

$$\sigma_{\text{III}} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}{n-1} \right]^{1/2}. \quad (2)$$

7. Приймаємо рішення про придатність каналу вимірювання показника прискорення до експлуатації. Критерії придатності: $\sigma_{\text{III}} \leq 8 \cdot 10^{-3} \text{ с}$; $\bar{\delta} \leq 0,02$.

Висновки

Розроблена методики перевірки каналів вимірювання показника прискорення на інерційному роликовому стенді дозволяють розробити програму періодичної метрологічної атестації при проведенні сертифікації обладнання.

Література

1. Мармут , І., & Шестов , С. (2025). Удосконалення методики перевірки каналів вимірювання гальмівних параметрів автомобілів на інерційному роликовому стенді. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 1(24), 273-283. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i24.1733>.

2. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 163: за станом на 24.02.2016. – К.: Урядовий кур'єр від 15.03.2016. – 2016. – № 49.

3. Закон України № 1314-VII “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 5 червня 2014 р.: за станом на 02.08.2017. – К.: Відомості Верховної Ради від 25.07.2014. – 2014. – № 30, стор. 2350, стаття 1008.

УДК 621.791.75:621.43-242

СПОСОБИ НАПЛАВЛЕННЯ ТОНКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНЮ РОБОЧОЇ ФАСКИ КЛАПАНА

Міненко Сергій Вікторович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу, Поліський національний університет, м. Житомир

e-mail: dgs-ua@ukr.net , ORCID: 0000-0003-0327-0017

Савчук Віталій Сергійович, здобувач освіти ОС «Магістр», Поліський національний університет, м. Житомир

Захист робочої фаски випускного клапана від високотемпературних і високошвидкісних вихлопних газів переважно здійснюється шляхом наплавлення тонкого шару покриття з матеріалів, наведених у таблиці 2. Ця технологія дозволяє забезпечити вищі експлуатаційні характеристики оброблюваної поверхні порівняно з матеріалом основи. Покращуються показники міцності, корозійної стійкості, термостійкості, зносостійкості тощо. Наплавлення покриттів може здійснюватися різними способами, які дозволяють досягти необхідних параметрів [1].

Газополум'яне напилення з подальшим оплавленням широко застосовується в машинобудуванні та ремонтному виробництві. Згідно з роботами [1, 2], цей метод використовується для створення відновлювальних і зміцнювальних покриттів робочих поверхонь деталей машин.

Метод газополум'яного напилення використовує полум'я згорання газової суміші ацетилену та кисню для оплавлення присадкового матеріалу. Схема обладнання для напилення покриттів на деталі машин із використанням дроту або стрижня наведена на рис. 1 [1].

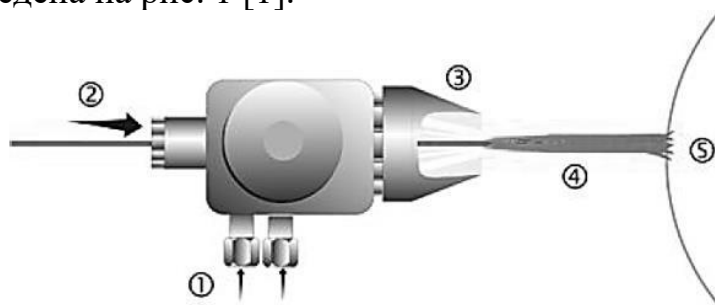


Рис. 1. Схема установки газополум'яного напилення дроту або стрижня: 1 – підведення ацетилену, кисню; 2 – подача дроту (стрижня); 3 – сопло; 4 – полум'я з напилюваним матеріалом; 5 – деталь.

Згідно з поданою схемою, у камеру згорання установки через входні отвори 1 подається ацетилен (або пропан-бутан). Через калібрований отвір 2 подається дріт або стрижень, які оплавляються в камері згорання. Завдяки згорянню газової суміші розплавлені частинки присадкового матеріалу виносяться полум'ям 4 через сопло 3 на поверхню деталі 5 [2].

