

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-4-31-41>

Исследование гранулометрического состава частиц электроэрозионного хромсодержащего порошка, используемого для износостойкой наплавки

Е. В. Агеева¹ ✉, С. В. Хардигов¹, И. А. Морозова²

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова», ул. Карла Маркса, 70, г. Курск, 305021, Российская Федерация

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Резюме

Целью работы являлось исследование гранулометрического состава электроэрозионного хромсодержащего порошка, пригодного для наплавки покрытий.

Методы. Для выполнения намеченных исследований были выбраны отходы хромсодержащей стали. В качестве рабочей жидкости выбрали углеродсодержащую рабочую жидкость, а именно осветительный керосин. Для получения хромсодержащих порошковых материалов электроэрозионным диспергированием пользовались установкой для ЭЭД токопроводящих материалов. Диспергируемый материал засыпали в эксикатор, который заполнен рабочей жидкостью, а именно осветительным керосином. Гранулометрический состав полученных порошков авторы исследовали по методике диспергирования в жидкости с ультразвуком. Методика исследования (ФР 1.27.2009.06762 «Методика выполнения измерений размера частиц в суспензиях, эмульсиях и аэрозолях в нанометровом и коллоидном диапазонах с использованием эффекта динамического рассеяния света»).

Результаты. Экспериментально установлено, что форма частиц полученного порошкового материала обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД. Видно также, что в порошковом материале преобладают частицы, имеющие правильную сферическую или эллиптическую форму. Они получаются кристаллизацией расплавленного материала (жидкой фазы). Частицы, образующиеся при кристаллизации кипящего материала (паровой фазы), имеют неправильную форму, размер на порядок меньше частиц, образующихся из жидкой фазы, и обычно агрегируются друг с другом и на поверхности других частиц. В процессе ЭЭД такие частицы наиболее подвержены химическим и фазовым изменениям.

Заключение. Проведенные исследования гранулометрического состава хромсодержащего порошкового материала, полученного электроэрозионным диспергированием отходов в керосине осветительном при следующих электрических параметрах работы установки ЭЭД: ёмкость разрядных конденсаторов 45 мкФ, напряжение на электродах 100... 110 В, частота следования импульсов генератора 55... 65 Гц, определили средний размер частиц порошкового материала, удельную площадь поверхности. Полученные результаты позволят определить рациональную область их практического применения.

Ключевые слова: хромсодержащие стали; отходы; электроэрозионное диспергирование; порошок; гранулометрический состав.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-945.2019.1).

© Агеева Е. В., Хардигов С. В., Морозова И. А., 2019

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Агеева Е. В., Хардилов С. В., Морозова И. А. Исследование гранулометрического состава частиц электроэрозионного хромсодержащего порошка, используемого для износостойкой наплавки // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019; 23(4): 31-41. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-4-31-41>.

Статья поступила в редакцию 03.06.2019

Статья подписана в печать 17.07.2019

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-4-31-41>

The Study of Particle Size Distribution of Electroerosion Chrome-Containing Powder, Used for Wear Resistant Surfacing

Yekaterina V. Ageeva ¹ ✉, Sergey V. Hardikov ¹, Irina A. Morozova ¹

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

² Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, 70, Karla Marksa str., Kursk, 305021, Russian Federation

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Резюме

Purpose of research. To study the particle size distribution of electroerosive chrome-containing powder, suitable for surfacing.

Methods. To carry out the planned studies, chrome-containing steel wastes were selected. The carbon-containing working fluid was chosen as the working fluid, namely, lighting kerosene. To obtain chrome-containing powder materials by electroerosive dispersion the device for EED of conductive materials was used. The dispersible material was poured into a desiccator, filled with a working fluid, namely, lighting kerosene. The authors studied the particle size distribution of the obtained powders by the method of dispersion in a liquid with ultrasound. Research technique (FR 1.27.2009.06762 "Methodology for measuring particle size in suspensions, emulsions and aerosols in the nanometer and colloidal ranges using the effect of dynamic light scattering") has been used.

Results. It is experimentally established that the particle shape of the obtained powder material is due to the form in which the material is ejected from the hole during the EED process. It is also seen that particles having a regular spherical or elliptical shape prevail in the powder material. They are obtained by crystallization of the molten material (liquid phase). The particles formed during crystallization of the boiling material (vapor phase) have an irregular shape, an order of magnitude smaller than the particles formed by their liquid phase, and usually agglomerate with each other on the surface of other particles. In the EED process, such particles are most susceptible to chemical and phase changes.

