https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-155-2-114-119

УДК 621. 793.7

А. А. Карпеченко[1]
М. М. Бобров[1]
О. О. Лимар[2]

ЕЛЕКТРОДУГОВЕ НАПИЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ

[1]Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Миколаїв;
[2]Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв

Запропоновано спосіб формування композиційних електродугових покриттів за рахунок використання модернізованого розпилювача ЕМ-14М з вузлом безперебійної подачі порошку у вільному вигляді до високотемпературного гетерофазного струменя під час напилення. Отримано зразки металополімерного композиційного покриття з композиції сталь Св-08-Г2С-О — полімер П-ЕП-219. Експериментально встановлено необхідну зону подачі полімерного порошку для запобігання його деструкції у високотемпературній зоні дугового розряду та оптимальні режими нанесення металополімерних покриттів: сила струму 90…100 А, напруга на дузі 25 В, тиск стисненого повітря 0,4…0,6 МПа, витрата полімерного порошку 25 г/хв, дистанція напилення 100...120 мм. За дотримання зазначених режимів забезпечуються умови формування якісного металополімерного покриття товщиною 0,5…0,8 мм з максимальним вмістом полімерної складової 40 % (об.). За допомогою растрового електронного мікроскопа РЕММА 102-02 проведено дослідження мікроструктури сформованих покриттів. Встановлено, що пористість композиційних покриттів знижується з 13 % до 7 % у порівнянні з традиційними електродуговими сталевими покриттями. Проведено ідентифікацію фаз шляхом визначення їх мікротвердості на поперечних шліфах з навантаженням на індентор 50 г. Встановлено, що мікротвердість металевої матриці складає 1716 МПа, полімерної складової — 128 МПа. Показано, що нанесені покриття характеризуються наявністю на їх поверхні суцільної полімерної плівки товщиною від 10 до 100 мкм, що формується внаслідок того, що полімер твердне пізніше, ніж кристалізуються металеві частинки. Експериментально підтверджено, що теплопровідність металополімерних покриттів з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219 знижується на 46 % у порівнянні з теплопровідністю ненаповненого покриття з дроту Св-08Г2С-О. Запропоновані покриття рекомендовано застосовувати як антикорозійні та теплоізоляційні в різних конструкціях і спорудах завдяки тонкій поверхневій полімерній плівці та низькій теплопровідності.

Ключові слова: електродугове напилення, композиційні покриття, теплопровідність, мікротвердість, полімер.

Вступ

Процес вдосконалення машин і механізмів висуває нові вимоги щодо забезпечення їх працездатності в широкому інтервалі температур, навантажень, швидкостей і різних агресивних середовищ. Одним з найпріоритетніших та кардинальних шляхів забезпечення означених вимог є нанесення на поверхню деталей і конструкцій захисних покриттів методами газотермічного напилення (ГТН). Серед методів ГТН необхідно виділити саме електродугове напилення, яке характеризується простотою та технологічністю, високими енергетичним ККД розпилення і коефіцієнтом використання матеріалу, найвищою продуктивністю та низькою собівартістю, що в 3…10 разів дешевше покриттів, створених іншими методами [1]. Досить велика увага в останні роки приділяється саме композиційним покриттям. Підбираючи відповідні функціональні наповнювачі у матеріал покриття, можна забезпечувати їх необхідні властивості, не змінюючи при цьому зовнішньої форми виробів. Цей напрямок дуже перспективний не лише з погляду надання поверхням нових властивостей, але і в напрямку економії легованих нержавіючих сталей і кольорових металів у машинобудуванні, суднобудуванні, військовій техніці, приладобудуванні та інших галузях техніки.

© А. А. Карпеченко, М. М. Бобров, О. О. Лимар, 2021

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Композиційні електродугові покриття отримують декількома способами. Один з них полягає у використанні як розпилюваного матеріалу двох або трьох різнорідних дротів суцільного перерізу. Такі псевдосплавні композиційні покриття характеризуються високими фізико-механічними і корозійностійкими властивостями. Найбільший інтерес викликають композиції системи нікель–алюміній [2], алюміній–нержавіюча сталь [3] тощо. Однак нанесені покриття є досить вартісними за рахунок застосування кольорових металів, сплавів та високолегованих сталей.

