

<https://doi.org/10.21869/2223-1528-2023-13-2-43-54>



Шихта, полученная электродиспергированием отходов сплава ЛС58-3 в воде дистиллированной

Е. В. Агеева¹ ✉, Л. С. Аболмасова¹, Н. М. Игнатенко¹, В. В. Серебровский¹

¹ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: ageeva_ev@mail.ru

Резюме

Целью настоящего исследования являлось проведение металлографических исследований состава шихты, полученной методом электродиспергирования отходов свинцовой латуни в воде дистиллированной.

Методы. Электродиспергирование отходов свинцовой латуни марки ЛС58-3 осуществляли на экспериментальной установке. На оборудовании ФГБОУ ВО ЮЗГУ и НИУ БелГУ выполнены металлографические исследования образцов шихты из отходов сплава ЛС58-3: форма, размер и структура частиц шихты, а также ее гранулометрический состав.

Результаты. На основании проведенных экспериментальных исследований, направленных на исследование состава, структуры и свойств шихты, полученной из отходов сплава ЛС58-3 в воде дистиллированной, показана высокая эффективность применения технологии электродиспергирования, которая обеспечивает при низких затратах электроэнергии получение пригодных к промышленному применению новых медно-свинцовых порошковых материалов. Отмечено, что порошковые материалы, полученные электроэрозией отходов свинцовой латуни марки ЛС58-3 в воде дистиллированной, имеют следующие характеристики: геометрическая форма частиц шихты в основном сферическая; размеры частиц от 0,45 до 29,63 мкм; объемный средний диаметр частиц составляет 7,1 мкм.

Заключение. Проведенные исследования позволят осуществить постепенный переход к передовым производственным технологиям и материалам посредством применения прогрессивной, экологически чистой, малотоннажной и безотходной технологии электроэрозионного диспергирования при получении новых медно-свинцовых порошковых материалов из отходов сплава ЛС58-3.

Ключевые слова: отходы; сплав; электроэрозионное диспергирование; вода; шихта; состав; свойства.

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

Для цитирования: Шихта, полученная электродиспергированием отходов сплава ЛС58-3 в воде дистиллированной / Е. В. Агеева, Л. С. Аболмасова, Н. М. Игнатенко, В. В. Серебровский // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2023. Т. 13, № 2. С. 43–54. <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2023-13-2-43-54>.

Поступила в редакцию 18.03.2023

Подписана в печать 19.04.2023

Опубликована 30.05.2023

Charge Obtained by Electrodispersing Waste of the LS58-3 Alloy in Distilled Water

Ekaterina V. Ageeva¹ ✉, Liliya S. Abolmasova¹, Nikolay M. Ignatenko¹,
Vadim V. Serebrovsky¹

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

✉ e-mail: ageev_ev@mail.ru

Abstract

The purpose of this study was to conduct metallographic studies of the composition of the charge obtained by the method of electrodispersion of lead brass waste in distilled water.

Methods. Waste electrodispersion of lead brass brand LS58-3 was carried out on an experimental setup. Metallographic studies of charge samples from LS58-3 alloy waste were performed using the equipment of FGBOU VO SWGU and NRU BelGU: the shape, size and structure of charge particles, as well as its granulometric composition.

Results. On the basis of the conducted experimental studies aimed at studying the composition, structure and properties of the charge obtained from the waste of the LS58-3 alloy in distilled water, the high efficiency of using the electrodispersion technology is shown, which provides, at low power costs, the production of new copper-lead powders suitable for industrial use. materials. It is noted that the powder materials obtained by electroerosion of lead brass waste of grade LS58-3 in distilled water have the following characteristics: the geometric shape of the charge particles is mainly spherical; particle sizes from 0.45 to 29.63 microns; the volume average particle diameter is 7.1 μm .

Conclusion. The research carried out will allow for a gradual transition to advanced production technologies and materials through the use of progressive, environmentally friendly, low-tonnage and waste-free technology of electroerosive dispersion in the production of new copper-lead powder materials from LS58-3 alloy waste.

Keywords: waste; alloy; electroerosive dispersion; water; powder; structure; properties.

