

УДК 621.762

**Е.В. Агеева**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

**А.Ю. Алтухов**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: alt997@yandex.ru)

**А.А. Сысоев**, аспирант, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: evoking09@rambler.ru)

**А.С. Осьминина**, студент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94) (e-mail: osminina-as @yandex.ru)

## **РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ АДДИТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ КОБАЛЬТОХРОМОВЫХ ПОРОШКОВ**

*Главным преимуществом технологии электроэрозионного диспергирования является применение в качестве исходных материалов отходов, которые значительно дешевле чистых компонентов, используемых в традиционных технологиях. Кроме того, данная технология является порошковой, что позволяет получать порошки-сплавы.*

*Широкое использование метода электроэрозионного диспергирования для переработки металло-отходов в порошки с целью их повторного использования и применения в аддитивных технологиях сдерживается отсутствием в научно-технической литературе полноценных сведений по влиянию исходного состава, режимов и среды получения на свойства порошков и технологий практического применения. Поэтому для разработки технологий повторного использования электроэрозионных порошков и оценки эффективности их использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.*

*Целью работы являлось проведение рентгеноструктурного анализа аддитивных изделий из электроэрозионных кобальтохромовых порошков.*

*Для выполнения намеченных исследований выбраны отходы кобальтохромового сплава марки КХМС «ЦЕЛЛИТ». В качестве рабочей жидкости использовали спирт бутиловый (бутанол-1). Для получения кобальтохромовых порошков использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов. Параметры диспергирования: напряжение 100 В, емкость 48 мкФ, частота следования импульсов 120 Гц.*

*Исследование фазового состава образцов проводили методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Rigaku Ultima IV в излучении Cu-K $\alpha$  (длина волны  $\lambda = 0.154178$  нм) с использованием щелей Соллера.*

*По результатам проведенных исследований рентгеноструктурного анализа аддитивных изделий, полученных из порошков, изготовленных электроэрозионным диспергированием кобальтохромовых отходов, экспериментально установлено, что основными фазами в спеченных образцах являются Co, Cr и Co<sub>3</sub>C.*

**Ключевые слова:** кобальтохромовый сплав; отходы; электроэрозионное диспергирование; порошок; аддитивное изделие; рентгеноструктурный анализ.

**DOI:** 10.21869/2223-1560-2018-22-5-6-13

**Ссылка для цитирования:** Рентгеноструктурный анализ аддитивных изделий из электроэрозионных кобальтохромовых порошков / Е.В. Агеева, А.Ю. Алтухов, А.А. Сысоев, А.С. Осьминина // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 5(80). С. 6-13.

\*\*\*

## **Введение**

Аддитивные технологии (АТ) производства изделий из материалов на основе металлов и сплавов на сегодняшний день одно из самых перспективных и активно развивающихся направлений производства.

Основным требованием к порошкам для аддитивных 3d-технологий является сферическая форма частиц. Такие частицы наиболее компактно укладываются в определенный объем и обеспечивают «текучесть» порошковой композиции в

системах подачи материала с минимальным сопротивлением. Кроме того, порошок должен содержать минимальное количество растворенного газа. Микроструктура порошка должна быть однородной и мелкодисперсной (с равномерным распределением фазовых составляющих) [1-9].

Главным преимуществом технологии электроэрозионного диспергирования является применение в качестве исходных материалов отходов, которое значительно дешевле чистых компонентов, используемых в традиционных технологиях. Кроме того, данная технология является порошковой, что позволяет получать порошки-сплавы [10-29].

Широкое использование метода ЭЭД для переработки металлоотходов в порошки с целью их повторного использования и применения в аддитивных технологиях сдерживается отсутствием в научно-технической литературе полноценных сведений по влиянию исходного состава, режимов и среды получения на свойства порошков и технологий практического применения. Поэтому для разработки технологий повторного использования электроэрозионных порошков и оценки эффективности их использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

**Целью** работы являлось проведение рентгеноструктурного анализа аддитивных изделий из электроэрозионных кобальтохромовых порошков.

Для выполнения намеченных исследований выбраны отходы кобальтохромового сплава марки КХМС «ЦЕЛЛИТ». В качестве рабочей жидкости использовали спирт бутиловый (бутанол-1). Для

получения кобальтохромовых порошков использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов. Параметры диспергирования: напряжение 100 В, емкость 48 мкФ, частота следования импульсов 120 Гц.