Перспективним напрямом є розпилення порошкових дротів різноманітних складів [4], [5]. Також розроблено порошкові дроти вітчизняного виробництва для електродугового напилення [6], що дозволило широко варіювати хімічний склад покриттів, різко розширювати сферу їх застосування. Покриття застосовуються для відновлення опорних шийок роторів і валів турбіни компресорів для перекачування газу на ремонтних підприємствах, штоків гідроциліндрів шахтного устаткування. Однак при цьому неможливо отримати металополімерне покриття, позаяк полімерний компонент деструктує під впливом високих температур дугового розряду.

Незважаючи на те, що сучасні матеріали на основі полімеру мають високу механічну міцність та стійкість до корозії, невисока електропровідність, низькі робочі температури та потенційна горючість значно обмежують їх використання в різних галузях промисловості. Перспективним вважається нанесення металевих покриттів на полімерну основу за допомогою методів ГТН для підвищення тепло- та електропровідності, що може забезпечити ширше використання матеріалів на основі полімеру. Так реалізовано нанесення міді на поліетилен, полікарбонат та поліуретан [7], алюмінію на вуглепластик [8] за допомогою холодного газодинамічного напилення; алюмінієвого сплаву на поліуретан [9] та склопластик [10] газополуменевим напиленням; алюмінію на поліестер [11] та сплаву Co-Ni-Cr-Al-Y на поліамід [12] плазмовим напиленням; алюмінію та цинку на поліетилен та політетрафторетилен методом електродугового напилення [13]. Однак під час формування таких покриттів виникають труднощі з контролем температури полімерної основи, що пов’язано з її можливим оплавленням під дією високотемпературного струменя. Традиційна струменево-абразивна обробка поверхні перед напиленням призводить до розтріскування і локалізованого руйнування крихких полімерних матеріалів під впливом високошвидкісних твердих частинок. Це створює необхідність використовувати трудомісткі альтернативні способи підготовки поверхні: нанесення більш легкоплавких підшарів, шліфування та ін.

Метою роботи є дослідження можливості нанесення композиційних металополімерних електродугових покриттів із застосуванням порошку полімеру у вільному вигляді та визначенні їх фізико-механічних властивостей.

Результати дослідження

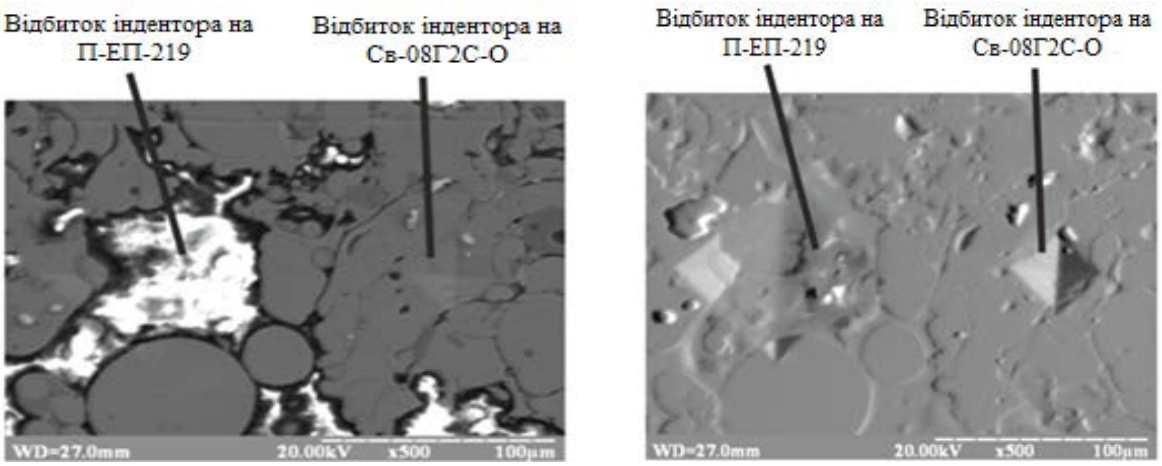
Об’єктом досліджень вибрано електродугові металополімерні композиційні покриття, які отримані шляхом розпилення сталевого дроту марки Св-08Г2С-О та полімерного порошку П-ЕП-219. Для напилення композиційних електродугових покриттів використовували установку КДМ-2, укомплектовану апаратом ЕМ-14М з модернізованим ковпаком розпилювальної голівки, що оснащений вузлом безперервної подачі порошку у високотемпературну зону дугового розряду [14]. Подачу порошку здійснювали за допомогою атмосферної інжекції. Як розпилюючий газ використовували стиснене повітря. Для запобігання налипання розплавлених частинок на бронзове робоче сопло використовували дріт діаметром 1,2 мм. Підготовку поверхні зразків здійснювали безпосередньо перед напиленням за допомогою установки струменево-абразивної обробки марки 026-7 «Ремдеталь». Як абразив використовували електрокорунд марки 7Б, шліфзерно номер 125. Контроль якості обробленої поверхні проводився візуально. Металева поверхня, призначена під нанесення електродугових композиційних покриттів, після струменево-абразивної обробки мала сірувато-матовий відтінок. Величина шорсткості обробленої поверхні становила R_z = 50…90 мкм.

