

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО З'ЄДНАННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ КУЗОВНИХ КОНСТРУКЦІЙ АВТОМОБІЛІВ

Луцький національний технічний університет¹

Анотація. Розглянуто сучасні методи з'єднання та зміцнення кузовних конструкцій в автомобілебудуванні, які спрямовані на досягнення високої структурної жорсткості, зниження ваги та забезпечення безпеки пасажирів. Проаналізовано переваги й недоліки найбільш поширених технологій зварювання, зокрема точкового, MIG/MAG та лазерного, а також альтернативних методів – клейових з'єднань і механічного кріплення. Акцент зроблено на важливості впровадження композитних матеріалів, автоматизації процесів та систем контролю якості. Окреслено перспективні напрями розвитку, включаючи інтеграцію зварювання з 3D-друком і дослідження енергоефективності та екологічності виробництва. Представлений огляд підкреслює значення комбінування технологій для створення надійних і сучасних автомобільних конструкцій.

Ключові слова: з'єднання, кузов, зварювання, якість, виробництво.

Сучасне автомобілебудування перебуває у постійному пошуку ефективних рішень для створення легких, міцних і безпечних кузовних конструкцій. Основна мета інженерів і виробників – забезпечити високу структурну жорсткість кузова, мінімізувати його вагу та підвищити безпеку пасажирів, одночасно оптимізуючи виробничі витрати. Досягнення цих цілей стало можливим завдяки впровадженню новітніх методів з'єднання та зміцнення матеріалів, що дозволяють покращити механічні характеристики конструкцій та підвищити їхню довговічність.

В останні десятиліття автомобільна промисловість активно використовує передові технології, що включають різні типи зварювання, такі як лазерне, точкове та MIG/MAG зварювання. Окрім традиційних зварювальних методів, у виробництві автомобілів все більше застосовуються альтернативні підходи, зокрема клейові з'єднання та механічне кріплення, які дозволяють з'єднувати деталі без теплового впливу, зменшуючи ризик деформацій та втрати механічних властивостей. Крім того, впровадження композитних матеріалів відкриває нові можливості у зменшенні ваги автомобільних конструкцій без втрати їхньої міцності та жорсткості [1].

Точкове або контактне зварювання є широко використовуваним методом у виробництві автомобілів, особливо для з'єднання тонколистової сталі. Цей процес здійснюється шляхом використання електродів, які нагрівають метал до температури плавлення та створюють точкове з'єднання. Висока швидкість процесу дозволяє виконувати сотні з'єднань за секунди, що робить цей метод надзвичайно ефективним для масового виробництва. Автоматизовані системи дозволяють контролювати параметри струму та часу імпульсу, що забезпечує стабільну якість зварного з'єднання. Окрім цього, точкове зварювання не потребує додаткових матеріалів, таких як дроти або захисні гази, що зменшує виробничі витрати.

Основними перевагами точкового зварювання є висока продуктивність, низька собівартість та простота автоматизації. Це з'єднання забезпечує високу міцність і добре витримує механічні навантаження. Локальний нагрів сприяє мінімальному впливу на загальну структуру деталі, що допомагає уникнути значних деформацій. Проте існують і певні недоліки. Щоб уникнути ослаблення конструкції, необхідно рівномірно розподіляти точки зварювання. Крім того, температура під час зварювання може спричинити локальні деформації, що впливає на точність

геометрії деталей. Електроди в процесі експлуатації поступово зношуються, що вимагає їхньої періодичної заміни.

MIG (MetalInertGas) та MAG (MetalActiveGas) – це два схожі, але водночас відмінні методи дугового зварювання, які широко застосовуються в промисловості для з'єднання металевих конструкцій. Вони особливо популярні в автомобілебудуванні, суднобудуванні, важкій промисловості та інших галузях, де необхідні високоміцні та надійні зварні з'єднання. Основний принцип цих технологій полягає у використанні електродного дроту, який автоматично та безперервно подається у зону зварювання. Під впливом електричної дуги він плавиться і створює міцний шов. Водночас застосовується захисний газ, що запобігає контакту розплавленого металу з киснем та іншими небажаними домішками, які можуть погіршити якість зварного з'єднання.

Основна відмінність між MIG і MAG зварюванням полягає у складі газового середовища. У методі MIG застосовуються інертні гази, такі як аргон або гелій, які не вступають у хімічні реакції з розплавленим металом і створюють стабільні умови для зварювального процесу. Це робить MIG зварювання особливо ефективним для роботи з кольоровими металами, зокрема алюмінієм, міддю та їх сплавами. Натомість MAG зварювання використовує активні гази, такі як вуглекислий газ або його суміші з аргонем та киснем. Ці гази вступають у певні хімічні взаємодії з металом, що сприяє глибшому проплавленню та покращенню механічних властивостей шва. Тому MAG зварювання найчастіше застосовується для роботи з конструкційними сталями, включаючи вуглецеві та нержавіючі сталі [2].

Однією з ключових особливостей цих методів є їхня висока продуктивність і можливість автоматизації. Сучасні системи зварювання оснащені механізмами для точної подачі дроту, контролю параметрів зварювання та підтримання стабільності дуги. Це дозволяє значно підвищити якість та однорідність зварних з'єднань, що особливо важливо у виробництві автомобільних кузовів, мостових конструкцій, трубопроводів та інших металевих виробів. Використання захисного газу дозволяє уникнути утворення оксидів та небажаних домішок, що забезпечує чистоту та довговічність шва.