Conclusion. Studies of the particle size distribution of chrome-containing powder material obtained by electroerosive dispersion of waste in lighting kerosene under the following electrical parameters of the operation of the EED unit: capacity of discharge capacitors 45 μ F, voltage at the electrodes 100 ... 110 V, pulse repetition rate of the generator 55 ... 65 Hz determine the average particle size of the powder material and the specific surface area. The results will allow us to determine the rational area of their practical application.

Keywords: chrome-containing steels; waste; electroerosion dispersion; powder; particle size distribution.

Acknowledgements: *The Work was supported by the scholarship of the President of the Russian Federation to young scientists and graduate students (SP-945.2019.1).*

Conflict of interest. *The Author declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Ageeva Y. V., S Hardikov. V., Morozova I. A. The Study of Particle Size Distribution of Electroerosion Chrome-Containing Powder, Used for Wear Resistant Surfacing. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2019, 23(4): 31-41 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2019-23-4-31-41>.

Received 03.06.2019

Accepted 17.07.2019

Введение

Наплавление металлического порошкового материала применяется для восстановления формы и работоспособности поврежденных и изношенных деталей машин и механизмов, формирования упрочняющих покрытий металлического порошкового материала на поверхности восстанавливаемых изделий, а также создания биметаллических структур. По своей сути наплавка — это один из видов сварочных технологий. Для ремонта и защиты поверхностей восстанавливаемых изделий с помощью слоя расплавленного порошкового материала применяют несколько видов наплавки, которые отличаются друг от друга способами расплавления материала и видом сварки: электродуговые, газопламенные, плазменные, лазерные, индукционные и пр. С помощью данной технологии возможно наплавлять на рабочие плоскости стальных конструкций металлические порошковые материалы, которые имеют разный химический состав, в том числе медь, бронзу, чугун, а также никелевые, кобальтовые и хромовые сплавы.

Технология наплавления металлического порошкового материала позволяет добиться надежного сцепления наносимого порошкового материала с восстанавливаемой деталью, а также получить требуемые физические и химические характеристики наплавленного слоя. Это достигается следующими факторами: качественной подготовкой базового изделия; точным соблюдением технологических режимов; правильным подбором сварочных материалов. Сущность наплавления металлического порошкового материала состоит в равномерном нанесении узких полос порошкового материала на восстанавливаемую деталь так, чтобы соседние проплавленные полосы объединились в сплошной металлический слой заданной толщины. Свойства полученных покрытий напрямую зависят от качества используемых материалов. Одним из таких материалов является металлический порошок, полученный из хромосодержащей стали. Порошки с высоким содержанием хрома могут использоваться для получения износостойких и термостойких покрытий [1–6].

Существует несколько способов получения таких порошковых материалов. Наиболее перспективным методом получения порошковых материалов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается экологической чистотой процесса и относительно небольшими затратами энергии [7–12].

Для того, чтобы разработать технологию практического применения порошкового хромсодержащего материала, полученного из отходов хромсодержащей стали, и провести оценку эффективности его использования, требуется проведение комплекса теоретических и экспериментальных исследований.

Целью настоящей работы являлось следующее: провести исследование гранулометрического состава частиц порошкового хромсодержащего материала, который получен методом электроэрозионного диспергирования отходов хромсодержащей стали в углеродсодержащей рабочей жидкости.

Материалы и методы

Для выполнения намеченных исследований были выбраны отходы хромсодержащей стали. В качестве рабочей жидкости выбрали углеродсодержащую рабочую жидкость, а именно осветительный керосин. Для получения порошкового материала методом электроэрозионного диспергирования использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов. Отходы загружали в реактор, заполненный рабо-

чей жидкостью – керосином осветительным, процесс проводили при следующих электрических параметрах: ёмкость разрядных конденсаторов 45 мкФ, напряжение на электродах 100...110 В, частота следования импульсов генератора 55...65 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала отходов с образованием дисперсных частиц порошкового материала [13–20].

При помощи растрового электронного микроскопа QUANTA 600 FEG провели непосредственный анализ частиц порошка с достаточно высоким разрешением. QUANTA 600 FEG – (производитель FEI (Голландия)) – электронно-ионный сканирующий микроскоп с электроннолучевой колонной, оснащенной вольфрамовым катодом, ускоряющее напряжение от 200 эВ до 30 кВ, разрешение (при оптимальном WD) 3,5 нм при 35 кВ; 3,5 нм при 30 кВ в режиме естественной среды; < 15 нм при 1 кВ в режиме низкого вакуума. Ионная колонна Magnum с галлиевым жидкометаллическим источником ионов, ускоряющее напряжение от 5 кВ до 30 кВ, разрешение 20 нм. Система оснащена 5-осевым моторизованным столиком 50x50x25 мм, газовыми инжекционными системами для напыления проводников и диэлектриков, а также для травления образцов.

