

УДК 621.762.27

Е.В. Агеева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

А.Ю. Алтухов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: alt@yandex.ru)

Е.П. Новиков, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru)

МИКРОАНАЛИЗ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ПОРОШКОВ

Развитие современного машиностроения требует повышения качества, надежности и долговечности деталей, узлов и механизмов. Одним из эффективных путей решения этих задач является применение различных функциональных покрытий, полученных в том числе и методом электроискрового легирования (ЭИЛ). Основными электродными материалами служат спеченные твердые сплавы, стоимость которых, ввиду присутствия дорогостоящего вольфрама, относительно высока. Для решения данной проблемы в качестве электродного материала предлагается использовать в качестве основной фракции порошок твердого сплава марки ВК8 (90%) и добавлять 10% порошка быстрорежущей стали марки Р6М5. Одним из перспективных методов получения порошка, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и отходов твердого сплава и быстрорежущей стали, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса. Целью настоящей работы являлось проведение микроанализа поперечного шлифа подложки из стали 30ХГСА и электроискрового покрытия, полученного электроискровым легированием на установке UR-121 с использованием электродов из смеси электроэрозионных порошков марки ВК8 (90%)+Р6М5 (10%), полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава и быстрорежущей стали в керосине осветительном. Для получения порошка микро- и нанодисперсий из отходов твердого сплава и быстрорежущей стали использовали установку для электроэрозионного диспергирования токопроводящих материалов. Микроскопический анализ проводили на инвертированном оптическом микроскопе OLYMPUS GX51.

Микроанализ позволил определить форму и размеры отдельных зерен и их относительное расположение, выявить наличие имеющихся включений, микродефектов и судить о свойствах подложки (30ХГСА) и покрытия (ВК8+Р6М5).

Ключевые слова: электроэрозионное диспергирование, электроискровое легирование, покрытие, микроанализ, микроструктура.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-3-34-40

Ссылка для цитирования: Агеева Е.В., Алтухов А.Ю., Новиков Е.П. Микроанализ электроискровых покрытий на основе электроэрозионных порошков // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 3(72). С. 34-40.

Введение

Одной из основных проблем использования твердых сплавов в настоящее время является переработка их отходов и дальнейшее использование. Неоднократные попытки вывести вольфрам из состава твердых сплавов, ввиду его высокой стоимости, успехом не завершились, поскольку ни одно из тугоплавких соединений не обеспечивает столь высоких прочностных характеристик. Поэтому пробле-

ма переработки отходов твердых сплавов в настоящее время весьма актуальна.

Развитие современного машиностроения требует повышения качества, надежности и долговечности деталей, узлов и механизмов. Одним из эффективных путей решения этих задач является применение различных функциональных покрытий, полученных в том числе и методом электроискрового легирования (ЭИЛ), к достоинствам которого относятся простота процесса, высокая адгезия покрытий, низкая энергоемкость и высокая эко-

логичность [1-3]. Основными электродными материалами в основном служат спеченные твердые сплавы, стоимость которых, ввиду присутствия дорогостоящего вольфрама, относительно высока. Для решения данной проблемы в качестве электродного материала предлагается использовать в качестве основной фракции порошок твердого сплава марки ВК8 (90%) и добавлять 10% порошка быстрорежущей стали марки Р6М5.

Одним из перспективных методов получения порошка, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и отходов твердого сплава и быстрорежущей стали, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [4-14].

Целью настоящей работы являлось проведение микроанализа поперечного шлифа подложки из стали 30ХГСА и электроискрового покрытия, полученного электроискровым легированием на установке UR-121 с использованием электродов из смеси электроэрозионных порошков марки ВК8 (90%)+Р6М5 (10%), полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава и быстрорежущей стали в керосине осветительном.

Материалы и методы исследования

Для получения порошка микро- и нанодисперсий из отходов твердого сплава и быстрорежущей стали использовали установку для электроэрозионного диспергирования токопроводящих материалов [14].