Напилення здійснювали на сталеві пластини, виготовлені з вуглецевої конструкційної якісної сталі 45 розміром 50×20×5 мм і циліндричні зразки, діаметром 15 мм, висотою 4 мм. Для вибору режиму нанесення металополімерних покриттів враховувалася температура розм’якшення полімерного порошку П-ЕП-219, яка лежить в інтервалі від 180 до 200 ºС. Для того, щоб частинки полімерного порошку не вигоряли у високотемпературній зоні дугового розряду, його подачу здійснювали безпосередньо у гетерофазний струмінь до зони горіння дугового розряду.

З підвищенням потужності електродугового розпилювача і зменшенням дистанції напилювання зростає температура напилюваних частинок і їх тепловіддача до підкладки, що супроводжується

інтенсивним вигоранням полімерного матеріалу. Виходячи з цього, експериментальним шляхом встановлено режими нанесення металополімерних покриттів, що забезпечують максимальний вміст полімерної фази: сила струму 90…100 А, напруга на дузі 25 В, тиск стисненого повітря 0,4…0,6 МПа, витрати полімерного порошку 25 г/хв, дистанція напилювання 100...120 мм. За дотримання зазначених режимів забезпечуються умови формування якісного металополімерного покриття товщиною 0,5…0,8 мм. Полімерний порошок, що подається до високотемпературного струменя, за рахунок короткого часу перебування в ньому, розігрівається до в'язкого стану і разом з частинками розплавленого металу утворює композиційне металополімерне покриття.

Ідентифікацію фаз і визначення їх мікротвердості в композиційних електродугових покриттях здійснювали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 на поперечних шліфах з навантаженням на індентор 50 г. Металографічні дослідження проводили на сканувальному електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА 102-02. Результати визначення мікротвердості металевої та полімерної фаз в металополімерних покриттях з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219 показано на рис. 1.



а *б*

Рис. 1. Відбитки індентора на різних фазах металополімерного композиційного покриття з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219: *а* – мікроструктура; *б* – топографія поверхні

Зображення на рис. 1*а* отримано під час зйомки мікроструктури у вторинних електронах, на рис. 1*б* показана топографія поверхні цієї ж мікроструктури, отриманої у відображених електронах. Довжина діагоналі відбитка нанесеного на металеву матрицю з Св-08Г2С-О дорівнює 23 мкм, що відповідає мікротвердості 1716 МПа. Довжина діагоналі відбитка нанесеного на полімер ПЕП-219 становить 85 мкм (128 МПа). Відбиток на полімері (див. рис. 1*а*), слабо диференціюється у зв'язку з тим, що полімери не мають електричної провідності, а після зняття навантаження з індентора проявляється дія пружної деформації в полімері, що чітко видно на топографії поверхні (рис. 1*б*).

