

Л.А. Лопата, доц., канд. техн. наук, Н.А. Савченко, асп., В.М. Лопата, канд. техн. наук, Т.М. Тунік, доц., канд. техн. наук, С.Г. Салій, інж.

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження відновлення автомобільних деталей типу «вал» електродуговою металізацією

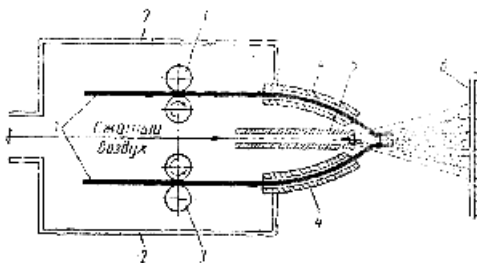
В статті розглянуто відновлення деталей типу “вал” електродуговою металізацією та приведені результати досліджень відновлених поверхонь: мікроструктура, пористість, мікротвердість, міцність зчеплення. Показані недоліки металізаційних покриттів та запропоновані основні методи їх усунення.
електрометалізація, металоповітряний потік, електроконтактна обробка

На основі експертних оцінок, здійснених відомими представниками провідних галузей промисловості та керівниками найбільш відомих фірм США, Канади, Великобританії, України та інших країн, одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної науки і техніки є новий технологічний напрямок - керування властивостями поверхні, що отримав назву - інженерія поверхні деталей машин [1].

Керування властивостями поверхні можна здійснювати шляхом модифікації поверхні і за рахунок нанесення покриття. У першому випадку зміни властивостей поверхні відбувається за рахунок зміни властивостей поверхневих шарів деталі термообробкою, легуванням або холодним пластичним деформуванням, у другому - на поверхні формується шар з іншим, відмінним від основного матеріалу, складом [2].

Серед різних технологій нанесення покриттів за останній час інтенсивний розвиток отримали методи газотермічного напилення, до яких належать: газополуменеве, плазмове, детонаційне напилення та електродугова металізація [3]. В основі цих методів закладено єдиний принцип формування захисного шару з дискретних часток матеріалу, розігрітих та прискорених струменем газу. Ці методи можуть бути використані при виробництві нових деталей, або при відновленні деталей, що відпрацювали визначний термін.

Для напилення, де джерелом нагрівання є електрична дуга, використовується електродугова металізація (ЕДМ) [3-11]. При розплавленні металу за допомогою електричної дуги використовують два або три електроди у вигляді дроту з металу, що напилюється. Між електродами збуджується електрична дуга. Рідкий метал здувається з кінців дротів-електродів потоком стисненого повітря, дробиться на мілкі краплини і приймає під дією потоку стисненого повітря значну швидкість.



1 - електродні дроти; 2 - корпус; 3 – ролики для подачі електродів; 4 - напрямні; 5 - повітряне сопло; 6 - деталь

Рисунок 1 - Схема електродугової металізації

Електрична дуга, яка плавить метал постійно здувається струменем стисненого газу і розривається, кінці дротів-електродів постійно зближуються і відстань між ними зменшується. Внаслідок цього, ця відстань стає настільки малою, що проміжок між кінцями електродів заповнюється іонізованим газом і парами металу, які не встигають здуватись потоком стисненого повітря. Внаслідок цього електрична дуга при певному співвідношенні швидкостей плавлення і руху дротів горить без перерви. Це можливо лише в тому випадку, якщо живлення апарата виконується з використанням постійного струму.

Найбільше розповсюдження для нанесення покриттів отримала двоелектродна схема металізатора.

На рис. 2 показана схема металізаційного апарата призначений для нанесення покриттів із сталевих та порошкових дротів для відновлення металевих виробів, зокрема, для нанесення зносостійких покриттів на спрацьовані шийки валів.

Металізатор складається із механізмів приводу і подачі та системи розпилення. Механізм приводу складається з електроприводу (двигун змінного струму) і одноступеневого черв'ячного редуктора з горизонтальною віссю. На вихідні кінці осі у верхній частині редуктора посаджено ролики, які служать активними протяжними елементами правої та лівої частини механізму протяжки електродних дротів. Притискування дроту здійснюється пасивними роликками, які розміщені у відкидній кришці металізатора. Тонке регулювання притискування ведеться за допомогою гвинтів в передній частині кришці, які міняють положення віссі пасивних роликів. Права та ліва частини механізму подачі ізольовані між собою і від корпусу металізатора.