Исследование фазового состава образцов проводили методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Rigaku Ultima IV в излучении Cu-K $\alpha$  (длина волны  $\lambda = 0.154178$  нм) с использованием щелей Соллера. Съемку дифракционного спектра для фазового анализа проводят по схеме  $\theta$ -2 $\theta$  сканирования с фокусировкой по Брегу-Брентано в интервале углов 5...100 град. 2  $\theta$ . Съемку осуществляют в поточечном режиме с шагом сканирования  $\Delta(2\theta) = 0,02$  град, скоростью 0,6 град/мин., рабочее напряжение 45 кВ, ток 200 мА. Для уточнения профиля экспериментальных рентгенограмм использовали программный пакет PDXL RIGAKU. Вычитание фона проводили – методом Сонневельда–Виссера, сглаживание экспериментального профиля – методом Савицкого–Голая, разделение компонент  $k\alpha_1$  и  $k\alpha_2$  – методом Рачингера. Для описания дифракционных максимумов использовали суперпозицию функции Гаусса и функции Лоренца. Аппроксимация каждого из рефлексов на дифрактограммах исследуемых образцов функцией псевдо – Войгта позволила точно определить положение рефлексов с учетом смещения, вызванного перекрытием рефлексов, на половине максимума интенсивности (FWHM) и интенсивность. Фазовый состав покрытий определяли с помощью БД ICCD PDF-2 (2014).

Рентгенограммы исследуемых образцов приведены на рисунке и в таблице.