На первом этапе прессования порошок помещали в гибкую резиновую форму и предварительно вручную уплотняли до плотности $3,1847 \text{ г/см}^3$. Далее образцы помещали в рабочую камеру пресса при температуре 18°C , давление нагнетали до необходимой величины, при этом давле-

нии образец выдерживался в течение 2 минут, после чего давление сбрасывали до атмосферного и скомпактированные образцы извлекали из резиновой формы. Давление изостатического прессования составило 250 МПа. Скомпактированные образцы в печи Nabertherm VHT 8/22 спекали в течение 2 часов при температуре 1250°C в среде аргона. Электрод был получен путем смешивания порошков в соотношении ВК-8 (90%) + Р6М5(10%). Электроискровые покрытия, сформированные данным электродом, на образце из стали 30ХГСА получали на установке UR-121 (производство фирмы ПЭЛМ, г. Подольск).

Методом оптической микроскопии было проведено исследование микроструктуры образца (по поперечному шлифу). Поверхность образца шлифовали и полировали. Шлифование производили металлографической бумагой с крупным (№№ 60-70) и мелким зерном (№№ 220-240). В процессе шлифования образец периодически поворачивали на 90° . Смывали частицы абразива водой и подвергали полированию на круге суспензиями из оксидов металла (Fe_3O_4 , Cr_2O_3 , Al_2O_3). После достижения зеркального блеска, поверхность шлифа промывали водой, спиртом и просушивали фильтровальной бумагой. Травление проводили реактивом Ржешатарского.

Микроскопический анализ проводили на инвертированном оптическом микроскопе OLYMPUS GX51. Данный исследовательский микроскоп предназначен для получения в отражённом свете:

- светлопольных и темнопольных изображений;
- изображений дифференциального интерференционного контраста (DIC);
- изображений в поляризованном свете.

Предельное увеличение микроскопа: $\times 1000$ (сменные объективы $\times 5$, $\times 10$, $\times 20$,

×50, ×100). Микроскоп OLYMPUS GX51 дополнительно оснащен прецизионным сканирующим автоматизированным столом PS11, цифровой микроскопной видеокамерой SIMAGIS 2P-2C и системой автоматизированного анализа изображений “SIAMS Photolab” (SIMAGIS Research) и ImageScope M.

Система анализа изображений “SIAMS Photolab” представляет собой программный продукт, предназначенный для проведения обработки и анализа изображений, полученных при помощи цифровых и аналоговых фото- и видеокамер, а также сканеров в ходе проведения микро- и макросъемки.

Обработка изображений в “SIAMS Photolab” производится в цепочке взаимосвязанных ячеек, содержащих исходное изображение, результаты промежуточных этапов обработки, конечное обработанное изображение и результаты измерений в виде чисел, графиков и гистограмм. После создания цепочки для обработки нового образца по заданному алго-

ритму достаточно заменить исходное изображение. При этом у пользователя имеются возможности для визуального контроля и ручной настройки параметров любого этапа обработки. Помимо автоматизированной обработки, система позволяет проводить редактирование изображений в ручном и полуавтоматическом режимах. В системе предусмотрена генерация отчетов формата MS Word и экспорт изображений, числовых и текстовых данных в наиболее распространенные форматы.

Результаты экспериментальных исследований

Микроструктуры с различным увеличением поперечного шлифа подложки из стали 30ХГСА и электроискрового покрытия, полученного электроискровым легированием на установке UR-121 с использованием электродов из смеси электроэрозионных порошков марки ВК8 (90%)+Р6М5 (10%), представлены на рисунках 1-3.