Система розміщення являє собою головку з направляючими наконечниками та соплом в яку подається два електродні дроти та повітря під робочим тиском. Струмоподаючі кабелі кріпляться до кронштейнів, які розміщені в передній частині металізатора.

Особливість роботи металізатора полягає у безперервній подачі двох дротів у головку розпилення, де горить дуга. Розплавлений дугою матеріал електродних дротів переноситься направленим потоком стисненого повітря на попередньо підготовлену поверхню металу. Товщина шару покриття регулюється швидкістю переміщення металізатора і числом його проходів відносно поверхні деталі. На рис. 2 показано металізатор, який монтується на супорті токарно-гвинторізного верстата [12].

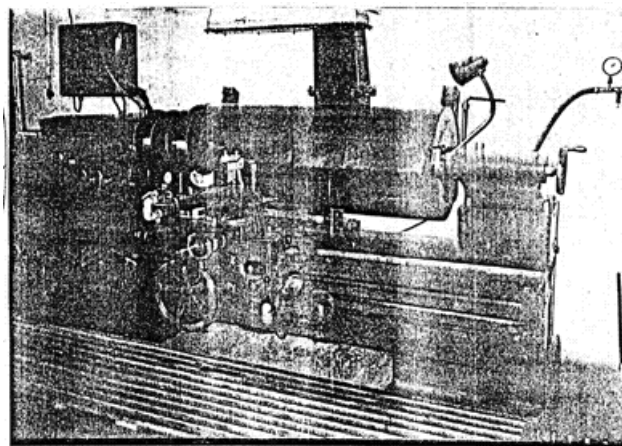
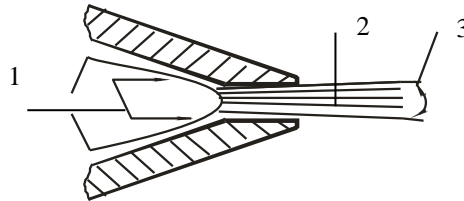


Рисунок 2 - Електрометалізаційний пристрій

На теперішній час відомо кілька схем формування гетерогенного металоповітряного потоку при електродуговій металізації: діафрагмова, центральносоплова, диференційна та закрита (рис. 3) [12]. У серійному виробництві

найширше використовується діафрагмова схема зокрема її використано при виготовленні металізаторів ЭМ-12, ЭМ-14 Барнаульського апарато-механічного заводу та металізаторів фірм "Metco" та "Mogul" у США. При використанні цієї схеми формується достатньо широкий металоповітряний потік, який застосовується для отримання антикорозійних покриттів. Центральнo-соплову схему використано у металізаторі ЭМ - 17 (м. Барнаул, Росія) де створюється вузький металоповітряний потік, який є особливо ефективним при нанесенні покриттів на тіла обертання, наприклад, на різноманітні вали, в тому числі і колінчасті [12, 13].



1 - потік повітря; 2 - порошковий дріт; 3 - кут розходження металоповітряного потоку ($10^{\circ} \dots 15^{\circ}$)

Рисунок 3 - Закрита схема формування металоповітряного потоку при електродугової металізації

Наведена схема формування металоповітряного потоку відзначається грубокрапельним розпиленням дроту при використанні загально-прийнятих для ЕДМ тисках повітряного потоку ($0,5 \dots 0,6$ МПа). Ця схема формування потоку характеризується тим, що дріт, який є анодом, плавиться повільніше, що сприяє формуванню у металоповітряному потоці великих за розміром нерозплавлених частинок шихти. Використання такої схеми при розпиленні дроту не дозволяє отримати в металоповітряному потоці краплі менші за розміром від $300 \dots 400$ мкм [12].

З метою підвищення якості покриттів запропонована розпилювальна головка для металізатора. В її основу покладена закрыта схема формування металоповітряного потоку (рис. 4).