При використанні порошкових присадкових матеріалів застосовується інша конструкція газового пальника, подана на рисунку 9. Пальник оснащений бункером 13, який заповнюється порошковим присадковим матеріалом; завдяки ежекційному ефекту відбувається забирання матеріалу з бункера та його переміщення трубкою 5. На виході з мундштука 1 порошок плавиться в ацетилен-кисневому полум'ї. Далі розплавлені частинки спрямовуються на підготовлену поверхню оброблюваної деталі.

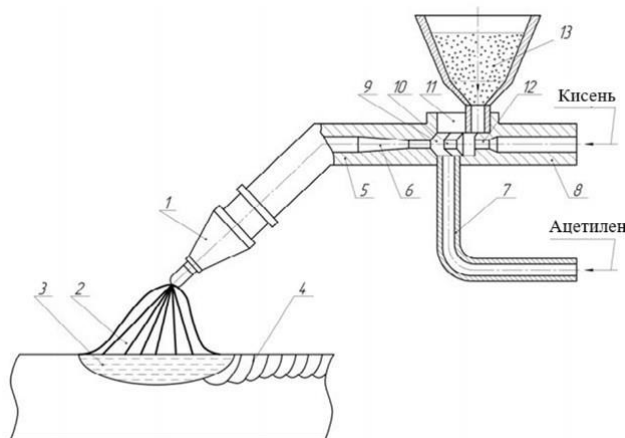


Рис. 2. Схема газопорошкового напилення порошку: 1 – мундштук; 2 – полум'я; 3 – зварювальна ванна; 4 – наплавлений шар; 5 – трубка; 6 – канал; 7 – ацетиленова трубка; 8 – киснева трубка; 9 – камера змішування; 10, 12 – ейектори; 11 – змішувальна камера; 13 – порошок.

Для зменшення площі впливу плями полум'я, збільшення концентрації енергії в заданій ділянці застосовують надзвукове газопламенне напилення порошків [2].

Схема реалізації цього методу наведена на рис. 3[1].

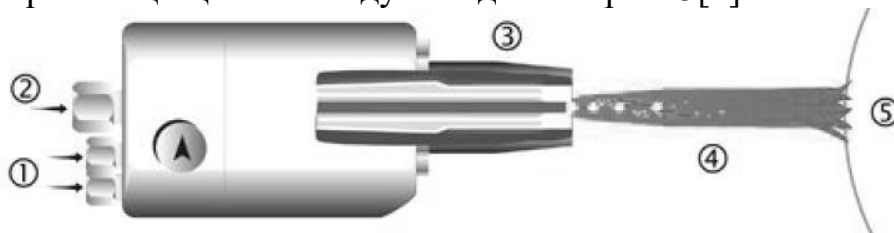


Рис. 3. Схема надзвукового газополуменевого напилення порошків: 1 – паливо, кисень; 2 – порошок; 3 – профільоване сопло; 4 – полум'я з напилюваними частинками; 5 – деталь.

Надзвукове газополуменеве наплавлення ґрунтується на згорянні пального газу в суміші з киснем під великим тиском у камері згоряння. Процес горіння газової суміші дозволяє отримати високі значення тиску в камері, що забезпечує надвисоку швидкість витікання полум'я та розплавлених частинок порошкового присадочного матеріалу (до 9 М) через профільоване сопло.

Газополуменевим методом напилення можна створювати покриття товщиною від 100 мкм до 10 мм. Товщина зони сплавлення підкладки з покриттям становить 100–120 мкм. Витрата стрижнів або дроту становить 6–8 кг/год, а порошкового присадочного матеріалу – до 2,7 кг/год. Рекомендована дисперсність частинок для газопорошкового методу становить 40–100 мкм. Швидкість витікання розплавленого матеріалу сягає 200 м/с. Температура ацетилено-кисневого полум'я дорівнює 2900 °С [1]. Для оброблення великогабаритних деталей потрібне попереднє нагрівання оброблюваних зон до 500–700 °С. Рекомендований припуск на подальшу механічну обробку становить близько 0,5...0,7 мм. Міцність зчеплення покриття з підкладкою досягає 300...400 МПа [1].