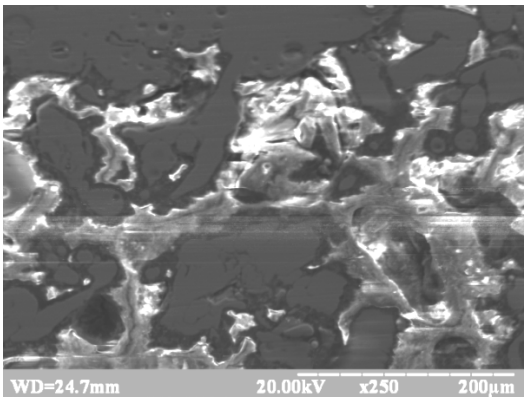
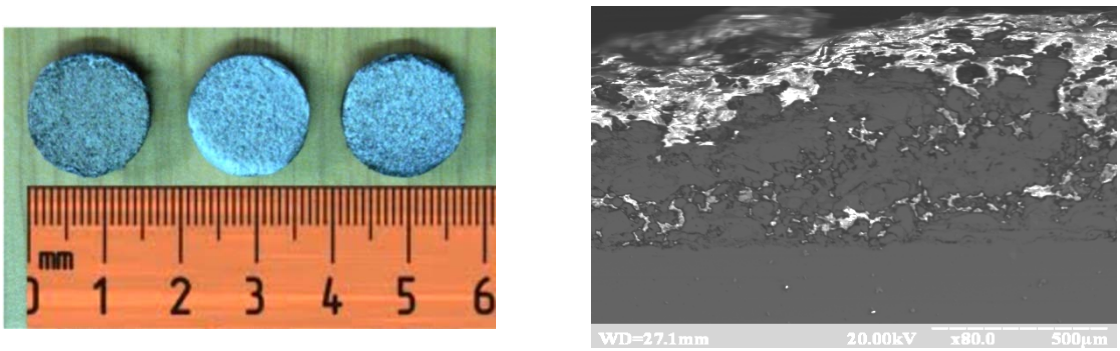


Рис. 2. Мікроструктура металополімерного покриття з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219

Визначення вмісту полімерної фази та пористості проводили планіметричним методом за отриманими мікроструктурами (рис. 2). Встановлено, що максимальний вміст наповнювача (П-ПЕ-219) в металополімерних композиційних електродугових покриттях з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219 досягає 40 % (об.), а їх пористість зменшується з 13 до 7 % у порівнянні з ненаповненим покриттям.

Зниження пористості в металополімерних покриттях пов'язано з тим, що полімерний порошок П-ПЕ-219, що має високу адгезію до металів, змішуючись з частинками розплавленого металу у високотемпературному струмені, розігрівається до в'язкого стану і разом з ними утворює металополімерне щільне покриття.

Через те, що полімер твердне пізніше ніж кристалізуються частки металу у металополімерних покриттях, на їх поверхні після напилення утворюється суцільна полімерна плівка товщиною від 10 до 100 мкм (рис. 3).



а *б*

Рис. 3: *а* — загальний вигляд зразків з металополімерними покриттями ; *б* — мікроструктура зразку за невеликого збільшення

З вищезазначеного можна припустити, що такі металополімерні покриття можуть знайти своє застосування в якості антикорозійного покриття для захисту різних конструкцій і споруд за рахунок зменшення їх пористості і формування суцільної полімерної плівки на поверхні.

Також у роботі визначено теплопровідність отриманих металополімерних покриттів за допомогою вимірювача ИТ-λ-400. Результати досліджень показані на рис. 4.

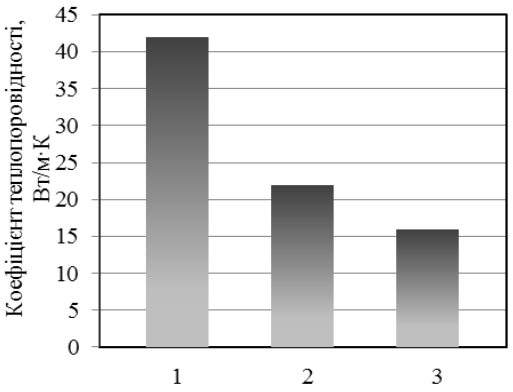


Рис. 4. Результати визначення теплопровідності: 1 — підкладка зі сталі 45; 2 — покриття з дроту Св-08Г2С-О; 3 — металополімерне покриття з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219