Порошковые материалы, полученные методом электроэрозионного диспергирования в керосине из отходов

хромсодержащих сталей, проанализировали с помощью лазерного анализатора размеров частиц «Analysette 22 NanoТес» для определения распределения полученных частиц порошкового материала по размерам.

Результаты и их обсуждение

Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с помощью детек-

тора вторичных электронов были исследованы частицы образца порошкового материала (рис. 1) [12].

На снимке видно, что частицы порошкового материала имеют в основном сферическую форму. Форма частиц порошкового материала обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД.

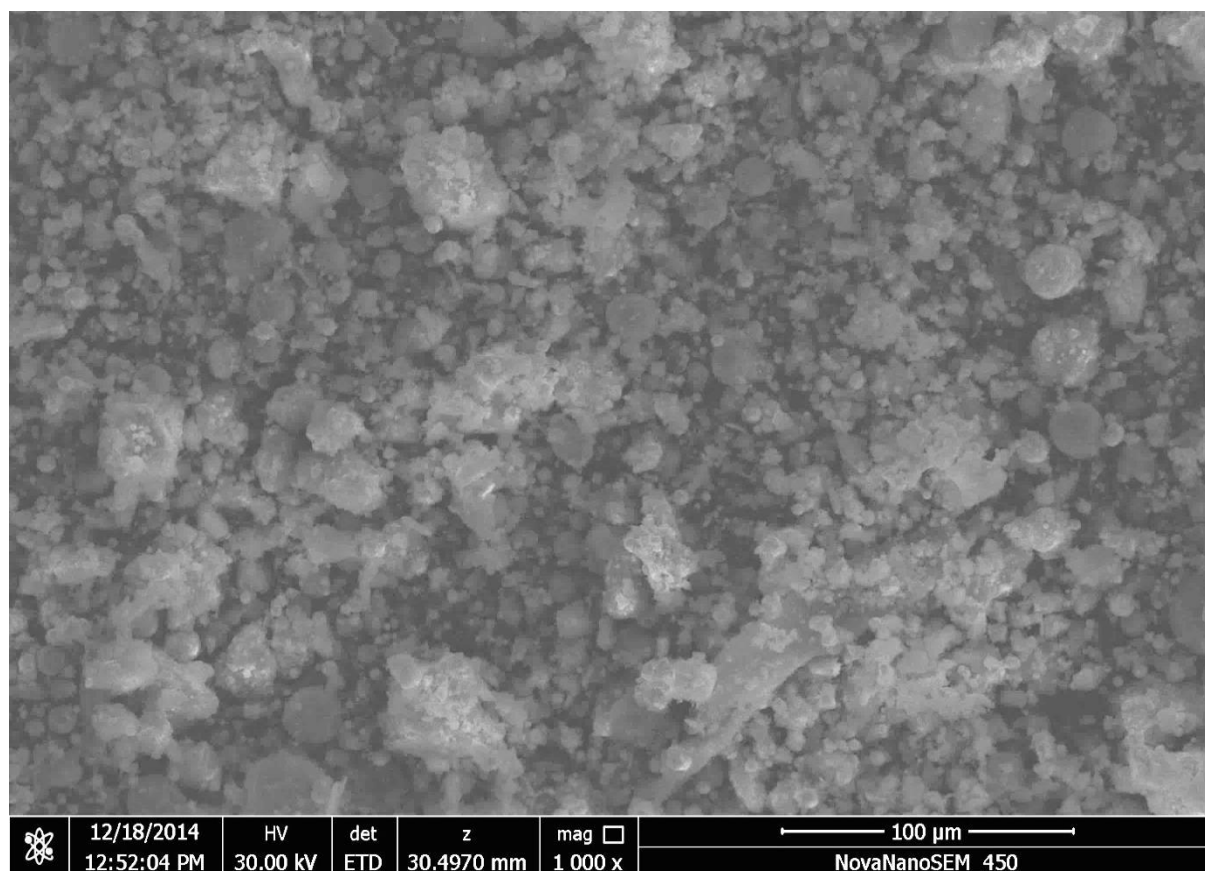


Рис. 1. Снимок с РЭМ частиц порошка, полученного ЭЭД

Fig. 1. A picture of the REM particles of the powder obtained by EED

Видно также, что в порошковом материале преобладают частицы, имеющие правильную сферическую или эллиптическую форму. Они получаются кристаллизацией расплавленного материала (жидкой фазы). Частицы, образу-