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

For citation: Ageeva E. V., Abolmasova L. S., Ignatenko N. M., Serebrovsky V. V. Charge Obtained by Electrodispersing Waste of the LS58-3 Alloy in Distilled Water. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies.* 2023; 13(2): 43–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2022-13-2-43-54>

Received 18.03.2023

Accepted 19.04.2023

Published 30.05.2023

Введение

Одним из самых востребованных и широко распространенных сплавов в электротермии является сплав ЛС58-3. Данный сплав с добавлением свинца улучшает обрабатываемость резанием и антифрикционные свойства латуни, поэтому он широко применяется для изготовления деталей, работающих на трение [1–3]. Свинцовые латуни прекрасно обрабатываются резанием с образованием сыпучей

стружки, детали из них можно изготавливать на станках-автоматах при высоких скоростях резания.

Сплавы свинцовой латуни нашли широкое распространение для изготовления деталей микротехники и промышленных втулок. Латуни обладают хорошей коррозионной стойкостью в атмосфере городской и сельской местности, а также в условиях морского климата [4; 5].

В последние годы широкое распространение получили новые способы получения качественных функциональных материалов на основе порошковых материалов. Одним из наиболее перспективных методов переработки токопроводящего материала, в том числе и отходов свинцовой латуни, отличающийся невысокими энергетическими затратами, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭД), позволяющий получать не только среднedisперсные, но и нанопорошки [6–10].

Однако для разработки технологии получения качественных порошковых медно-свинцовых материалов электроэрозионным диспергированием и оценки эффективности их дальнейшего использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Проведение намеченных мероприятий позволит решить проблему получения медно-свинцовых порошков, в том числе нанопорошков, и дальнейшее их исполь-

зование. Так как сырьем для получения данных порошковых материалов являются отходы производства и вышедшие из строя детали, значит, мы можем говорить об экономии невозобновляемых природных ресурсов, и тем самым возникает возможность снижения себестоимости производства конечного продукта.

Целью работы являлось проведение металлографических исследований состава шихты, полученной методом электродиспергирования отходов свинцовой латуни в воде дистиллированной.

Материалы и методы

Изготовление медно-свинцовой шихты проводилось путем электродиспергирования отходов сплава ЛС58-3 в воде дистиллированной на установке, разработанной и запатентованной сотрудниками Юго-Западного государственного университета [11–16]. Внешний вид и параметры работы установки, при которых получали медно-свинцовую шихту, приведены на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид установки и параметры диспергирования

Fig. 1. Appearance of the installation and dispersion parameters

Изучение морфологии (формы, поверхности и склонности к агломерации) медно-свинцовой шихты проводили методами РЭМ, т. к. они позволяют получить наиболее подробную информацию о морфологии частиц по объёмному изображению высоким разрешением при большой

глубине фокуса. Данные исследования проводили с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп QUANTA 600 FEG (Нидерланды) (рис. 2).



Рис. 2. Характеристики растрового электронного микроскопа QUANTA 600 FEG

Fig. 2. Characteristics of the scanning electron microscope QUANTA 600 FEG

Гранулометрический состав и средний размер электроэрозионной медно-свинцовой шихты исследовали на лазерном анализаторе размеров частиц

Analysette 22 NanoТес (Германия). При этом исследовании используется технология статистического рассеяния света в конвергентном лазерном луче (рис. 3).