З наведених даних можна зробити висновок, що теплопровідність зразків з нанесеним покриттям з Св-08Г2С-О нижча теплопровідності підкладки без покриття. Введення в покриття полімерної складової (П-ЕП-219) забезпечує подальше зниження теплопровідності (–46 %). Це пов’язано з особливістю структури, яка отримується під час формування електродугових покриттів. Трьом типам границь відповідають три типи структурних елементів — підкладка, на яку наносять покриття, нанесений шар матеріалу і дискретна частинка матеріалу в кінцевому стані — після розпилення, удару і твердіння. Сама будова сформованого шару покриття неоднорідна в результаті нерівномірного розподілу температури і швидкості частинок матеріалу по перетину гетерофазного струменя. Нанесення покриття послідовним накладенням великої кількості частинок з різною температурою, швидкістю, агрегатним станом, масою, призводить до формування характерної шаруватої будови з зернистими включеннями і порами. Така складна будова електродугових покриттів, їх неоднорідність, пористість і безліч границь між частинками, призводить до зниження теплопровідності. З введенням у покриття полімерної складової, яка має низьку теплопровідність, відбувається подальше зниження теплопровідності покриття, що дозволяє застосовувати такі покриття не тільки як антикорозійні, а й теплоізоляційні на різних конструкціях і спорудах.

Висновки

Сформовано металополімерні електродугові покриття з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219 за допомогою модернізованого електродугового розпилювача ЕМ-14М за рахунок подачі порошку полімеру у вільному вигляді безпосередньо в високотемпературний гетерофазний струмінь до зони горіння електричної дуги. Ідентифіковано фази у композиційному покритті шляхом визначення їх мікротвердості. Встановлено, що мікротвердість металевої матриці складає 1716 МПа; полімерної складової — 128 МПа. Показано, що у зазначених металополімерних покриттях пористість зменшується з 13 до 7 % у порівнянні з ненаповненим покриттям, а максимальний вміст наповнювача досягає 40 % (об.). Встановлено, що теплопровідність металополімерних покриттів з композиції Св-08Г2С-О — П-ЕП-219 знижується на 46 % в порівнянні з теплопровідністю ненаповненого покриття з дроту Св-08Г2С-О. Сформовані металополімерні покриття рекомендується застосовувати як антикорозійні та теплоізоляційні на різних конструкціях і спорудах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] В. О. Роянов, і І. В. Захарова, «Зниження рівня окислення матеріалу, що розпилюється, при дуговій металізації за рахунок застосування комбінованого повітряно-порошкового розпилювального струменя,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 84-88, 2020. https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-152-5-84-88 .

[2] J. Wang, G. Wang, J. Liu, L. Zhang, W. Wang, and Z. Li, "Microstructure of Ni-Al powders and Ni-Al composite coatings prepared by twin-wire arc spraying," *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, vol. 23, pp. 810-818, 2016. https://doi.org/10.1007/s12613-016-1295-z .

[3] Q. Li et all, "Microstructure and wear performance of arc-sprayed Al/316L stainless-steel composite coating," *Surface and Coatings Technology*, vol. 374, pp. 189-200, 2019. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.06.006 .

[4] B. Wielage, H. Pokhmurska, M. Student, V. Gvozdeckii, T. Stupnyckyj, and V. Pokhmurskii, "Iron-based coatings arc-sprayed with cored wires for applications at elevated temperatures," *Surface and coatings technology*, vol. 220, no. 27, pp. 27-35, 2013. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.12.013 .

[5] L. Fang, J. Huang, Y. Liu, B. Zhang, and H. Li, "Cored-wire arc spray fabrication of novel aluminium-copper coatings for anti-corrosion/fouling hybrid performances," *Surface and Coatings Technology*, vol. 357, pp. 794-801, 2019. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.10.094 .

[6] В. И. Похмурский, М. М. Студент, В. М. Гвоздецкий, и А. В. Похмурская, «Порошковые проволоки серии ФМИ для электродугового напыления покрытий,» *Автоматическая сварка*, № 9, с. 52-57, 2011.

[7] P. King, A. Poole, S. Horne, R. Nys, S. Gulizia, and M Jahedi, "Embedment of Copper Particles into Polymers by Cold Spray," *Surface and Coatings Technology*, vol. 216, pp. 60-67, 2013. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.11.023 .