ющиеся при кристаллизации кипящего материала (паровой фазы), имеют неправильную форму, размер на порядок меньше частиц, образующихся из жидкой фазы, и обычно агломерируются друг с другом и на поверхности других

частиц. В процессе ЭЭД такие частицы наиболее подвержены химическим и фазовым изменениям.

Результаты измерения размера частиц полученного порошкового материала представлены на рисунке 2 [12].

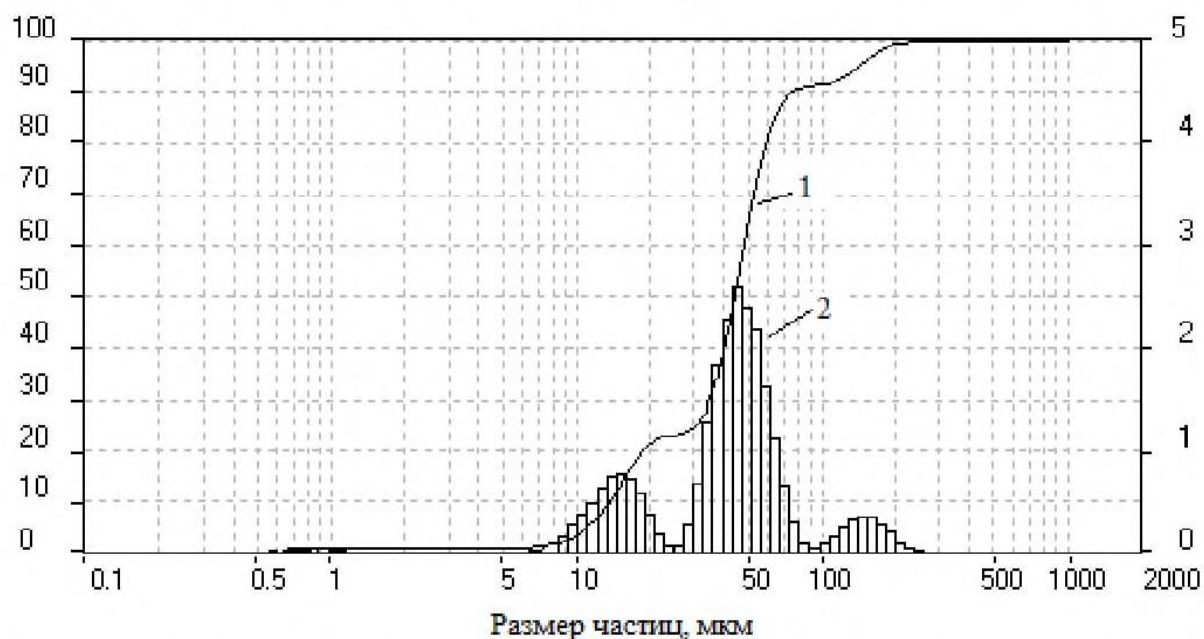


Рис. 2. Распределение по размерам микрочастиц порошка: 1 – интегральная кривая, 2 – гистограмма

Fig. 2. Size distribution of powder microparticles: 1 – integralcurve, 2 – histogram

Установлено, что средний размер частиц составляет 49,33 мкм, арифметическое значение – 49,328 мкм, удельная площадь поверхности – 2732,76 см²/см³.

Выводы

В ходе проведенных экспериментальных исследований, направленных на исследование гранулометрического состава хромсодержащего порошкового материала, полученного электроэрозионным диспергированием отходов в керосине осветительном при следующих электрических параметрах: ёмкость разрядных конденсаторов 45 мкФ, напряжение на электродах 100... 110 В,

частота импульсов генератора 55... 65 Гц определены: средний размер частиц, удельная площадь поверхности, которые позволят определить рациональную область их практического применения.

В результате, на основании полученных результатов можно сделать следующий вывод: хромсодержащий порошковый материал, полученный методом электроэрозионного диспергирования хромсодержащей стали в углеродсодержащей рабочей жидкости, может повторно использоваться при восстановлении и упрочнении деталей машин, в том числе и при износостойкой наплавке.