Ця схема дозволяє отримувати надзвичайно дрібні за фракції краплинок (менше 50 мкм), які визначаються високою швидкістю польоту від зони горіння дуги до поверхні, на яку здійснюється напилення. Таку схему розпилення слід використовувати, коли виникає необхідність нанести дрібнодисперсне покриття невеликої товщини ($50 \dots 200$ мкм) розпиленням порошкових дротів, до складу шихти яких входять важкоплавкі елементи.

Закриту схему формування металоповітряного потоку використано в металізаторі виробництва ДМП "Газотермік" при ФМІ НАН України. Головка складається з корпусу, в якому у взаємно перпендикулярних площинах виконано по два конічних 6 та циліндричних 7 каналів, якими подається повітря, канали 6 і 7 сходяться у центральному каналі 8 корпусу 5. До корпусу головки прикріплено панель 2 з електроізоляційного матеріалу, на якій змонтовано два струмопроводи 4 та штуцер 3 для підведення повітря. Корпус і панель створюють об'єм, який виконує роль газорозподільчої камери. Струмопровідники 1 конструктивно виконано як єдине ціле з конічними наконечниками 4, які входять із зазором в конічні кільцеві канали 6. Розпилювальна головка працює наступним чином. Повітря під тиском $0,6 \dots 0,7$ МПа через штуцер 3 поступає в газорозподільну камеру, а потім через канали 6 і 7 в центральний канал 8 сопла.

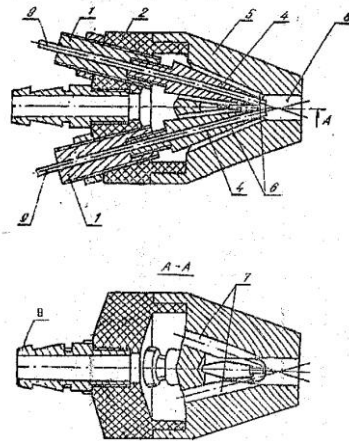
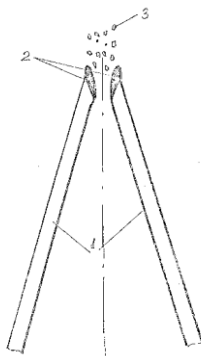


Рисунок 4 – Головка електрометалізатора з використанням закритої схеми формування металоповітряного потоку

Електродні дроти 9 через струмопровідники 4 подаються в точку перетину повітряних потоків, утворених конічними кільцевими каналами 6. Торці дротів створюють в повітряному потоці збурення, що і при розпиленні викликає налипання частинок розплавленого металу на стінки каналу сопла і виходу з ладу розпилювальної головки. Щоб запобігати цьому в корпусі головки крім двох конічних каналів конструктивно передбачено існування двох циліндричних каналів. Всі ці канали разом створюють потужний пристінковий потік, який не дозволяє розплавленим частинкам металу налипати на стінки каналу сопла 8. Діаметр каналу сопла D вибирається із умови $D = (2,7 \dots 4,2) d$, де d - діаметр електродного дроту. При $D < 2,7 d$ може виникнути контакт електродного дроту зі стінками каналу, так як під час роботи металізатора кінці електродного дроту коливаються з амплітудою близько 0,5 мм, що може призвести до запалювання дуги між дротом і стінками головки, внаслідок чого вона вийде з ладу. Із збільшенням діаметра сопла $D > 4,2 d$ зменшується інтенсивність диспергування розплаву електродного дроту, що зумовлює зростання розміру розпилювальних частинок.

Закрита схема формування металоповітряного потоку (рис. 5) забезпечує утворення дуже дрібних фракцій розпиленних частинок (діаметром біля 50 мкм), які відзначаються високою швидкістю польоту (50...130 м/с) (рис.6, а-в).