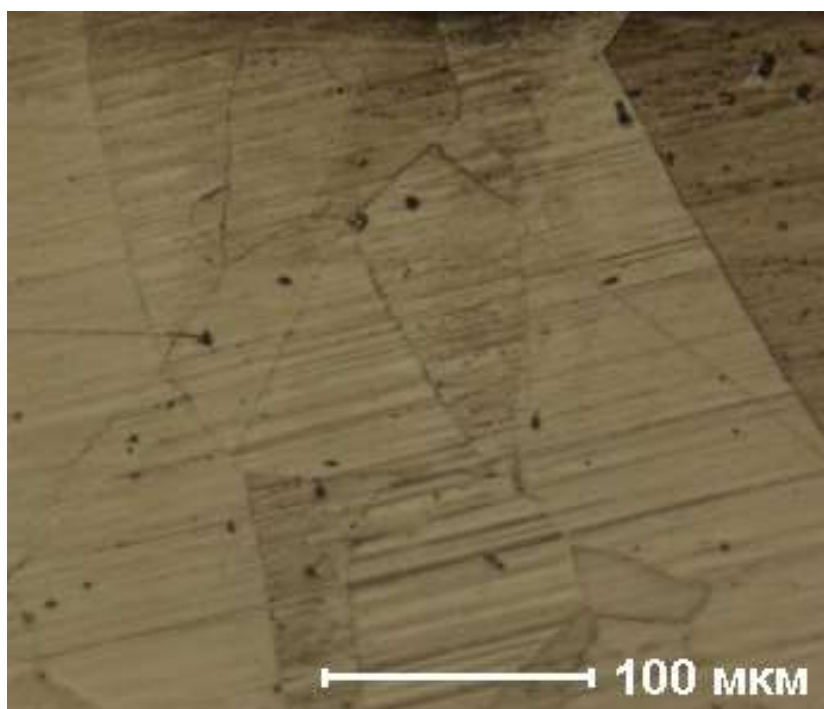


Рис. 1. Микроструктура подложки образца



Рис. 2. Микроструктура электроискрового покрытия образца

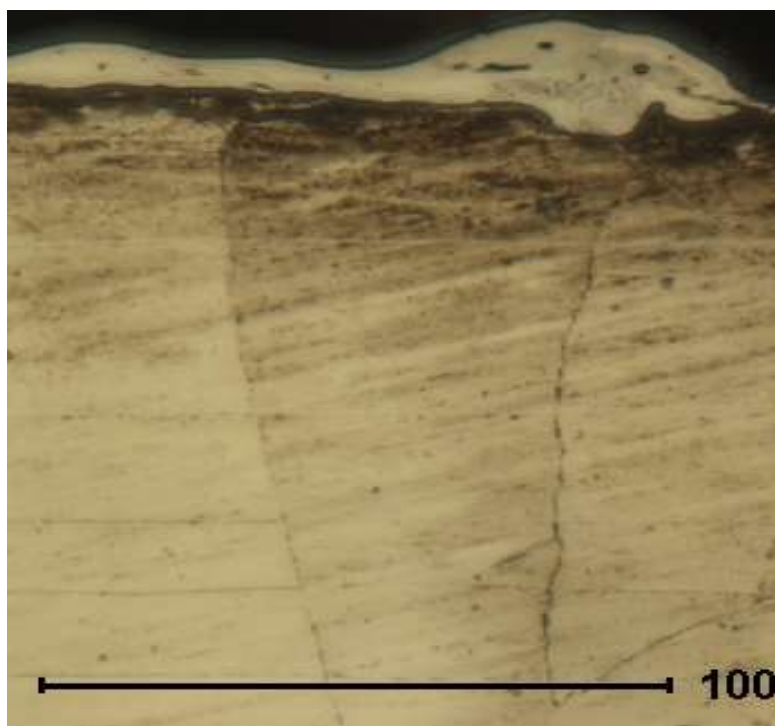


Рис. 3. Микроструктура подложки образца с электроискровым покрытием

Микроанализ позволил определить форму и размеры отдельных зерен и их относительное расположение, выявить наличие имеющихся включений, микродефектов и судить о свойствах подложки (30ХГСА) и покрытия (ВК8+Р6М5).

Заключение

На основании проведенных экспериментальных исследований, направленных на исследование микроструктуры поперечного шлифа подложки из стали 30ХГСА и электроискрового покрытия, полученного

электроискровым легированием на установке UR-121 с использованием электродов из смеси электроэрозионных порошков марки ВК8 (90%)+Р6М5 (10%), полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердого сплава и быстрорежущей стали в керосине осветительном, определены форма и размеры отдельных зерен и их относительное расположение, выявлены имеющиеся включения и микродефекты.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (МК-1792.2017.8).