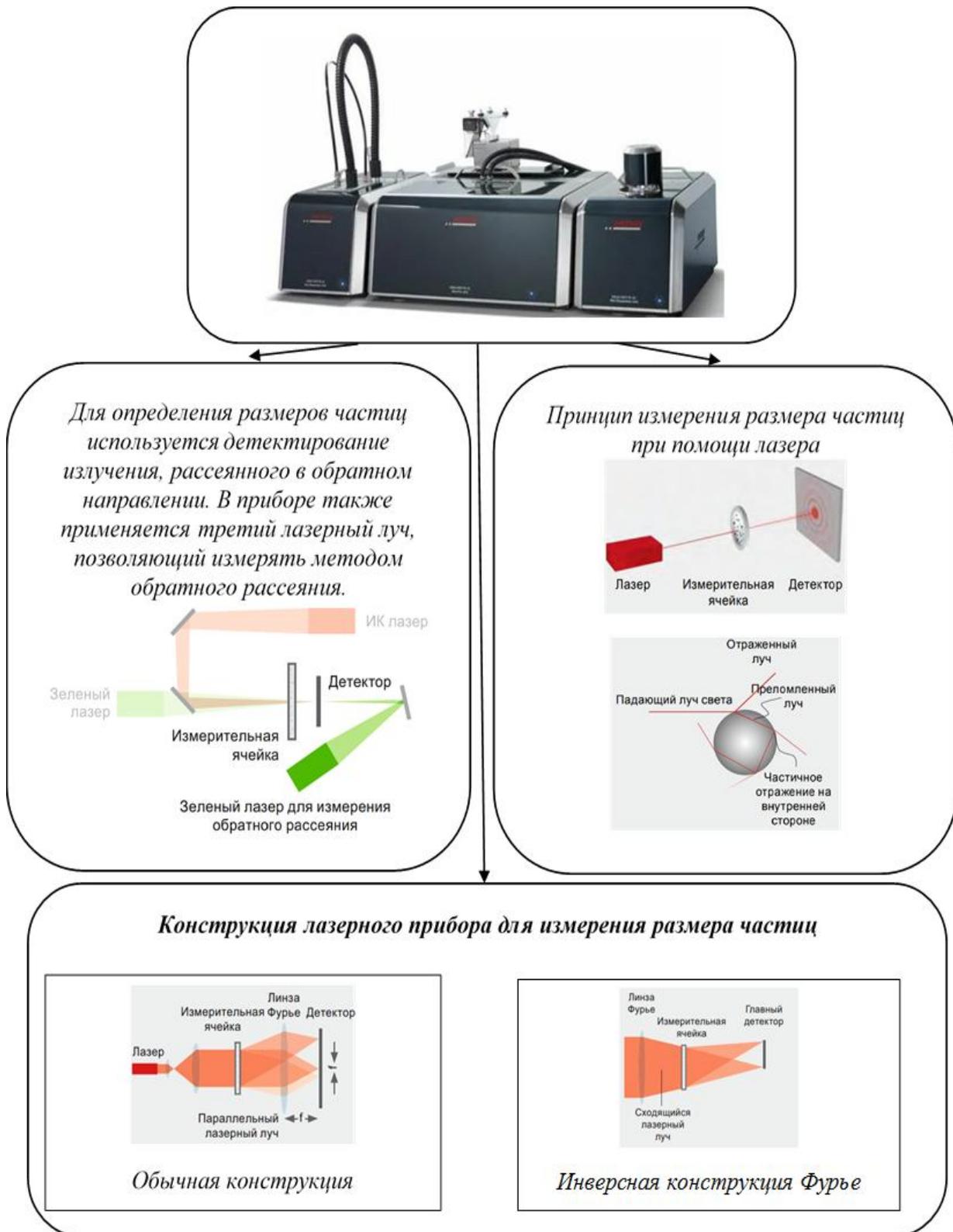


Рис. 3. Внешний вид и устройство лазерного анализатора размеров частиц Analysette 22 NanoTec

Fig. 3. Appearance and device of a laser particle size analyzer Analysette 22 NanoTec

Результаты и их обсуждение

Анализ параметров формы частиц медно-свинцовой шихты со средним размером 0,45...29,63 мкм по изображениям с растрового микроскопа QUANTA 600 FEG говорит о том, что шихта состоит как из обособленных частиц сферической и

неправильной формы, так и из агломератов данных частиц (рис. 4). Форма частиц шихты оказывает огромное влияние на такие физические свойства, как насыпная плотность и прессуемость, и следовательно, на плотность, прочность и однородность заготовок.