Перевагами цих методів є: висока міцність зчеплення; невисока вартість обладнання та матеріалів; висока продуктивність; універсальність застосування.

Недоліками цих методів є: значна товщина мінімального шару; велика величина необхідних припусків на обробку; неможливість оброблення дрібних деталей; нагрівання великого об'єму оброблюваної деталі.

Метод детонаційного напилення покриттів заснований на тому ж принципі, що й газопламенне напилення — нанесення покриття відбувається за рахунок перенесення присадкового матеріалу на поверхню оброблюваної деталі високотемпературним газовим потоком. За джерелами [2], ця технологія використовується для створення упрочнювальних покриттів, покриттів, що застосовуються в електротехніці та електроніці, а також відновлювальних покриттів деталей машин.

Схема пристрою для детонаційного напилення порошкових матеріалів наведена на рис.4 [1].

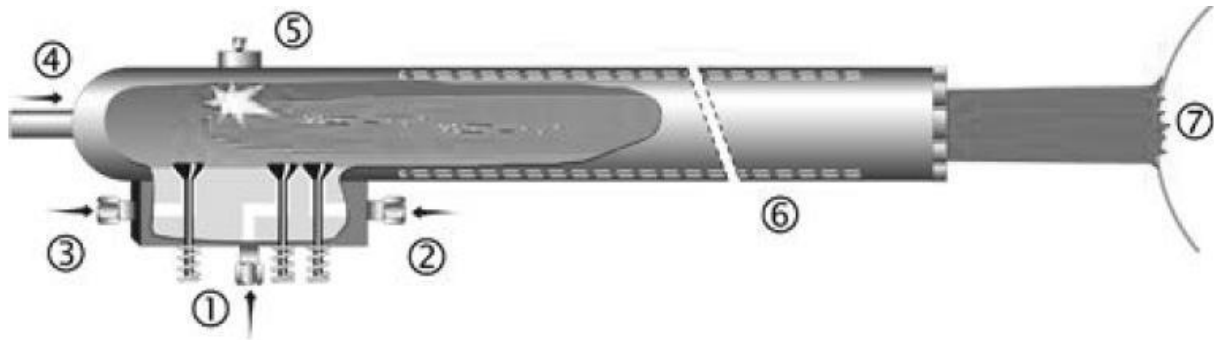


Рис. 4. Схема детонаційного напилення покриття: 1 – ацетилен; 2 – кисень; 3 – азот; 4 – напилюваний порошок; 5 – запалювальний пристрій; 6 – охолоджувана вихідна труба; 7 – деталь.

Відмінною рисою методу детонаційного напилення є циклічність подачі розплавлених частинок порошкового присадкового матеріалу на поверхню деталі. Такий характер роботи забезпечується конструкцією детонаційної гармати. У блок змішування газів подаються ацетилен 1, кисень 2 і азот 3, які потім надходять у стовбур пристрою 6. Через патрубок 4 подається порошковий матеріал. При досягненні певного стану газових компонентів і подачі порошку спрацьовує запалювальний пристрій 5, який підпалює горючу газову суміш. За рахунок високої швидкості зростання температури й тиску відбувається просування ударної хвилі, що складається з продуктів згоряння газів та частинок присадкового матеріалу. Вибухова хвиля переносить присадковий матеріал і сплавляє його з поверхнею деталі 7 зі швидкістю, яка визначається геометрією стовбура.

Детонаційне напилення дає змогу отримувати покриття товщиною від 10 мкм до 2 мм. Швидкість потоку перебуває в діапазоні 400...1000 м/с. При ударі частинок присадкового матеріалу об поверхню деталі відбувається їх пластична деформація, що призводить до підвищення температури сплавлення приблизно на 100 °С. Максимальне значення температури в зоні контакту вибухової хвилі з оброблюваною деталлю сягає 4000 °С. Швидкострільність установки може досягати 10 циклів за секунду. Діаметр плями одного пострілу становить близько 20 мкм. Адгезійна міцність покриття знаходиться в межах 80...250 МПа. Витрата присадкового матеріалу становить приблизно 6 кг/год [1].