Список литературы

1. 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.
2. Effect of process parameters settings and thickness on surface roughness of EBM produced Ti–6Al–4V / A. Safdar, H.Z. He, L.Y. Wei et al. // *Journal of Rapid Prototyping*, 2012. Vol. 18 (5). P. 401–408.
3. Characterization and comparison of materials produced by Electron Beam Melting (EBM) of two different Ti–6Al–4V powder fractions / J. Karlsson, A. Snis, H. Engqvist, J. Lausmaa // *Journal of Materials Processing Technology*. 2013. Vol. 213 (12). P. 2109–2118.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Wang Z., Guana K., Gao M. The microstructure and mechanical properties of deposited-IN718 by selective laser melting // *Journal of Alloys and Compounds*. 2012. Vol. 513. P. 518–523.
10. Ковалев О.Б. Моделирование процессов в технологиях лазерного аддитивного изготовления объемных металлоизделий // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2016. Т. 80. № 4. С. 408.
11. Смирнов В.В., Шайхутдинова Е.Ф. Внедрение аддитивных технологий изготовления деталей в серийное производство // *Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева*. 2013. № 2-2. С. 90–94.
12. Агеев Е.В., Хардигов С.В. Рентгеноспектральный анализ порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов шарикоподшипниковой стали в ке-

росине осветительном // Инновации в металлообработке: взгляд молодых специалистов: матер. XII Междунар. науч. конф. / Юго-Западный государственный университет. Курск, 2015. С. 17–20.

13. Чумаков Д.М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники // Труды МАИ. 2014. № 78. С. 31.

14. Григорьянц А.Г., Новиченко Д.Ю., Смуров И.Ю. Лазерная аддитивная технология изготовления покрытий и деталей из композиционного материала // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011. № 7. С. 38-46.

15. Моделирование процесса спекания изделий из низкотемпературной керамики, формируемых аддитивными технологиями / В.Н. Лейцин, С.В., Пономарев М.А. Дмитриева, И.В., Ивонин И.М. Тырышкин // Физическая мезомеханика. 2016. Т. 19. № 4. С. 21-27.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Агеев Е.В., Латыпов Р.А. Получение и исследование заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2014. № 5. С. 50-53.

20. Ageev E.V., Latypov R.A. Fabrication and investigation of carbide billets from powders prepared by electroerosive dispersion of tungsten-containing wastes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. 2014. Т. 55. № 6. С. 577-580.

Reference

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

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

3. Karlsson J., Snis A., Engqvist H., Lausmaa J. Characterization and comparison of materials obtained by electron beam melting (EBM) of two different ti-6Al-4V powder fractions. *Journal of materials processing technology*, 2013, vol. 213 (12), pp. 2109-2118.

4. Loeber L., Biamino S., Ackelid U. et al. Comparison of selective laser and electron beam melts of titanium Aluminides. Conference paper of the 22nd International Symposium "Solid freeform fabrication proceedings", University of Texas, Austin, 2011, pp. 547-556.

5. Biamino S., Penna A., Ackelid U. et al. Electron beam melting of Ti-48Al-2Cr-2Nb alloy: investigation of microstructure and mechanical properties. *Intermetallics*, 2011, vol. 19, pp. 776-781.

6. GU D. D., Miners W., Wissenbach K. R. Poprawe laser additive manufacturing of metal parts: materials, processes and mechanisms. *International Material Reviews*, 2012, vol. 57 (3), pp. 133-164.

7. Song B., Dong S., Zhang B. et al. Influence of technological parameters on the microstructure and mechanical properties of selective laser melt Ti6Al4V. *Materials&Design*, 2012, vol. 35, pp. 120-125.

8. Song B., Dong S., Coddet P. et al. Fabrication and characterization of the microstructure of selective laser-melted FeAl intermetallic parts. *Technology of surfaces and coatings*, 2012, vol. 206, pp. 4704-4709.

9. Wang Z., Guana K., Gaoa M. Microstructure and mechanical properties of the deposited-IN718 by selective laser melting. *Journal of alloys and compounds*, 2012, vol. 513, pp. 518-523.

10. Kovalevo B. Modelirovanie protsessov v tekhnologiyakh lazernogo additivnogo izgotovleniya ob"emnykh metalloizdelii [Modeling of processes in technologies of additive laser manufacturing of bulk metal products]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya fizicheskaya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series physical*. 2016, vol. 80, no. 4, p. 408 (In Russ.).