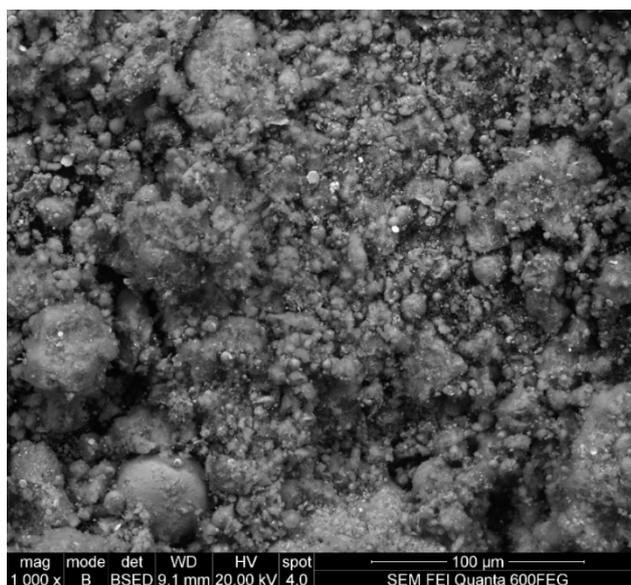


Рис. 4. Общий вид частиц медно-свинцовой шихты, полученной электродиспергированием в воде дистиллированной

Fig. 4. General view of the particles of the copper-lead charge obtained by electrodispersion in distilled water

Как следует из проведенных исследований, геометрическая форма частиц медно-свинцовой шихты может быть как сферической, так и неправильной, искаженной в процессе электроэрозии. Известно [6–8], что при электроэрозионном способе изготовления шихты частицы, образующиеся из металлического сырья, выходя из канала электроразряда в расплавленном виде в рабочую среду, мгновенно кристаллизуются, что и является перво-степенной причиной придания данным частицам сферической формы. Однако частицы, находясь еще в расплавленном виде, способны сталкиваться между собой, и если в данный момент кристаллизация частиц произошла полностью, то на микрофотографиях поверхности частиц

можно наблюдать следы от соударений и формирование сетчатой поверхности. В том случае, если в момент соприкосновения частиц разница их температур незначительна, возможно протекание их слипания с образованием агломератов неправильных форм.

На рисунке 5 показан результат исследования гранулометрического состава частиц, полученных электродиспергированием металлоотходов свинцовой бронзы ЛС58-3 в дистиллированной воде. Экспериментально установлено, что полученные при данных параметрах работы установки электроэрозионные медно-свинцовые частицы имеют размеры от 0,45 до 29,63 мкм, объемный средний диаметр частиц составляет 7,1 мкм.