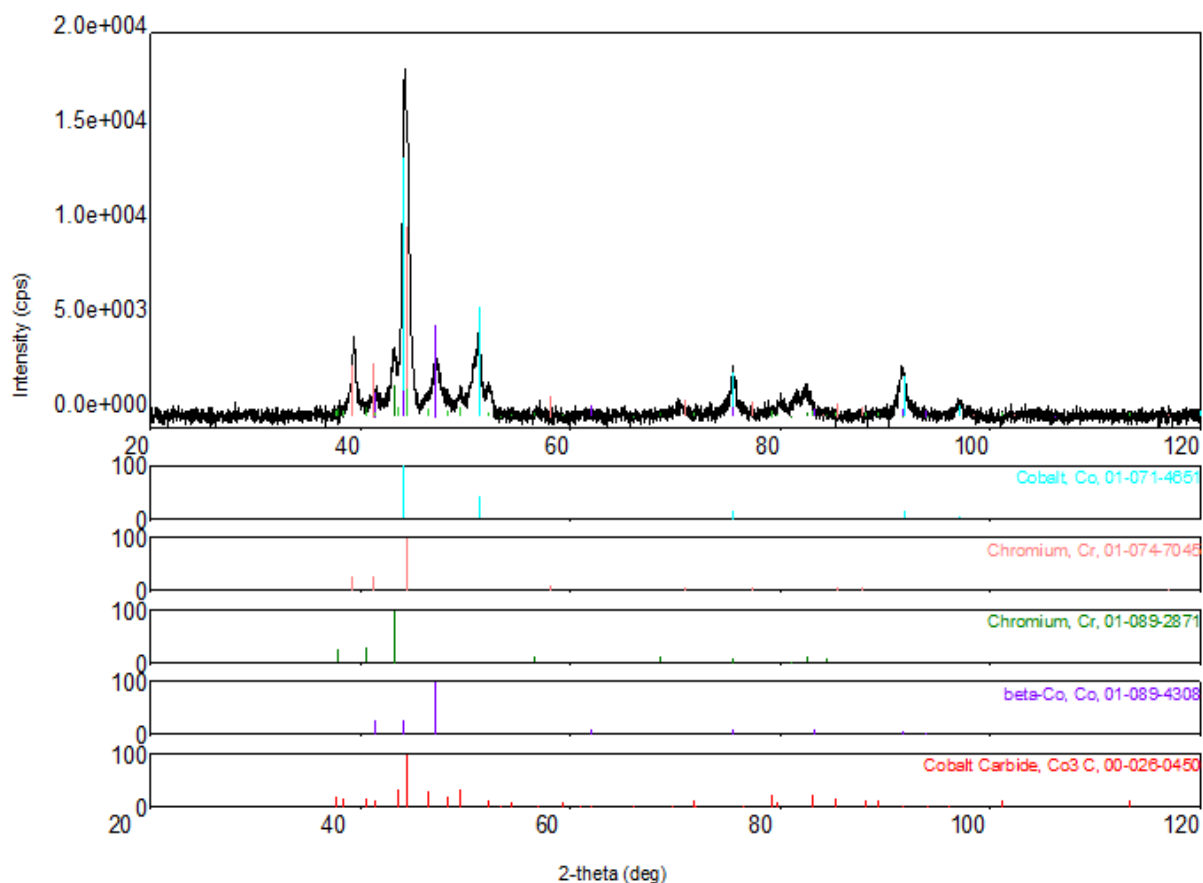


Рис. Дифрактограмма образца

## Периоды решеток фаз

Фаза	Cobalt (Co)	beta-Co	Chromium (Cr)	Cobalt Carbide (Co <sub>3</sub> C)	Chromium (Cr)
Тип решетки	Кубическая кристаллическая решётка	Гексагональная кристаллическая решётка	Гексагональная кристаллическая решётка	Орторомбическая кристаллическая решётка	Гексагональная кристаллическая решётка
Период решетки, Å	$a = b = c = 3.558471$	$a = b = 2.519881$	$a = b = 2.738459 \text{ Å}, c = 4.55078 \text{ Å}$	$a = b = 4.455931 \text{ Å}, c = 6.86598 \text{ Å}$	$a = b = 2.655079 \text{ Å}, c = 4.381041 \text{ Å}$

## Заключение

По результатам проведенных исследований рентгеноструктурного анализа аддитивных изделий из электроэрозионных кобальтохромовых порошков экспериментально установлено, что основны-

ми фазами в спеченных образцах являются Co, Cr и Co<sub>3</sub>C.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда. Номер проекта 17-79-20336.*

## Список литературы

1. Gu D.D., Meiners W., Wissenbach K., Poprawe R. Laser additive manufacturing of metallic components: materials, processes and mechanisms // *International Materials Reviews*. 2012. Vol. 57 (3). P. 133-164.
2. Biamino S., Penna A., Ackelid U et al. Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: microstructure and mechanical properties investigation // *Intermetallics*. 2011. Vol. 19. P. 776-781.
3. Loeber L., Biamino S., Ackelid U. et al. Comparison of Selective Laser and Electron Beam Melted Titanium Aluminides. Conference paper of 22nd International symposium "Solid freeform fabrication proceedings", University of Texas, Austin, 2011. P. 547-556.
4. Song B., Dong S., Zhang B. et al. Effects of processing parameters on microstructure and mechanical property of selective laser melted Ti6Al4V // *Materials & Design*. 2012. Vol. 35. P. 120-125.
5. Song B., Dong S., Coddet P. et al. Fabrication and microstructure characterization of selective laser melted FeAl intermetallic parts // *Surface and Coatings Technology*. 2012. Vol. 206. P. 4704-4709.
6. Safdar A., He H.Z., Wei L.Y., Snis A. et al. Effect of process parameters settings and thickness on surface roughness of EBM produced Ti-6Al-4V // *Rapid Prototyping Journal*. 2012. Vol. 18 (5). P.401-408.
7. Wang Z., Guana K., Gaoa M. The microstructure and mechanical properties of deposited-IN718 by selective laser melting // *Journal of Alloys and Compounds*. 2012. Vol. 513. P. 518-523.
8. Safdar A., Wei L.Y., Snis A., Lai Z. Evaluation of microstructural development in electron beam melted Ti-6Al-4V // *Materials Characterization*. 2012. Vol. 65. P. 8-15.
9. Ageev E.V., Ageeva E.V., Altukhov A.Yu., Khardikov S.V., Gulidin S.S., Novikov A.N. Electroerosive Powder Obtained from Alloy VK8 Waste into Butanol // *Journal of nano- and electronic physics*. 2015. Vol. 7. No 4. Part 2. P. 04080(3).
10. Ageeva E.V., Ageev E.V., Pikalov S.V., Vorobiev E.A., Novikov A.N. X-ray Analysis of the Powder of Micro- and Nanometer Fractions, Obtained from Wastes of Alloy T15K6 in Aqueous Medium // *Journal of nano- and electronic physics*. 2015. Vol. 7. No 4. Part 2. P. 04058(2).
11. Ageeva E.V., Ageev E.V., Karpenko V.Yu., Osminina A.S. Studing Tungsten-containing Electroerosion Powders and Alloys Synthesized from Them // *Journal of nano- and electronic physics*. 2014. Vol. 3. P. 03049-1- 03049-3.
12. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M., Malukhov V.S. Production of copper electroerosion nanopowders from wastes in kerosene medium // *Journal of nano- and electronic physics*. 2014. Vol. 3. P. 03011-1 - 03011-3.
13. Ageev E.V., Ageeva E.V., Latypov R.A. Investigation into the properties of electroerosive powders and hard alloy fabricated from them by isostatic pressing and sintering // *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*. 2015. Vol. 56. № 1. P. 52-62.
14. Переплетчиков Е.Ф. Применение порошков кобальтовых и никелевых сплавов для плазменной наплавки выпускных клапанов двигателей внутреннего сгорания // *Автоматическая сварка*. 2012. № 7 (711). С. 7-12.
15. Размерные характеристики бронзового электроэрозионного порошка, полученного в воде / Е.В. Агеева, Е.В. Агеев, В.Ю. Чаплыгин, А.А. Горохов // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии*. 2016. № 1 (18). С. 30-35.
16. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов: монография / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева. Курск, 2011. 122 с.