Перевагами детонаційного напилення покриттів є: мінімальна товщина покриття; висока продуктивність; добра адгезійна міцність.

Недоліками детонаційного напилення покриттів є: висока вартість обладнання; складність технологічного процесу; підвищена шорсткість поверхні.

Плазмове наплавлення покриттів із порошкових присадкових матеріалів має широке застосування в машинобудуванні, ремонтному виробництві та інших галузях [1, 2].

Сутність цього методу полягає у перенесенні теплової енергії та порошкового присадкового матеріалу за допомогою потоку плазми, який утворюється між електродом плазмотрона та оброблюваною деталлю [1]. Схема плазмово-порошкового наплавлення наведена на рис. 5. Головка плазмотрона з неплавким вольфрамовим електродом 1 містить канали для подачі

транспортуючого газу 4 та канали для подачі гранульованого порошку присадкового матеріалу 5. Для охолодження пристрою використовуються канали 8, через які подається вода. Неплавкий електрод (катод) пристрою з'єднаний із «-» полюсом джерела живлення 3, а деталь 2 (анод) – із «+». Використання такої схеми можливе з різними механізованими пристроями або автоматами. Існує також можливість переобладнання наявних зварювальних автоматів [2].

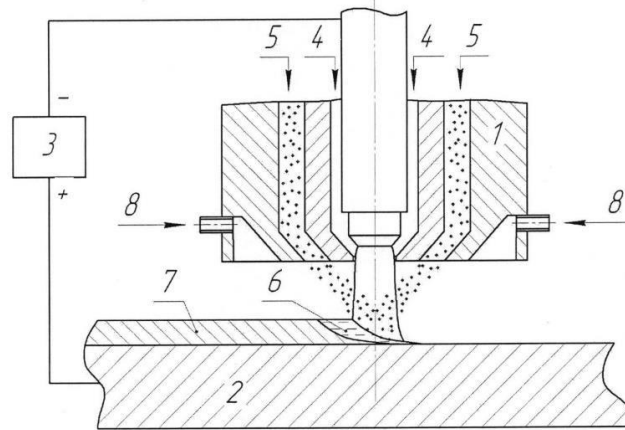


Рис. 5. Схема плазмово-порошкового наплавлення: 1 – плазмотрон; 2 – деталь; 3 – джерело живлення; 4 – канал для транспортуючого газу; 5 – канал для подачі порошку; 6 – зона оплавлення; 7 – наплавлений шар; 8 – канал для подачі охолоджувальної рідини.

Температура потоку плазми сягає 10000...15000 °С. Таке значення зумовлене високою концентрацією енергії в плазмовому потоці, який обмежений кільцевим газовим струменем. Витрата присадкового матеріалу може досягати 30 кг/год. Товщина покриттів перебуває в діапазоні від 50 мкм до 6,5 мм. Діаметр оброблюваної поверхні за один прохід становить 1,2...45 мм. Рекомендовані припуски на механічну обробку знаходяться в межах 0,4...0,9 мм. Глибина проплавленого шару становить 0,3...2,5 мм. Міцність зчеплення покриття з основою становить 40...50 МПа [1].

Переваги плазмово-порошкового наплавлення: висока продуктивність; доступність обладнання; добра міцність зчеплення покриття.

Недоліки плазмово-порошкового наплавлення: неможливість створення тонких покриттів; велика величина припуску на механічну обробку; значна глибина проплавленого шару.

Згідно з даними, наведеними в [1, 2], електроіскрове наплавлення дає змогу не лише відновлювати зношені деталі, але й зміцнювати їх за відносно невеликих витрат.

Електроіскрове наплавлення є різновидом електроерозійних методів оброблення деталей. Цей спосіб створення покриттів ґрунтується на електроіскровій ерозії металів та інших струмопровідних матеріалів. Схема електроіскрового наплавлення наведена на рис. 6.