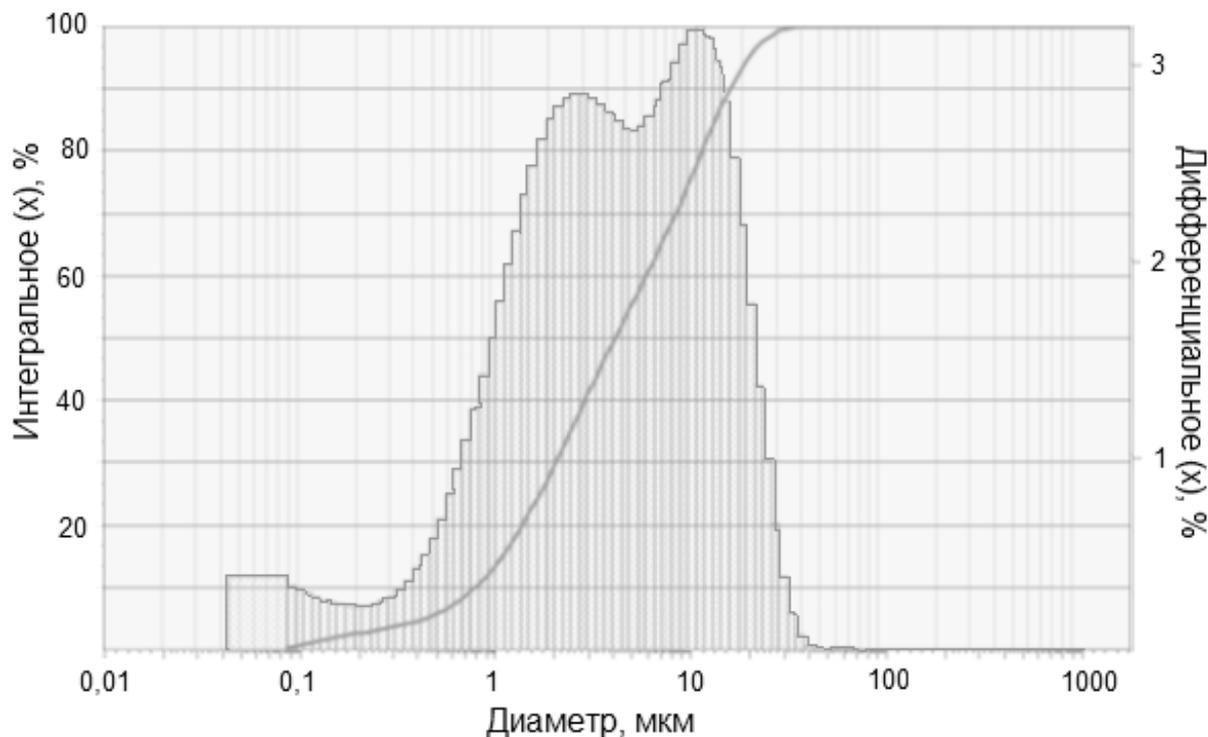


Рис. 5. Интегральная кривая (1) и гистограмма (2) распределения по размерам частиц электроэрозионной шихты

Fig. 5. Integral curve (1) and histogram (2) of particle size distribution of the electroerosion charge

Представленные в работе результаты исследования электроэрозионных медно-свинцовых частиц в дальнейшем способствуют более глубокому изучению возможности применения данных материалов для изготовления из них новых антифрикционных сплавов [17–21].

Выводы

В результате выполненного анализа определено, что полученная электродиспергированием в дистиллированной воде медно-свинцовая шихта состоит как из

обособленных частиц сферической и неправильной формы, так и из агломератов данных частиц; частицы имеют размеры от 0,45 до 29,63 мкм; объемный средний диаметр частиц составляет 7,1 мкм.

Полученные данные говорят о том, что существует значительный потенциал у технологии получения медно-свинцовой шихты методом электродиспергирования для последующего получения высокого уровня механических свойств изделий, изготовленных из данной шихты.

Список литературы

1. Производство литых заготовок из деформируемых алюминиевых и медных сплавов / Р. К. Мысик, Ю. Н. Логинов, А. В. Сулицин, С. В. Брусницын. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 414 с.
2. Особенности формирования структуры и свойств горячепрессованных прутков, получаемых из сыпучей стружки свинцовой латуни / Н. Н. Загиров, Е. В. Иванов, А. А. Ковалева, В. И. Аникина // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2013. № 2(42). С. 64–68.