17. Исследование физико-технологических свойств порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Д.Н. Романенко, В.Б. Тригуб., В.В. Самойлов, Е.В. Агеева // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 12-2. С. 336-340.
18. Агеева Е.В., Алтухов А.Ю., Пикалов С.В. Исследование микротвердости синтезированной порошковой быстрорежущей стали из электроэрозионных порошков, полученных в водной среде // *Современные материалы, техника и технологии*. 2015. № 1 (1). С. 13-16.
19. Агеева Е.В., Хорьякова Н.М., Агеев Е.В. Исследование распределения микрочастиц по размерам в порошках, полученных электроэрозионным диспергированием медных отходов // *Вестник машиностроения*. 2014. № 9. С. 63-64.
20. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев, Д.Н. Романенко. М., 2011. 468 с.
21. Агеев Е.В., Агеева Е.В., Хорьякова Н.М. Состав и свойства медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием: монография. Курск, 2014. 144 с.
22. 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.
23. Фазовый состав частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием сплава ВК8 в бутиловом спирте / Е.В. Агеева, А.Ю. Алтухов, С.С., Гулидин Е.В. Агеев, А.А. Горохов // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии*. 2016. № 1 (18). С. 20-25.
24. Порошки, полученные электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов - перспективный материал для восстановления деталей автотракторной техники / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Е.В. Агеева, Р.В. Бобрышев // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2012. № 1-1 (40). С. 182-189.
25. Свойства порошков из отходов твердых сплавов ВК8 и Т15К6, полученных методом электроэрозионного диспергирования / Р.А. Латыпов, А.Б. Коростелев, Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2010. № 7. С. 2-6.
26. Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Метод получения наноструктурных порошков на основе системы WC-Co и устройство для его осуществления // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2010. № 5. С. 39-42.
27. Рентгеноспектральный микроанализ нихромового порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в среде керосина / Е.В. Агеев, А.А. Горохов, А.Ю. Алтухов, А.В. Щербаков, С.В. Хардинов // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2016. № 1 (64). С. 26-31.
28. Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. Исследование микротвердости порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина*. 2011. № 1 (46). С. 78-80.
29. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использова-

нием 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. 91 с.

Поступила в редакцию 25.06.18

UDC 621.762

**E.V. Ageeva**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya Str., 94) (e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

**A.Yu. Altukhov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya Str., 94) (e-mail: alt997@yandex.ru)

**A.A. Sysoev**, Post-Graduate Student, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya Str., 94) (e-mail: evoking09@rambler.ru)

**A.S. Osminina**, Student, Southwest State University (Russia, 305040, Kursk, 50 Let Oktyabrya Str., 94) (e-mail: osminina-as @yandex.ru)

# X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS OF THE ADDITIVE PRODUCTS OF ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF COBALT POWDERS

*The main advantage of the technology of electroerosion dispersion is the use of waste as raw materials, which is much cheaper than the clean components used in traditional technologies. In addition, this technology is powder, which allows powder-alloys.*

*The widespread use of the method of electroerosion dispersion for the processing of metal waste into powders for their reuse and application in additive technologies is constrained by the lack of scientific and technical literature full information on the effect of the initial composition, modes and medium on the properties of powders and technologies of practical application. Therefore, the development of technologies for the reuse of electroerosion powders and evaluation of the effectiveness of their use requires complex theoretical and experimental studies.*

*The aim of this work was to carry out x-ray diffraction analysis of the additive products of electrical discharge machining of cobalt powders.*