[8] J. Affi, H. Okazaki, M. Yamada, and M. Fukumoto, "Fabrication of Aluminum Coating onto CFRP Substrate by Cold Spray," *Materials Transactions*, vol. 52, pp. 1759-1763, 2011. https://doi.org/10.2320/matertrans.T-M2011807 .

[9] H. Ashrafizadeh, P. Mertiny, and A. McDonald, "Determination of Temperature Distribution Within Polyurethane Substrates During Deposition of Flame-Sprayed Aluminum-12silicon Coatings Using Green's Function Modeling and Experiments," *Surface and Coatings Technology*, vol. 259, pp. 625-636, 2014. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.10.020 .

[10] R. Gonzalez, P. Mertiny, and A. McDonald, "Damage Detection Framework for Fiber-Reinforced Polymer Composites Using Al-12Si Flame-Sprayed Coatings," in *Canadian International Conference on Composite Materials*, Edmonton, AB, 2015, pp. 1-8.

[11] S. Guanhong, H. Xiaodong, J. Jiuxing, and S. Yue, "Parametric Study of Al and Al_2O_3 Ceramic Coatings Deposited by Air Plasma Spray Onto Polymer Substrate," *Applied Surface Science*, vol. 257, pp. 7864-7870, 2011. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.04.057 .

[12] W. Huang et all, "Effect of Bond Coats on Thermal Shock Resistance of Thermal Barrier Coatings Deposited onto Polymer Matrix Composites Via Air Plasma Spray Process," *Journal of Thermal Spray Technology*, vol. 22, pp. 918-925, 2013. https://doi.org/10.1007/s11666-013-9942-7 .

[13] S. Devaraj, B. Anand, M. Gibbons, A. McDonald, and S. Chandra, "Thermal spray deposition of aluminum and zinc coatings on thermoplastics," *Surface and Coatings Technology*, vol. 399, pp. 114-126, 2020. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126114 .

[14] О. М. Дубовий, А. А. Карпеченко, М. М. Бобров, і А. О. Мазуренко, «Пристрій для електродугового напилення композиційних покриттів,» *Патент України*, *МПК C23C 26/02, B05B 7/22*, № 111760, 10.06.2016.

Рекомендована кафедрою галузевого машинобудування ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 12.03.2021

Карпеченко Антон Анатолійович — канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалознавства і технології металів, e-mail: karpechenkoanton@gmail.com ;

Бобров Максим Миколайович — канд. техн. наук, асистент кафедри матеріалознавства і технології металів, e-mail: laborantmtm@gmail.com .

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Миколаїв;

Лимар Олександр Олександрович — канд. фіз-мат. наук, асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, e-mail: aleksandr1402aa@gmail.com .

Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв

A. A. Karpechenko[1]
M. M. Bobrov[1]
O. O. Lymar[2]

Electric Arc Spraying of Composite Metal-Polymer Coatings

[1]Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv;
[2]Mykolaiv National Agrarian University

A method for forming composite electric arc coatings by using a modernized EM-14M spraying gun with a powder feed unit of free powder to a high-temperature heterophase jet during spraying is proposed. Samples of a metal-polymer composite coating of the composition steel Sv-08-G2S-O — polymer P-EP-219 were obtained. Experimentally established the necessary zone for the supply of polymer powder was to prevent its destruction in the high-temperature zone of the arc discharge and the optimal modes of deposition metal-polymer coatings: current 90…100 A, arc voltage 25 V, compressed air pressure 0,4…0,6 MPa, polymer powder consumption 25 g/min, spraying distance 100...120 mm. If these modes are observed, the conditions for the formation of a high-quality metal-polymer coating with a thickness of 0.5-0.8 mm with a