3. Овчинников А. С., Логинов Ю. Н. Особенности формирования свойств проволоки из свинцовой латуни без передела горячей обработки // Заготовительные производства в машиностроении. 2019. Т. 17, № 10. С. 459–463.
4. Брусницын С. В., Ивкин М. О. Проблемы производства изделий из свинцовых латуней // Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1(13). С. 38–39.
5. Производство машиностроительной продукции из свинцовых латуней / Е. В. Кузьмина, Л. Н. Марущак, Л. М. Железняк, К. В. Князев // Металлургия машиностроения. 2014. № 6. С. 45–48.
6. Агеева Е. В., Агеев Е. В., Карпенко В. Ю. Изучение формы и элементного состава порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в водной среде // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4 (112). С. 14–17.
7. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, Е. П. Новиков // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 19–22.
8. Агеева Е. В., Хорьякова Н. М., Агеев Е. В. Морфология и элементный состав медных электроэрозионных порошков, пригодных к спеканию // Вестник машиностроения. 2014. № 10. С. 66–68.
9. Агеева Е. В., Хардииков С. В., Агеева А. Е. Структура и свойства спеченных образцов из электроэрозионных хромсодержащих порошков, полученных в бутиловом спирте // Современные материалы, техника и технологии. 2021. № 6 (39). С. 4–11.
10. Хардииков С. В., Агеева Е. В., Агеева А. Е. Анализ характеристик износостойкости спеченных изделий из электроэрозионного порошка стали X13, полученного в бутиловом спирте // Современные материалы, техника и технологии. 2021. № 6 (39). С. 58–64.
11. Сравнительный рентгеноспектральный микроанализ медного порошка, полученного электроэрозионным диспергированием, и медного порошка ПМС-1 / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, Н. М. Хорьякова // Электрометаллургия. 2017. № 4. С. 36–39.
12. Оценка износостойкости электроискровых покрытий, полученных с использованием электроэрозионных порошков быстрорежущей стали / Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев, А. Ю. Алтухов, В. Ю. Карпенко // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2015. № 1. С. 71–76.
13. Электроэрозионные порошки микро- и нанометрических фракций для производства твердых сплавов / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеева, О. В. Кругляков, Г. Р. Латыпова // Электрометаллургия. 2016. № 1. С. 16–20.
14. Latypov R. A., Latypova G. R., Ageev E. V., Altukhov A. Y., Ageeva E. V. Elemental composition of the powder particles produced by electric discharge dispersion of the wastes of a VK8 hard alloy // Russian Metallurgy (Metally). 2017. Vol. 2017, no. 12, pp. 1083–1085.
15. Агеев Е. В., Поданов В. О., Агеева А. Е. Микроструктура и элементный состав порошков, полученных в условиях электроэрозионной металлургии отходов жаропрочного никелевого сплава ЖС6У в воде // Металлург. 2022. № 5. С. 72–77.
16. Патент 2449859 Российская Федерация, МПК В22F 9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е. В., Семенихин Б. А., Латыпов Р. А., Аниканов В. И. № 20101104316/02; заявл. 02.08.2010; опубл. 05.10.2012, Бюл. № 13.

17. Определение основных закономерностей процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, А. С. Чернов, Г. С. Маслов, Е. И. Паршина // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 1 (46). С. 85–90.

18. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Е. В. Агеев, Б. А. Семенихин, Р. А. Латыпов, Р. В. Бобрышев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 5-2. С. 234–237.

19. 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.

20. Изучение строения и свойств твердосплавных электроэрозионных порошков, используемых для восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Е. В. Агеев, Е. В. Агеева, А. А. Давыдов, С. А. Бондарев, Е. П. Новиков, А. Ю. Молодкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 69–72.

21. Физико-механический подход к анализу процессов вытяжки с утонением цилиндрических изделий с прогнозированием деформационной повреждаемости материала / Г. М. Журавлев, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев, А. Н. Сергеев, Е. В. Агеева, Д. В. Малий // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 4 (67). С. 39–56.

Reference

1. Mysik R. K., Loginov Yu. N., Sulitsin A. V., Brusnitsyn S. V. Proizvodstvo litykh zagotovok iz deformiruemyykh alyuminiyevykh i mednykh splavov [Production of cast blanks from deformable aluminum and copper alloys]. Yekaterinburg, Ural Feder. Univ. Publ., 2011. 414 p.

2. Zagirov N. N., Ivanov E. V., Kovaleva A. A., Anikina V. I. Osobennosti formirovaniya struktury i svoistv goryachepressovannykh prutkov, poluchaemykh iz sypuchej struzhki svintsovoi latuni [Features of the formation of the structure and properties of hot-pressed rods obtained from loose shavings of lead brass]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova = Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov*, 2013, no. 2(42), pp. 64–68.

3. Ovchinnikov A. S., Loginov Yu. N. Osobennosti formirovaniya svoistv provoloki iz svintsovoi latuni bez peredela goryachei obrabotki [Features of the formation of properties of lead brass wire without conversion of hot processing]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii = Procurement production in mechanical engineering*, 2019, vol. 17, no. 10, pp. 459–463.

4. Brusnitsyn S. V., Ivkin M. O. Problemy proizvodstva izdelii iz svintsovykh latunei [Problems of production of lead brass products]. *Teoriya i tekhnologiya metallurgicheskogo proizvodstva = Theory and technology of metallurgical production*, 2013, no. 1(13), pp. 38–39.