1 - електроди; 2 - розплав порошкових дротів; 3 - розплавлені частки

Рисунок 5 - Закрита схема утворення краплин з розплаву порошкових дротів

Закрита схема має свої переваги у тому випадку, коли розмір дуги в перерізі стає співрозмірним з перерізом циліндричного каналу, в якому вона горить. Закрита схема

формування металоповітряного потоку дозволяє реалізовувати два режими напилення: безперервний та імпульсний. При зменшенні діаметра циліндричної частини сопла до розміру, меншого 5 мм, тиск у соплі може стати рівним тиску в дуговому проміжку. При такому співвідношенні тисків холодне повітря активно проникатиме в зону горіння дуги і зумовить скорочення її довжини. Коли довжина скоротиться настільки, що розплав замкне дуговий проміжок, виникає імпульсний режим. Співвідношення тисків у дузі сильно залежить від діаметра сопла і потужності дуги. Експериментально встановлено, що чим більший діаметр сопла, тим більшою повинна бути потужність дуги, щоб реалізувався імпульсний режим роботи ЕМ. При роботі ЕМ в імпульсному режимі торці дротів, що плавляться, стають паралельними між собою, а дуговий проміжок локалізується в зазорі між дротами. Рідка фаза замикає торці електродів-дротів. За рахунок цього реалізується рейкотронний ефект, який проявляється в тому, що в щілині між двома паралельними направляючими електродами на провідник (в даному випадку розплав, що закорочує електроди) діє електродинамічна сила, яка спрямована паралельно до поверхонь електродів, що плавляться. Розплав викидається електродинамічними силами із проміжку і виникає пауза, після якої цикл повторюється. Частота викидів залежить від швидкості подавання дроту-електрода. Чим вища швидкість подавання дротів, тим вища частота викидання розплаву. При такому способі металізації за рахунок рейкотронного ефекту порції рідкого металу отримують додатковий імпульс, що підвищує швидкість польоту в початковий момент і сприяє диспергуванню розплаву.

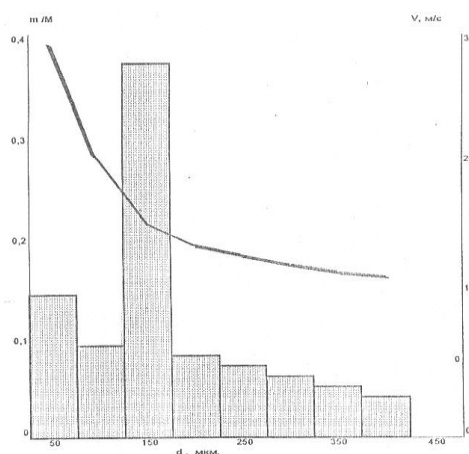


Рисунок 6а - Гістограма відносної кількості частинок розплаву металу від її величини та відповідна їм швидкість польоту в залежності від розміру частинок при реалізації центрально-соплової схеми розпилення

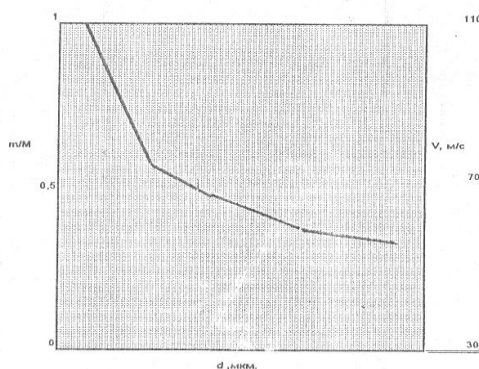
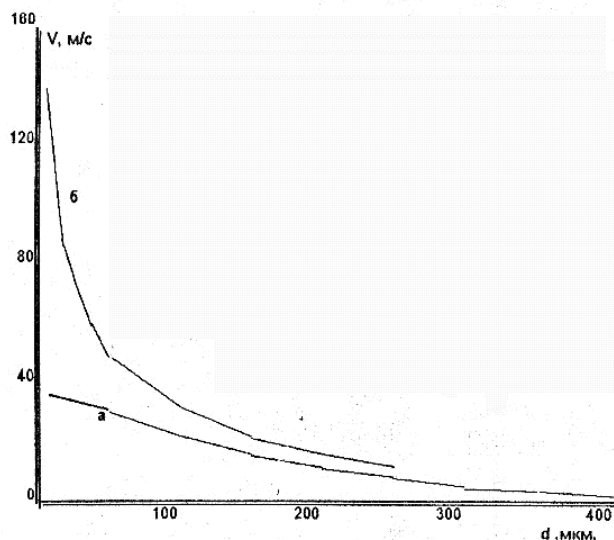