11. Smirnov In.V., Shaikhutdinova E. F. Vnedrenie additivnykh tekhnologii izgotovleniya detalei v seriinoe proizvodstvo [Introduction of additive manufacturing technologies of parts in mass production]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva = Bulletin of Kazan state technical University. A. N. Tupolev*. 2013, no. 2-2, pp. 90-94 (In Russ.).

12. Ageev E. V., Khardikov S. V. [X-ray analysis of the powder obtained by electroerosion dispersion of waste-bearing steel in kerosene lighting]. *Innovatsii v metalloobrabotke: vzglyad molodykh spetsialistov. Mater. XII Mezhdunar. nauch. konf.* [Innovations in Metal-

working: a view of young professionals: mater. XII mezhdunar. scientific]. Kursk, 2015, pp. 17-20 (In Russ.).

13. Chumakov D. M. Perspektivy ispol'zovaniya additivnykh tekhnologii pri sozdanii aviatsionnoi i raketno-kosmicheskoi tekhniki [Prospects for the use of additive technologies in the creation of aviation and rocket and space technology]. *Trudy MAI = Proceedings of MAI*, 2014, no. 78, pp. 31 (In Russ.).

14. Grigoryants A. G., Novichenko D. Yu., Smurov Yu. Lazernaya additivnaya tekhnologiya izgotovleniya pokrytii i detalei iz kompozitsionnogo materiala [Laser additive manufacturing technology of coatings and parts from composite material]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie = Proceedings of higher educational institutions. Engineering*, 2011, is. 7, pp. 38-46 (In Russ.).

15. Leucine V.N., Ponomarev S. V., Dmitrieva M. A., Ivonin V., Tyryshkin M. Modelirovanie protsessa spekaniya izdelii iz nizkotemperaturnoi keramiki, formiruemykh additivnymi tekhnologiyami [Modeling of the sintering process of products from low-temperature ceramics formed by additive technologies]. *Fizicheskaya mezomekhanika = Physical mesomechanics*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 21-27 (In Russ.).

16. Ageeva E. V., Altukhov A. Yu., With Gulidin.S., Ageev E. V., Gorokhov A. Fazovyi sostav chastits poroshka, poluchennogo elektroerozionnym dispergirovaniem splava VK8 v butilovom spirte [Phase composition of powder particles obtained by electroerosive dispersion of VK8 alloy in butyl alcohol]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2016, no. 1 (18), pp. 20-25 (In Russ.).

17. Ageev E. V., Gadlov V.N., Ageeva E. V., Bobryshev R. V. Poroshki, poluchennye elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh spлавov – perspektivnyi material dlya vosstanovleniya detalei avtotraktornoi tekhniki [Powders, obtained by electroerosion dispersion of waste of hard alloys - promising material for the recovery of parts of automotive engineering]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2012, no. 1-1 (40), pp. 182-189 (In Russ.).

18. Ageev E. V., Ageev E. V., Chaplygin Y., Gorokhov A. Razmernye kharakteristiki bronzovogo elektroerozionnogo poroshka, poluchennogo v vode [Sizing bronze spark erosion powder obtained in water]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2016, no. 1 (18), pp. 30-35 (In Russ.).

19. Ageev E. V., Latypov R. A. Poluchenie i issledovanie zagotovok tverdogo splava iz poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem vol'framsoderzhashchikh otkhodov [Preparation and study of solid alloy blanks from powders obtained by electroerosive dispersion of tungsten-containing wastes]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii*.

Tsvetnaya metallurgiya = Proceedings of higher educational institutions. Nonferrous metallurgy, 2014, no. 5, pp. 50-53 (In Russ.).

20. Ageev E. V., Latypov R. A. Production and research of carbide blanks from powders obtained by electroerosion dispersion of tungsten-containing waste. *Russian journal of non-ferrous metals*. 2014, vol. 55, is.6, pp. 577-580.

Информация об авторах / Information about the Authors

Агеева Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Российская Федерация
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Ekaterina V. Ageeva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Хардигов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, преподаватель кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Курск, Российская Федерация
e-mail: hardikov1990@mail.ru

Sergey V. Hardikov, Candidate of Engineering Sciences, Department of Automobiles and Motor Vehicles, Southwest State University, Kursk, Russian Federation
e-mail: hardikov1990@mail.ru

Морозова Ирина Анатольевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Курск, Российская Федерация
e-mail: morozova_ira46@mail.ru

Irina A. Morozova, Master's Degree Student, Kursk State Agricultural Academy, Kursk, Russian Federation
e-mail: morozova_ira46@mail.ru