5. Kuzmina E. V., Marushchak L. N., Zheleznyak L. M., Knyazev K. V. Proizvodstvo mashinostroitel'noi produktsii iz svintsovykh latunei [Production of engineering products from lead brass]. *Metallurgiya mashinostroeniya = Metallurgy of mechanical engineering*, 2014, no. 6, pp. 45–48.

6. Ageeva E. V., Ageev E. V., Karpenko V. Yu. Izuchenie formy i elementnogo sostava poroshka, poluchennogo iz vol'framsoderzhashchikh otkhodov instrumental'nykh materialov elektroerozionnym dispergированием v vodnoi srede [Study of the form and elemental composition of

powder obtained from tungsten-containing waste of tool materials by electroerosive dispersion in an aqueous medium]. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya = Hardening technologies and coatings*, 2014, no. 4 (112), pp. 14–17.

7. Latypov R. A., Ageev E. V., Ageeva E. V., Novikov E. P. Issledovanie alyuminiyevogo poroshka, poluchennogo metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya v distillirovannoi vode [Investigation of aluminum powder obtained by electroerosive dispersion in distilled water]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskii spravochnik = All materials. Encyclopedic reference*, 2016, no. 4, pp. 19–22.

8. Ageeva E. V., Horyakova N. M., Ageev E. V. Morfologiya i elementnyi sostav mednykh elektroerozionnykh poroshkov, prigodnykh k spekaniyu [Morphology and elemental composition of copper electroerosive powders suitable for sintering]. *Vestnik mashinostroeniya = Bulletin of Mechanical Engineering*, 2014, no. 10, pp. 66–68.

9. Ageeva E. V., Hardikov S. V., Ageeva A. E. Struktura i svoystva spechennykh obraztsov iz elektroerozionnykh khromsoderzhashchikh poroshkov, poluchennykh v butilovom spirte [Structure and properties of sintered samples from electroerosive chromium-containing powders obtained in butyl alcohol]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii = Modern materials, techniques and technologies*, 2021, no. 6 (39), pp. 4–11.

10. Hardikov S. V., Ageeva E. V., Ageeva A. E. Analiz kharakteristik iznosostoikosti spechennykh izdelii iz elektroerozionnogo poroshka stali Kh13, poluchennogo v butilovom spirte [Analysis of wear resistance characteristics of sintered products made of electroerosion powder of steel X13 obtained in butyl alcohol]. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii = Modern materials, equipment and technologies*, 2021, no. 6 (39), pp. 58–64.

11. Latypov R. A., Ageev E. V., Ageeva E. V., Horyakova N. M. Sravnitel'nyi rentgenospektral'nyi mikroanaliz mednogo poroshka, poluchennogo elektroerozionnym dispergirovaniem, i mednogo poroshka PMS-1 [Comparative X-ray spectral microanalysis of copper powder obtained by electroerosive dispersion and copper powder PMS-1]. *Elektrometallurgiya = Electrometallurgy*, 2017, no. 4, pp. 36–39.

12. Ageeva E. V., Latypov R. A., Ageev E. V., Altukhov A. Yu., Karpenko V. Yu. Otsenka iznosostoikosti elektroiskrovykh pokrytii, poluchennykh s ispol'zovaniem elektroerozionnykh poroshkov bystrozeshushchei stali [Assessment of the wear resistance of electric spark coatings obtained using high-speed steel electroerosion powders]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Poroshkovaya metallurgiya i funktsional'nye pokrytiya = Proceedings of Higher Educational Institutions. Powder metallurgy and functional coatings*, 2015, no. 1, pp. 71–76.

13. Latypov R. A., Ageeva E. V., Kruglyakov O. V., Latypova G. R. Elektroerozionnye poroshki mikro- i nanometricheskikh fraktsii dlya proizvodstva tverdyykh splavov [Electroerosive powders of micro- and nanometric fractions for the production of hard alloys]. *Elektrometallurgiya = Electrometallurgy*, 2016, no. 1, pp. 16–20.