maximum content of the polymer component of 40 % (vol.) are provided. A scanning electron microscope REMMA-102-02 was used to investigate the microstructure of the sprayed coatings. It has been established that the porosity of composite coatings is reduced from 13 % to 7 % in comparison with convention steel coatings. The phases were identified by determining their microhardness on cross sections with a load on the indenter of 50 g. It was found that the microhardness of the metal matrix is 1716 MPa; polymer component — 128 MPa. It is shown that the deposited coatings are characterized by the presence on their surface of a continuous polymer film with a thickness of 10 to 100 μm, which is formed as a result of the fact that the polymer solidifies later than the crystallization of metal particles. It has been experimentally confirmed that the thermal conductivity of metal-polymer coatings deposited from the SV-08G2S-O — P-EP-219 composition decreases by 46 % in comparison with the thermal conductivity of convention coatings from SV-08G2S-O wire. The proposed coatings are recommended to be used as anticorrosion and heat-insulating coatings on various structures due to the thin surface polymer film and low thermal conductivity.

Keywords: electric arc spraying, composite coatings, thermal conductivity, microhardness, polymer.

Karpechenko Anton A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Material Science and Technology of Metals, e-mail: karpechenkoanton@gmail.com ;

Bobrov Maksym M. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant of the Chair of Material Science and Technology of Metals, e-mail: laborantmtm@gmail.com ;

Lymar Oleksandr O. — Cand. Sc. (Phys.-Math.), Assistant of the Chair of Tractors and Agricultural Machinery, Operating and Maintenance, e-mail: aleksandr1402aa@gmail.com

А. А. Карпеченко[1]
М. Н. Бобров[1]
А. А. Лимарь[2]

Электродуговое напыление композиционных металлополимерных покрытий

[1]Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Николаев;
[2]Николаевский национальный аграрный университет

Предложен способ формирования композиционных электродуговых покрытий за счет использования модернизированного распылителя ЭМ-14М с узлом бесперебойной подачи порошка в свободном виде в высокотемпературную гетерофазную струю при напылении. Получены образцы металлополимерного композиционного покрытия композиции сталь Св-08-Г2С-О — полимер П-ЭП-219. Экспериментальным путем установлена необходимая зона подачи полимерного порошка для предотвращения его деструкции в высокотемпературной зоне дугового разряда и оптимальные режимы нанесения металлополимерных покрытий: сила тока 90…100 А, напряжение на дуге 25 В, давление сжатого воздуха 0,4…0,6 МПа, расход полимерного порошка 25 г/мин, дистанция напыления 100...120 мм. При соблюдении указанных режимов обеспечиваются условия формирования качественного металлополимерного покрытия толщиной 0,5…0,8 мм с максимальным содержанием полимерной составляющей 40 % (об.). С помощью растрового электронного микроскопа РЭММА 102-02 проведено исследование микроструктуры сформированных покрытий. Установлено, что пористость композиционных покрытий снижается с 13 до 7 % по сравнению с традиционными стальными покрытиями. Проведена идентификация фаз за счет определения их микротвердости на поперечных шлифах при нагрузке на индентор 50 г. Установлено, что микротвердость металлической матрицы составляет 1716 МПа; полимерной составляющей —128 МПа. Показано, что нанесенные покрытия характеризуются наличием на их поверхности сплошной полимерной пленки толщиной от 10 до 100 мкм, которая формируется в результате того, что полимер затвердевает позже, чем кристаллизуются металлические частицы. Экспериментально подтверждено, что теплопроводность металлополимерных покрытий из композиции Св-08Г2С-О — П-ЭП-219 снижается на 46 % по сравнению с теплопроводностью ненаполненных покрытий из проволоки Св-08Г2С-О. Предложенные покрытия рекомендуется применять в качестве антикоррозионных и теплоизоляционных на различных конструкциях и сооружениях за счет тонкой поверхностной полимерной пленки и низкой теплопроводности.

Ключевые слова: электродуговое напыление, композиционные покрытия, теплопроводность, микротвердость, полимер.

Карпеченко Антон Анатольевич — канд. техн. наук, доцент кафедры материаловедения и технологии металлов, e-mail: karpechenkoanton@gmail.com ;

Бобров Максим Николаевич — канд. техн. наук, ассистент кафедры материаловедения и технологии металлов, e-mail: laborantmtm@gmail.com ;

Лимарь Александр Александрович — канд. физ-мат. наук, ассистент кафедры тракторов и сельскохозяйственных машин, эксплуатации и технического сервиса, e-mail: aleksandr1402aa@gmail.com