MIG/MAG зварювання має низку переваг, які роблять його одним із найбільш затребуваних методів у промисловості. Завдяки безперервній подачі електродного дроту зварювання відбувається швидше, ніж при традиційних методах, що суттєво підвищує ефективність виробництва. Автоматизація процесу дозволяє значно зменшити вплив людського фактора та забезпечити стабільність результату, що особливо важливо при серійному виробництві. Крім того, цей метод є універсальним, оскільки дозволяє зварювати різні типи металів та їх сплавів, забезпечуючи високу якість шва. Завдяки використанню захисних газів зменшується ризик утворення оксидів та шлакових включень, що позитивно впливає на механічні властивості з'єднання.

Проте, попри всі переваги, MIG/MAG зварювання має й певні недоліки, які варто враховувати під час його застосування. Одним із головних обмежень є висока чутливість до зовнішніх умов, таких як вітер, вологість та протяги. Якщо захисний газ розсіюється через несприятливі погодні умови, це може призвести до окислення металу і, як наслідок, до погіршення якості шва. Також цей метод вимагає ретельного контролю параметрів зварювання, оскільки неправильне налаштування може спричинити утворення пористості або інших дефектів, що знижують міцність з'єднання. Ще одним фактором, який слід враховувати, є висока вартість обладнання та витратних матеріалів. Для забезпечення якісного зварювання необхідно використовувати спеціальні джерела струму, захисні гази та інші комплектуючі, що може бути дорогим для малих підприємств або майстерень.

Попри деякі недоліки, MIG/MAG зварювання залишається одним із найефективніших і найпоширеніших методів з'єднання металів у промисловості. Його висока продуктивність, якість зварних швів та можливість автоматизації роблять цей метод незамінним у таких сферах, як машинобудування, автомобілебудування, будівництво та виробництво металоконструкцій. При правильному налаштуванні обладнання, дотриманні технологічних норм та врахуванні зовнішніх факторів можна досягти стабільного та якісного результату, що забезпечить довговічність та надійність зварних конструкцій [3].

У сфері з'єднання та зміцнення кузовних конструкцій автомобілів важливо зосередитися на розробці нових матеріалів, які забезпечать кращу міцність та зменшену вагу конструкцій. Дослідження в напрямку оптимізації зварювальних процесів, автоматизації та роботизації дозволять підвищити точність і стабільність результатів. Також важливими є дослідження систем моніторингу та контролю якості зварних з'єднань, які зменшать ймовірність дефектів. Інші важливі напрямки включають вивчення енергетичної ефективності та екологічності зварювальних процесів, а також поглиблені дослідження клеєвих з'єднань та механічного кріплення, що стають популярними в автомобільній промисловості. Розвиток нових методів зміцнення матеріалів після зварювання та інтеграція зварювання з іншими сучасними технологіями, такими як 3D-друк, також відкривають великі перспективи для удосконалення виробничих процесів та підвищення якості автомобілів.

Сучасні методи з'єднання та зміцнення кузовних конструкцій автомобілів відіграють ключову роль у забезпеченні їхньої міцності, довговічності та безпеки. Кожен із розглянутих методів має свої переваги та недоліки, тому виробники часто комбінують різні технології, щоб досягти оптимальних результатів. Використання лазерного, точкового та інших видів зварювання дозволяє створювати надійні, ефективні та легкі конструкції, що відповідають сучасним вимогам автомобільної промисловості. Подальший розвиток матеріалознавства та зварювальних технологій сприятиме вдосконаленню процесів виробництва, підвищенню якості та безпеки автомобілів майбутнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сукбір Сінгх. Варіант зварювання MIG для подібних і різномірних металів. Хар'яна, Індія, 2022.
2. Карлос Гонсалес-Гонсалес, Хорхе Лос Сантос-Ортега. Екологічний та економічний аналіз процесів зварювання TIG, MIG, MAG та SMAW. 2023. С. 21.
3. Сяохуй Ян, Чжибін Ян, Їнь Ма, Чуньюань Ши, Чжибін Сінь. Розподіл пористості та механічна відповідь стикового з'єднання зі зварюванням лазер-MIG гібридом сплаву алюмінію 6082-T6. Оптика і лазерні технології. С. 132.

Франчук Владислав Миколайович, здобувач вищої освіти факультету транспорту та механічної інженерії Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, franchyk884@gmail.com

Самчук Людмила Михайлівна к.т.н., доцент Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Samchuk204@gmail.com

Innovative Approaches to Joining and Reinforcing Automotive Body Structures

Abstract. The article examines modern methods of joining and reinforcing automotive body structures aimed at achieving high structural rigidity, reducing weight, and ensuring passenger safety. It analyzes the advantages and disadvantages of the most common welding technologies, including spot, MIG/MAG, and laser welding, as well as alternative approaches such as adhesive bonding and mechanical fastening. Emphasis is placed on the importance of implementing composite materials, process automation, and quality control systems. The paper outlines promising areas of development, including the integration of welding with 3D printing and the study of energy efficiency and environmental sustainability of production. The review highlights the importance of combining various technologies to create reliable and modern automotive structures.

Keywords: connection, body structure, welding, quality, manufacturing.

Franchuk Vladyslav Mykolaiovych, higher education applicant, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University, Lutsk, franchyk884@gmail.com

Samchuk Liudmyla Mykhailivna, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, Samchuk204@gmail.com

REFERENCES

1. Sukhbir Singh. Variant Of MIG welding of similar and dissimilar metals. Haryana, India, 2022.
2. Carlos González-González, Jorge Los Santos-Ortega. Environmental and Economic Analyses of TIG, MIG, MAG and SMAW Welding Processes. 2023. P. 21.
3. Xiaohui Yan a. Zhibin Yang a. b. Yin Ma a. Chunyuan Shi b. Zhibin Xin b. Porosity distribution and mechanical response of laser-MIG hybrid butt welded 6082-T6 aluminum alloy joint. Optics & Laser Technology. P. 132. SMAW Welding Processes. 2023. P. 21.