Список литературы

1. Иванов В.И., Кислов С.В., Лезин П.П. Электроискровая обработка металлических поверхностей в механизированном режиме: электрод-инструменты // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 2. С. 71-76.
2. Электроискровая обработка металлов – универсальный способ восстановления изношенных деталей / Ф.Х. Бурумкулов, В.П. Лялякин, И.А. Пушкин, С.Н. Фролов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001. № 4. С. 23-28.
3. К вопросу получения в электроискровых покрытиях аморфных и нанокристаллических структур / А.В. Коломейченко, И.С. Кузнецов, А.Ю. Родичев, Т.Г. Пеняшки // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 5. С. 33-36.
4. Агеев Е.В. Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Разработка генератора импульсов установки электроэрозионного диспергирования // Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009: сборник материалов Международной научно-технической конференции / отв. ред. В.Э. Дрейзин. Курск, 2009. С. 144-147.
5. Латыпов Р.А., Агеев Е.В., Давыдов А.А. Восстановление и упрочнение деталей машин и инструмента с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2013. № 12. С. 23-28.
6. Агеева Е.В., Агеев Е.В. Повышение качества ремонта и восстановления деталей современных транспортных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 3. С. 503-509.
7. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, Ю.П. Гнездилова. Курск, 2010.
8. Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 238-240.
9. Ageeva E.V. Morphology and composition of copper electrospark powder suitable for sintering / Ageeva E.V., Khor'yakova N.M., Ageev E.V. // Russian Engineering Research. 2015. Т. 35. № 1. С. 33-35.
10. Рентгеноспектральный микроанализ частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 2. С. 13-16.
11. Исследование технологических свойств твердосплавных электроэрозионных порошков / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, А.С. Бондарев, Е.П. Новиков, В.Л. Селютин, И.А. Павлов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2-1. С. 19-22.
12. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования

/ Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, Н.А. Пивовар // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. № 4 (33). С. 76-82.

13. Новиков Е.П., Агеев Е.В., Сытченко А.Д. К вопросу о переработке алюминиевых отходов электроэрозионным диспергированием // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 1 (1). С. 169-172.

14. Пат. 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. 4 с.

Поступила в редакцию 04.05.17

UDC 621.762.27

E.V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

A. Yu. Altukhov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: alt@yandex.ru)

E.P. Novikov, Postgraduate, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: evgeniy-novikov-92@mail.ru)

MICROANALYSIS OF ELECTROSPARK COATINGS BASED ON ELECTROEROSION POWDERS

The development of modern engineering requires improvement of quality, reliability and durability of parts, assemblies and mechanisms. One of the efficient ways to solve these problems is to apply functional coatings obtained by the method of electric-spark alloying (ESA). Main electrode materials are mostly sintered hard alloys, which cost due to expensive tungsten in them is relatively high. To solve this problem, a VK8 (90%) hard alloy powder (as a main part) and 10% of high speed steel powder, Gr. R6M5 are proposed to be used as an electrode material. One of the promising methods to produce powders from almost any conductive material, including hard alloy and high speed steel wastes, is the method of electroerosion dispersion (EED), characterized by relatively low energy costs and an environmentally friendly process. The aim of this work is to perform a microanalysis of a steel 30KHGSA section substrate and electrospark coating obtained by electrospark alloying by UR-121 using electrodes of a mixture of electroerosion powders VK8 (90%)+R6M5 (10%), obtained by electroerosion dispersion of hard alloy and high speed steel wastes in illuminating kerosene. To obtain a micro and nano powder of hard alloy and high speed steel wastes a unit for electric erosion dispersing of conductive materials was used. Microanalysis was performed by means of an inverted optical microscope OLYMPUS GX51.

The microanalysis allowed us to determine the shape and size of individual grains and their relative positions to identify the presence of inclusions and microdefects and to judge on the properties of the substrate (30KHGSA) and the coating (VK8+R6M5).

Key words: electroerosion dispersion, electrospark alloying, coating, microanalysis, microstructure.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-3-34-40

For citation: Ageeva E.V., Altukhov A. YU., Novikov E.P. Microanalysis of Electrospark Coatings Based on Electroerosion Powders, Proceeding of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 3(72), pp. 34-40 (in Russ.).

