.com/~/downloads/Perfect%20Welding/Operating%20Instructions/42%2C0426%2C0114%2CRU.pdf>
35. Vinas J., Kascak L., Abel M. Mig brazed hot-dip galvanized sheets. *Lebanese Science Journal*. 2010. Vol. 11, Issue 2. P. 75–85.