*For the proposed studies selected waste cobalt alloy brand CHMS "CELLET". Butyl alcohol (butanol-1) was used as a working liquid. To obtain the cobalt powders used for the installation of AED dielectric materials. Dispersion parameters: voltage 100 V, capacity 48 UF, pulse repetition rate 120 Hz.*

*The phase composition of the samples was studied by x-ray diffraction using Rigaku Ultima IV diffractometer in Cu-Ka radiation (wavelength  $\lambda = 0.154178$  nm) using Soller slots.*

*According to the results of studies of x-ray diffraction analysis of additive products obtained from powders made by electroerosion dispersion of cobalt-chromium waste, it was experimentally established that the main phases in sintered samples are Co, Cr and Co<sub>3</sub>C.*

**Key words:** cobalt-chrome alloy; waste; electroerosion dispersion; powder; additive product; x-ray structural analysis.

**DOI:** 10.21869/2223-1560-2018-22-5-6-13

**For citation:** Ageeva E.V., Altukhov A.Yu., Sysoev A.A., Osminina A.S. X-Ray Diffraction Analysis of the Additive Products of Electrical Discharge Machining of Cobalt Powders. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 5(80), pp. 6-13 (in Russ.).

\*\*\*

## Reference

1. Gu D.D., Meiners W., Wissenbach K., Poprawe R. Laser additive manufacturing of metallic components: materials, processes

and mechanisms. *International Materials Reviews*, 2012, vol. 57 (3), pp. 133-164.

2. Biamino S., Penna A., Ackelid U et al. Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: microstructure and mechanical

properties investigation. *Intermetallics*, 2011, vol. 19, pp. 776–781.

3. Loeber L., Biamino S., Ackelid U. et al. Comparison of Selective Laser and Electron Beam Melted Titanium Aluminides. Conference paper of 22nd International symposium “Solid freeform fabrication proceedings”, University of Texas, Austin, 2011, pp. 547-556.

4. Song B., Dong S., Zhang B. et al. Effects of processing parameters on microstructure and mechanical property of selective laser melted Ti6Al4V. *Materials & Design*, 2012, vol. 35, pp. 120–125.

5. Song B., Dong S., Coddet P. et al. Fabrication and microstructure characterization of selective laser melted FeAl intermetallic parts. *Surface and Coatings Technology*, 2012, vol. 206, pp. 4704–4709.

6. Safdar A., He H.Z., Wei L.Y., Snis A. et al. Effect of process parameters settings and thickness on surface roughness of EBM produced Ti–6Al–4V. *Rapid Prototyping Journal*, 2012, vol. 18 (5), pp.401–408.

7. Wang Z., Guana K., Gaoa M. The microstructure and mechanical properties of deposited-IN718 by selective laser melting. *Journal of Alloys and Compounds*, 2012, vol. 513, pp. 518–523.

8. Safdar A., Wei L.Y., Snis A., Lai Z. Evaluation of microstructural development in electron beam melted Ti–6Al–4V. *Materials Characterization*, 2012, vol. 65, pp. 8–15.

9. Ageev E.V., Altukhov A.Yu., Khardikov S.V., Gulidin S.S., Novikov A.N. Electroerosive Powder Obtained from Alloy VK8 Waste into Butanol. *Journal of nano- and electronic physics*, 2015, vol. 7, no. 4, part 2, pp. 04080(3).

10. Ageeva E.V., Ageev E.V., Pikalov S.V., Vorobiev E.A., Novikov A.N. X-ray Analysis of the Powder of Micro- and Nanometer Fractions, Obtained from Wastes of Alloy T15K6 in Aqueous Medium. *Journal*

*of nano- and electronic physics*, 2015, vol. 7, no. 4, part 2, p. 04058(2).

11. Ageeva E.V., Ageev E.V., Karpenko V.Yu., Osminina A.S. Studing Tungsten-containing Electroerosion Powders and Alloys Synthesized from Them. *Journal of nano- and electronic physics*, 2014, vol. 3, pp. 03049-1– 03049-3.

12. Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M., Malukhov V.S. Production of copper electroerosion nanopowders from wastes in kerosene medium. *Journal of nano- and electronic physics*, 2014, vol. 3, pp. 03011-1 - 03011-3.

13. Ageev E.V., Ageeva E.V., Latypov R.A. Investigation into the properties of electroerosive powders and hard alloy fabricated from them by isostatic pressing and sintering. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*, 2015, vol. 56, no. 1, pp. 52-62.