Рисунок 6б - Гістограма відносної кількості частинок розплаву металу від її величини та відповідна їм швидкість польоту в залежності від розміру частинок при реалізації закритої схеми розпилення



а - центрально-соплова схема; б - закрыта схема

Рисунок 6в - Об'єднана гістограма відносної кількості частинок розплаву металу від їх величини та відповідна їм швидкість польоту в залежності від розміру частинок при реалізації різних схем формування металоповітряного потоку

При використанні "закритої" схеми максимальний розмір розпиленних частинок не перевищує 50 мкм.

Для нанесення покриттів в процесі електродугової металізації існує можливість використання порошкових дротів та дротів суцільного перерізу розмірами 0,4·10 мм та шихти - порошку феросплавів, чистих металів, карбідів, боридів, оксидів, гранулометричного складу 100 - 200 мкм [14-16]. Для порошкових дротів застосовується такий склад шихти: 80% Al+ 20% Fe, 40% Al+60% Cr, 30% Al+20% Sr+50% Cr, 25% Sr +75% Ti, Cr₃C₂+Al+Mo та інші. Найчастіше всього використовуються такі шихти: Ti+B₄C+SiC+Al, Cr₃+B₄C+SiC+Al, ФХБ+Al, Cr+Si+Al.

Для металізації потрібно використовувати шихту з дрібнодисперсним порошком. У протилежному випадку при застосуванні шихт з крупнодисперсними частинами, покриття мають низьку міцність зчеплення. На міцність зчеплення також впливає діаметр дроту. Із зменшенням діаметру дроту міцність зчеплення збільшується.

Нами використовувались порошкові дроти марки ПДФМІ - 2, ТУ У 0353406 - 001 - 95 "Дріт порошковий для електродугової металізації".

Порошковий дріт ПДФМІ виготовляється Фізико-механічним інститутом Національної Академії наук безперервним скручуванням сталеві стрічки марки 08 КП на прокатному стані з одночасним заповненням шихтою.

Конструкція дроту - трубка з краями, що щільно стискаються по довжині (рис.7).

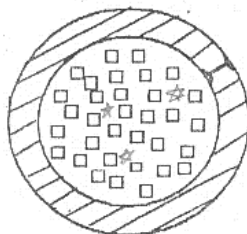


Рисунок 7 - Порошковий дріт ПДФМІ - 2

Металографічні дослідження металізаційних покриттів показали, що їх щільність складає приблизно 70 % (рис. 8 - 10). При цьому дослідження міцності зчеплення показали, що її величина сягає 20 ... 40 МПа.



Рисунок 9 - Микроструктура покриття з порошкового дроту

На підставі результатів експериментальних досліджень були зроблені наступні висновки: основною перевагою метода електродугової металізації є його висока продуктивність, яка досягає 50 кг/г, максимальне значення енергетичних ККД розпилення і напылення; основним недоліком електрометалізаційних покриттів є відносна низька щільність (60 - 70 %), та міцність зчеплення (20 - 30 МПа), що негативно впливає на якість покриттів і експлуатаційні властивості.

Для усунення цих недоліків існує кілька напрямків підвищення якості металізаційних покриттів: використання сучасних технологій попередньої підготовки поверхні деталей перед електрометалізацією [17, 22-24]; застосування закритої схеми формування металоповітряного потоку при електродуговій металізації [12]; вибір нових матеріалів для покриттів (порошкових дротів) [17-21]; з метою отримання покриттів із щільністю понад 90 % і міцністю зчеплення 180 - 200 МПа слід використати технологію електродугової обробки металізаційних покриттів [25].