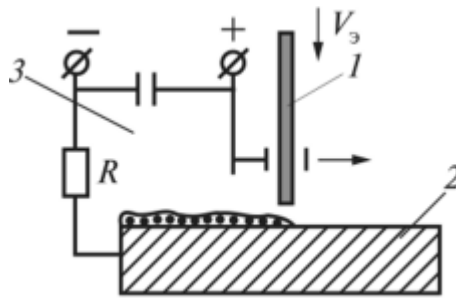


Рис. 6. Схема електроіскрового наплавлення: 1 – електрод; 2 – деталь; 3 – електрична схема обладнання.

В установці для електроіскрового наплавлення використовується рухомий електрод (анод) 1, який переміщується вздовж вертикальних напрямних. Деталь 2 виконує роль катода. Цей метод оброблення є імпульсним. Для утворення іскри між електродом і деталлю застосовують джерело постійного струму. У момент зближення катода з оброблюваною деталлю між ними проскакує іскра, що спричиняє ерозію матеріалу анода та перенесення його розплавлених частинок на поверхню деталі з подальшим сплавленням. Для запобігання утворенню дуги використовується конденсатор [1, 2].

Можлива також інша схема реалізації електроіскрового наплавлення, у якій електрод є нерухомим. Для утворення іскри між електродом і деталлю застосовують присадковий порошковий матеріал, який імпульсно подається в зону оброблення [2].

Температура потоку розплавлених частинок електрода варіюється в межах 10000...15000 °С, що відповідає показникам плазмового наплавлення. Це пояснюється тим, що в момент проскакування іскри навколо неї відбувається іонізація повітря, яке перетворюється на плазму. Продуктивність методу становить близько 0,5 кг/год. Товщина покриттів знаходиться в діапазоні від 0,25 до 1,5 мм. Глибина проплавленого шару основної деталі становить 0,05...0,3 мм. Правильна підготовка оброблюваної поверхні дає змогу досягти гарних показників шорсткості, що відповідають 5–6 класу. Міцність зчеплення з підкладкою є високою і становить 80...100 МПа [2].

Переваги електроіскрового наплавлення: високі показники чистоти обробленої поверхні; невелика глибина проплавленого шару; висока міцність зчеплення покриття з основою.

Недоліки електроіскрового наплавлення: низька продуктивність; малий діапазон товщини покриттів; нестабільність іскри внаслідок вібрації електрода.

Лазерне наплавлення є одним із найперспективніших методів створення тонких зміцнювальних покриттів. Існує велика кількість праць, у яких описано конструкцію обладнання, технологію лазерного наплавлення, параметри присадкових матеріалів та характеристики покриттів у різних галузях науки й техніки [2].

Лазерне наплавлення належить до термічних способів оброблення деталей. Сутність методу полягає в нагріванні невеликої ділянки оброблюваної деталі лазерним випромінюванням, що утворюється за допомогою оптичного квантового генератора. У зоні дії лазерного променя відбувається розплавлення

тонкого шару деталі та присадкового матеріалу, найчастіше порошку. Для наплавлення зазвичай застосовують імпульсні лазерні установки [4, 3]. Схема лазерного порошкового наплавлення наведена на рис. 7 [1].

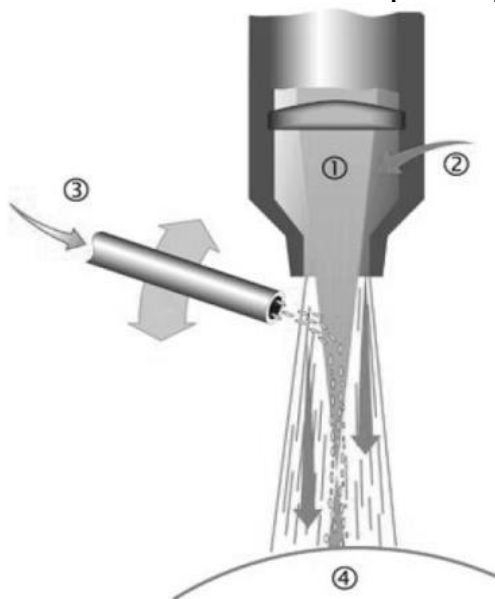


Рис. 7. Схема лазерного порошкового наплавлення:
1 – лазерний промінь; 2 – захисний газ; 3 – порошок; 4 – деталь.