14. Perepletchikov E.F. Primenenie poroshkov kobaltovykh i nikelovykh splavov dlya plazmennoj naplavki vypusknym klapanov dvigatelej vnutrennego sgoraniya. *Avtomaticheskaya svarka*, 2012, no. 7 (711), pp. 7-12.

15. Ageeva E.V., Ageev E.V., Chaplygin V.Yu., Goroxov A.A. Razmernye kharakteristiki bronzovogo elektroerozionnogo poroshka, poluchennogo v vode. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tehnika i tehnologii*, 2016, no. 1 (18), pp. 30-35.

16. Ageev E.V., Latypov R.A., Semenixin B.A., Ageeva E.V. Sostav i svoystva poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov. *Kursk*, 2011, 122 p.

17. Ageev E.V., Gadlov V.N., Romanenko D.N., Trigub V.B., Samojlov V.V., Ageeva E.V. Issledovanie fiziko-tekhnologicheskikh svoystv poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2011, no. 12-2, pp. 336-340.

18. Ageeva E.V., Altuxov A.Yu., Pikalov S.V. Issledovanie mikrotverdosti sintezirovannoj poroshkovej bystrorezhushhej stali iz elektroerozionnyx poroshkov, poluchennyx v vodnoj srede. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii*, 2015, no. 1 (1), pp. 13-16.
19. Ageeva E.V., Xoryakova N.M., Ageev E.V. Issledovanie raspredeleniya mikrochastic po razmeram v poroshkax, poluchennyx elektroerozionnym dispergированием mednyx otxodov. *Vestnik mashinostroeniya*, 2014, no. 9, pp. 63-64.
20. Gadlov V.N., Salnikov V.G., Ageev E.V., Romanenko D.N. Metallografiya metallov, poroshkovyx materialov i pokrytij, poluchennyx elektroiskrovymi sposobami. Moscow, 2011, 468 p.
21. Ageev E.V., Ageeva E.V., Xoryakova N.M. Sostav i svoystva mednyx poroshkov, poluchennyx elektroerozionnym dispergированием. Kursk, 2014, 144 p.
22. Ageeva E.V., Ageev E.V. Povyshenie kachestva remonta i vosstanovleniya detalej sovremennyx transportnyx sistem. *Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*. 2011, no. 3, pp. 503-509.
23. Ageeva E.V., Altuxov A.Yu., Gulidin S.S., Ageev E.V., Goroxov A.A. Fazovyj sostav chastic poroshka, poluchennogo elektroerozionnym dispergированием splava VK8 v butilovom spirte. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii*. 2016, no. 1 (18), pp. 20-25.
24. Ageev E.V., Gadlov V.N., Ageeva E.V., Bobryshev R.V. Poroshki, poluchennye elektroerozionnym dispergированием otxodov tverdyx splavov - perspektivnyj material dlya vosstanovleniya detalej avto-traktornoj tehniki. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 1-1 (40), pp. 182-189.
25. Vaniyaelev A.B., Ageev E.V., Semenixin B.A. Svoystva poroshkov iz otxodov tverdyx splavov VK8 i T15K6, poluchennyx metodom elektroerozionnogo dispergiro. *Vse materialy. Enciklopedicheskij spravochnik*, 2010, no. 7, pp. 2-6.
26. Ageev E.V., Semenixin B.A., Latypov R.A. Metod polucheniya nanostrukturnyx poroshkov na osnove sistemy WC-Co i ustrojstvo dlya ego osushhestvleniya. *Fundamentalnye i prikladnye problemy tehniki i tehnologii*, 2010, no. 5, pp. 39-42.
27. Ageev E.V., Goroxov A.A., Altuxov A.Yu., Shherbakov A.V., Xardikov S.V. Rentgenospektralnyj mikroanaliz nixromovogo poroshka, poluchennogo metodom elektroerozionnogo dispergированиya v srede kerosina. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, no. 1 (64), pp. 26-31.
28. Ageev E.V., Semenixin B.A., Latypov R.A. Issledovanie mikrotverdosti poroshkov, poluchennyx elektroerozionnym dispergированием tverdogo splava. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina*, 2011, no. 1 (46), pp. 78-80.
29. Ageev E.V., Serebrovskij V.I., Semenixin B.A., Ageeva E.V., Latypov R.A., Gnezdilova Yu.P. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej avtotraktornoj texniki plazmenno-poroshkovej naplavkoj s ispolzovaniem poroshkov, poluchennyx elektroerozionnym dispergированием otxodov spechennyx tverdyx splavov. Kursk, 2010, 91 p.