Reference

1. Ivanov V.I., Kislov S.V., Lezin P.P. Jelektroiskrovaja obrabotka metallicheskih poverhnostej v mehanizirovannom rezhime: jelektrod-instrumenty // Trudy GOSNITI. 2013. T. 111. № 2. S. 71-76.

2. Jelektroiskrovaja obrabotka metallov – universal'nyj sposob vosstanovlenija iznoshennyh detalej / F.H. Burumkulov, V.P. Ljaljakin, I.A. Pushkin, S.N. Frolov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2001. № 4. S. 23-28.

3. K voprosu poluchenija v jelektroiskrovnyh pokrytijah amorfnyh i nanokristallicheskih struktur / A.V. Kolomejchenko, I.S. Kuznecov, A.Ju. Rodichev, T.G. Penjashki // Remont. Vosstanovlenie. Modernizacija. 2015. № 5. S. 33-36.

4. Ageev E.V., Semehin B.A., Latypov R.A. Razrabotka generatora impul'sov ustanovki jelektroerozionnogo dispergirovanija // Informacionno-izmeritel'nye, diagnosticheskie i upravljajushhie sistemy. Diagnostika-2009: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii / otv. red. V.Je. Drejzin. Kursk, 2009. S. 144-147.

5. Latypov R.A., Ageev E.V., Davydov A.A. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej mashin i instrumenta s ispol'zovaniem poroshkov, poluchennyh jelektroerozionnym dispergirovanijem vol'framsoderzhashih othodov // Remont. Vosstanovlenie. Modernizacija. 2013. № 12. S. 23-28.

6. Ageeva E.V., Ageev E.V. Povyshenie kachestva remonta i vosstanovlenija detalej sovremennyh transportnyh sistem // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. 2011. № 3. S. 503-509.

7. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtotraktornoj tehniki plazmenno-poroshkovej naplavkoj s ispol'zovaniem poroshkov, poluchennyh jelektroerozionnym dispergirovanijem othodov spechennyh tverdych splavov / E.V. Ageev, V.I. Serebrovskij, B.A. Semehin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov, Ju.P. Gnezdilova. Kursk, 2010.

8. Ageev E.V., Semehin B.A., Latypov R.A. Issledovanie vlijanija jelektricheskikh parametrov ustanovki na process poroshkoobrazovanija pri jelektroerozionnom dispergirovanii othodov tverdogo splava //

Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2009. T. 11. № 5-2. S. 238-240.

9. Ageeva E.V. Morphology and composition of copper electrospark powder suitable for sintering / Ageeva E.V., Khor'yakova N.M., Ageev E.V. // Russian Engineering Research. 2015. T. 35. № 1. S. 33-35.

10. Rentgenospektral'nyj mikroanaliz chastic poroshkov, poluchennyh jelektroerozionnym dispergirovanijem tverdogo splava / E.V. Ageev, V.N. Gadalov, B.A. Semehin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov // Uprochnjajushhie tehnologii i pokrytija. 2011. № 2. S. 13-16.

11. Issledovanie tehnologicheskikh svojstv tverdospлавnyh jelektroerozionnyh poroshkov / E.V. Ageev, E.V. Ageeva, A.S. Bondarev, E.P. Novikov, V.L. Seljutin, I.A. Pavlov // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2012. № 2-1. S. 19-22.

12. Issledovanie proizvoditel'nosti processa poluchenija poroshkov metodom jelektroerozionnogo dispergirovanija / E.V. Ageev, B.A. Semehin, E.V. Ageeva, R.A. Latypov, N.A. Pivovarov // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. № 4 (33). S. 76-82.

13. Novikov E.P., Ageev E.V., Sytchenko A.D. K voprosu o pererabotke aljuminievych othodov jelektroerozionnym dispergirovanijem // Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii. 2015. № 1 (1). S. 169-172.

14. Pat. 2449859, Rossijskaja Federacija, C2, B22F9/14. Ustanovka dlja poluchenija nanodispersnyh poroshkov iz tokoprovodjashchih materialov / Ageev E.V.; zavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. № 2010104316/02; zajav. 08.02.2010; opubl. 10.05.2012. 4 s.