Лазерна установка генерує висококонцентрований когерентний, монохроматичний і поляризований світловий потік (лазерний промінь) 1. Завдяки концентрації великої кількості енергії лазерного променя на невеликій площі деталі 4 відбувається її нагрівання та сплавлення з присадковим порошковим матеріалом 3, який подається спеціальним пристроєм. Для формування спрямованого потоку порошку та створення захисної хмари в зоні плавлення використовується захисний газ 2 [1, 2].

Температура в зоні контакту лазерного променя з деталлю може досягати 10^6 °С. Діаметр плями променя становить 0,2...0,3 мм. Глибина проплавленого шару дорівнює близько 10 мкм. Градієнт температур у зоні оброблення становить приблизно 10^8 К/см. Товщина створюваних покриттів знаходиться в діапазоні від кількох мікрметрів до 150 мкм. Витрата порошкового матеріалу не перевищує 2 кг/год. Шорсткість поверхні може перебувати в межах Ra 0,63...1,0. Міцність зчеплення покриття з основною деталлю становить близько 350 МПа [1, 2].

Переваги лазерного наплавлення: мінімальна товщина покриття; мінімальний термічний вплив на деталь; висока якість поверхні; висока міцність зчеплення покриття.

Недоліки лазерного наплавлення: низька продуктивність; висока вартість обладнання.

Література

1. Maher I. Boulos , Pierre L. Fauchais , Joachim V.R. Heberlein Thermal Spray Fundamentals. Springer. 2022. 567 p.

2. Qu S., Ma X. Improvement of impact wear properties of seat insert by laser cladding cobalt-based alloy. Materials Science, Engineering. DOI:10.1088/2051-672X/ac8364.

3. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів. Частина I: Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. 511 с.

УДК 629.113

ВИКОРИСТАННЯ АНАЛІТИКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОСЕРВІСІВ

Мірошниченко Микита Сергійович, магістрант кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Сучасний автосервіс (СТО) функціонує в умовах зростаючої складності автомобілів, підвищених вимог клієнтів до швидкості та якості обслуговування, а також жорсткої конкуренції. Ефективність роботи СТО безпосередньо залежить від здатності керувати ресурсами, прогнозувати попит, мінімізувати простой та оптимізувати всі внутрішні процеси. Традиційні методи управління, засновані на інтуїції або базовому статистичному обліку, вже не відповідають цим викликам.

В цьому контексті аналітика великих даних (Big Data Analytics) стає ключовим інструментом трансформації [1]. Великі дані в автосервісі охоплюють не лише внутрішні операційні дані (історія замовлень, нормо-години, облік запчастин), але й зовнішні джерела (телематичні дані автомобілів, відгуки клієнтів, географічні та демографічні дані). Обробка та аналіз цих масивів інформації дозволяє виявити неявні закономірності, які є критично важливими для прийняття обґрунтованих стратегічних і тактичних рішень.

Метою роботи є дослідження того, як використання аналітики великих даних може радикально підвищити операційну ефективність, покращити клієнтський досвід та, зрештою, збільшити прибутковість СТО.

Для ефективного аналізу необхідно ідентифікувати та інтегрувати різноманітні джерела даних, які можна розділити на внутрішні та зовнішні:

– внутрішні джерела (операційні дані): дані системи управління дилером (DMS/ERP) (замовлення-наряди, тарифікація, облік нормо-годин, час роботи механіків, залишки на складі); дані CRM (історія взаємодії з клієнтами, частота звернень, середня сума чека, скарги); облік робочого часу (точні дані про продуктивний час, простій, ефективність виконання нормо-годин окремими механіками (особливо цінні дані з інтелектуальних систем обліку часу));