14. Latypov R. A., Latypova G. R., Ageev E. V., Altukhov A. Y., Ageeva E. V. Elemental composition of the powder particles produced by electric discharge dispersion of the wastes of a VK8 hard alloy. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2017, vol. 2017, no. 12, pp. 1083–1085.

15. Ageev E. V., Podanov V. O., Ageeva A. E. Mikrostruktura i elementnyi sostav poroshkov, poluchennykh v usloviyakh elektroerozionnoi metallurgii otkhodov zharoprochnogo nikel'evogo splava ZhS6U v vode [Microstructure and elemental composition of powders obtained under conditions of electroerosive metallurgy of waste heat-resistant nickel alloy ZhS6U in water]. *Metallurg = Metallurgist*, 2022, no. 5, pp. 72–77.

16. Ageev E. V., Semenikhin B. A., Latypov R. A., Anikanov V. I. Ustanovka dlya polucheniya nanodispersnykh poroshkov iz tokoprovodyashchikh materialov [Installation for the production of nanodisperse powders from conductive materials]. Patent RF, no. 2449859, 2010.

17. Ageev E. V., Ageeva E. V., Chernov A. S., Maslov G. S., Parshina E. I. Opredelenie osnovnykh zakonomernostei protsessa polucheniya poroshkov metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya [Determination of the basic laws of the process of obtaining powders by the method of electroerosive dispersion]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2013, no. 1 (46), pp. 85–90.

18. Ageev E. V., Semenikhin B. A., Latypov R. A., Bobryshev R. V. Razrabotka ustanovki dlya polucheniya poroshkov iz tokoprovodyashchikh materialov [Development of an installation for obtaining powders from conductive materials]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 5-2, pp. 234–237.

19. Ageev E. V., Semenikhin B. A., Latypov R. A. Issledovanie vliyaniya elektricheskikh parametrov ustanovki na protsess poroshkoobrazovaniya pri elektroerozionnom dispergirovanii otkhodov tverdogo splava [Investigation of the influence of electrical parameters of the installation on the process of powder formation during electroerosive dispersion of solid alloy waste]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 5–2, pp. 238–240.

20. Ageev E. V., Ageeva E. V., Davydov A. A., Bondarev S. A., Novikov E. P., Molodkin A. Yu. Izuchenie stroeniya i svoystv tverdospлавnykh elektroerozionnykh poroshkov, ispol'zuemykh dlya vosstanovleniya i uprochneniya detalei avtotraktornoi tekhniki [Study of the structure and properties of carbide electroerosion powders used for the restoration and hardening of parts of automotive equipment]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2013, no. 2, pp. 69–72.

21. Zhuravlev G. M., Sergeev N. N., Gvozdev A. E., Sergeev A. N., Ageeva E. V., Maliy D. V. Fiziko-mekhanicheskii podkhod k analizu protsessov vytyazhki s utoneniem tsilindricheskikh izdelii s prognozirovaniem deformatsionnoi povrezhdaemosti materiala [Physico-mechanical approach to the analysis of drawing processes with thinning of cylindrical products with the prediction of deformation damage of the material]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2016, no. 4 (67), pp. 39–56.

Информация об авторах / Information about the Authors

Агеева Екатерина Владимировна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии материалов и транспорта, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: ageeva-ev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8457-6565

Ekaterina V. Ageeva, Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Materials Technology and Transport, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: ageeva-ev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8457-6565

Аболмасова Лилия Сергеевна, аспирант кафедры технологии материалов и транспорта, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: lili4695@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0434-6629

Игнатенко Николай Михайлович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: inmkstu@bk.ru, ORCID: 0000-0002-02807-9897

Серебровский Вадим Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры программной инженерии, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: svi.doc@yandex.ru

Liliya S. Abolmasova, Post-Graduate Student of the Department of Materials and Transport Technology, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: lili4695@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0434-6629

Nikolay M. Ignatenko, Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor of the Department of Nanotechnology, Microelectronics, General and Applied Physics, Southwest State University Kursk, Russian Federation, e-mail: inmkstu@bk.ru, ORCID: 0000-0002-2807-9887

Vadim V. Serebrovsky, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Professor of the Department of Software Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: svi.doc@yandex.ru