Список літератури

1. Достижения ЕЭС им. Патона в области инженерии поверхности и защитных покрытий. К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов. (Сварка и родственные технологии в XXI веке. Сборник трудов международной конференции) НАН Украины, институт электросварки им. Е.О. Патона. Киев, 1998, С. 274-291.
2. Канарчук В.Є., Посвятенко Е.К., Лопата Л.А. Шляхи удосконалення методів інженерії поверхні деталей машин.
3. П.А. Витязь, В.С. Ивашко и др. Теория и практика газопламенного напыления. Минск: "Наука и техника", 1993.
4. Хасуи А. Техника напыления, М., 1975.
5. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыления./Под ред. В.С. Степанина, Н.Г. Шестеркина. М., 1985.
6. Вадивасов Д.Г. Восстановление деталей металлизацией. Саратов., Кн. изд-во, 1956.
7. Власов А.П., Савинков К.П. Высокочастотная металлизация. М., Машгиз, 1960.
8. Катц Н.В. Металлизация тканей. М., Ростехиздат, 1962.
9. Катц Н.В., Линин Е.Б. Электрометаллизация. М., Сельхозизд., 1953.
10. Красниченко Л.В. Современная технология металлизации распылением. М., Трудрезервиздат, 1968.
11. А.С. 72440 (СССР) Способ металлизации поверхностей А.Н. Рагузов. Опублик. В Б.И. 1939. №3.

12. Студент М.М. Розробка захисних та відновних електрометалізаційних покриттів з використанням порошкових дрітків:- Автореф. дис. ... канд. техн. наук - . Львів, 1998. – 18 с.
13. Электродуговая металлизация – перспективный метод нанесения защитных покрытий., И.Л. Куприянов, И.С. Ивашко., Г.И. Лытко и др. Мн., 1988.
14. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Справочник. Ю.С. Борисов, Ю.А. Харламов, С.А. Сидоренко, Е.Н. Ардатовская. Киев, 1987.
15. Порошковая металлургия и напыление покрытия., учебник для вузов., В.Н. Анциферов, Г.Б. Бобров, Л.К. Дружинин и др. М., 1987
16. Румянцев С.И., Илясов А.Р. О выборе материалов для получения оплавляемых металлизационных покрытий при восстановлении автомобильных деталей. Тр. МАДИ. М., 1972. Вып.45.
17. И.Л. Куприянов., М.А. Геллер. Газотермические покрытия с повышенной прочностью сцепления., Мн., 1990.
18. Чернявский Е.А., Туров И.Н. Влияние параметров напыления на плотность и прочность сцепления. Порошковая металлургия. 1976, №1, С. 35-39.
19. Кудинов В.В. Определение прочности сцепления покрытий, - Заводская лаборатория, 1976, №2, с. 232.
20. Авдеев Н.В., Березин Р.Г., Мартынов В.А. Методы определения прочности сцепления покрытия с основанием при металлизации. Заводская лаборатория. Т. 40, 1974 № 2, с. 226.
21. Исследование качества сцепления напыляемого порошку с поверхностью детали. Труды ЧИМЭСХ, Вып. 24, 1964.
22. Гербер М.И. Прогрессивные методы подготовки поверхности (журнал всесоюз. Хим. О-ва 1980, № 2).
23. Яковлев Г.М., Королько А.А., Ивашко В.С. Влияние шероховатости поверхности на качество напыляемого слоя. Машиностроение и приборостроение. Мн., 1977. Вып. 9.
24. Поповкин Б.А. Прогрессивная технология и оборудование для дробеструйной очистки металла. Технология, организация производства и управления. М., 1978. № 10.
25. Ярошевич А.М. Разработка технологии изготовления ограненных дисков электроконтактным напылением алмазосодержащих покрытий. Тезисы докладов XIII конференции молодых ученых АН БССР, Минск, «Наука и техника», 1983.– С. 91-92.

В статье рассмотрено восстановление деталей типа «вал» электродуговой металлизацией и приведены результаты исследований восстановленных поверхностей: микроструктура, пористость, микротвердость, прочность сцепления. Показаны недостатки металлизационных покрытий и предложены основные методы их устранения.

Restoration of arbor-type motor-car parts restoration by arc metallization is described in the article, and experimental data concerning the characteristics of restored surfaces such as microstructure, porosity, microhardness, cohesive resistance are given. Imperfections of metallized surfaces are discussed and the methods to avoid these imperfections are proposed.

Одержано 28.09.05