

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

Е. В. Агеева<sup>1</sup> ✉, Л. С. Аболмасова<sup>1</sup>, Н. М. Игнатенко<sup>1</sup>, В. В. Серебровский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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 позволяют 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. Ageeva<sup>1</sup> ✉, Liliya S. Abolmasova<sup>1</sup>, Nikolay M. Ignatenko<sup>1</sup>,  
Vadim V. Serebrovsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 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  $\mu\text{m}$ .

**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).

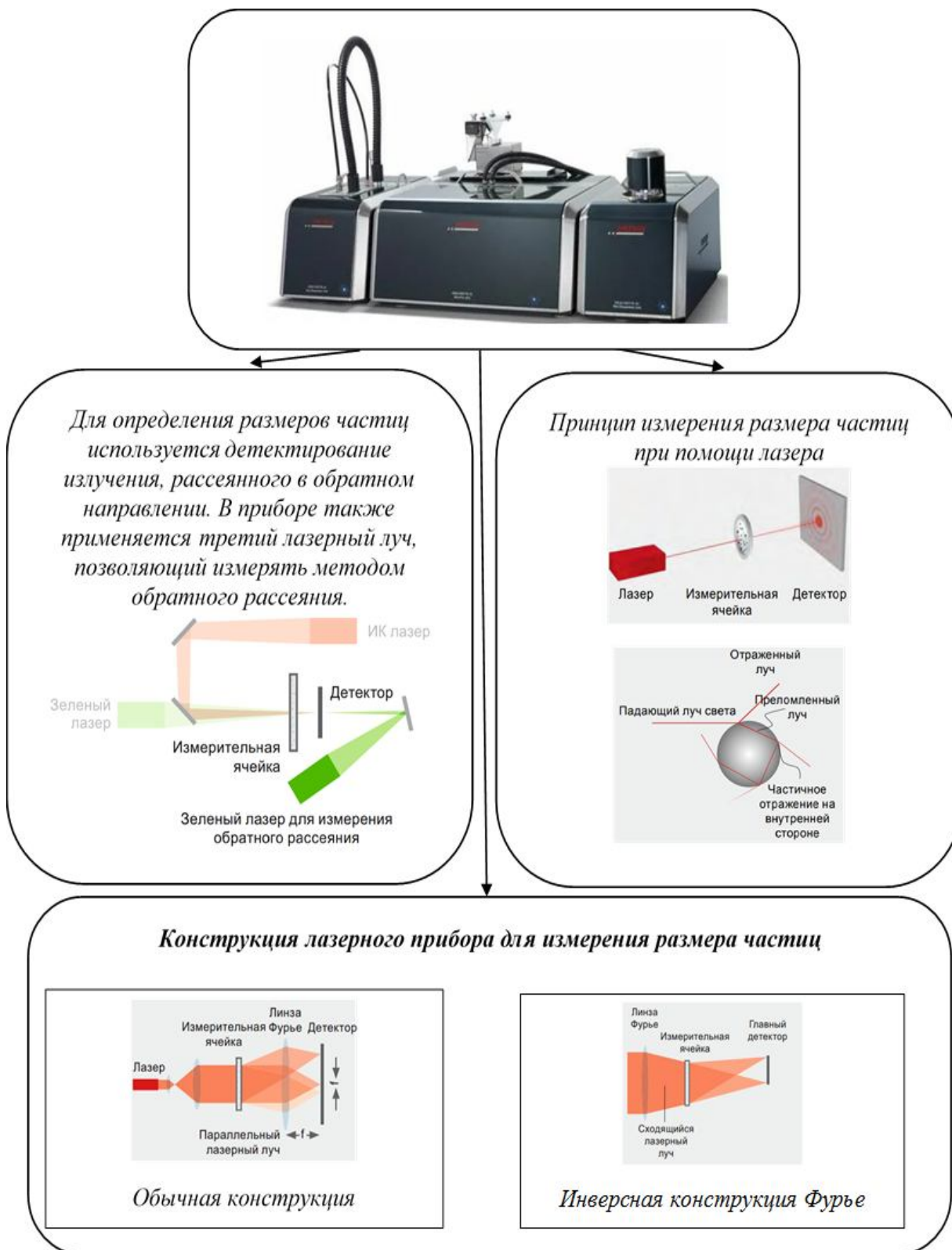


**Рис. 2.** Характеристики растрового электронного микроскопа QUANTA 600 FEG

**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

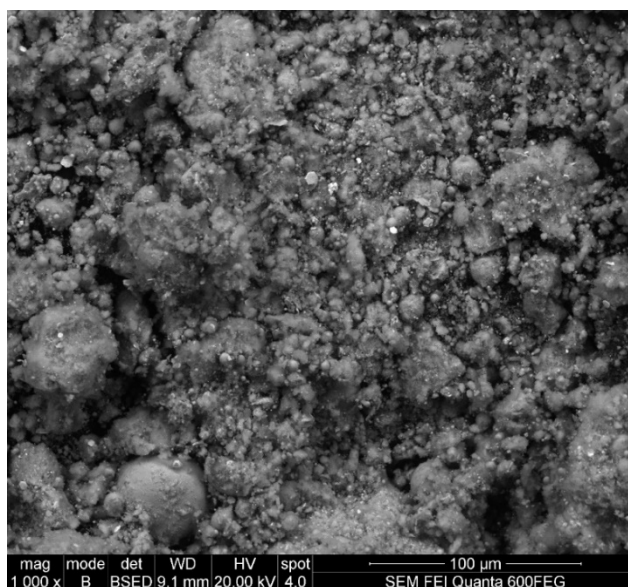
**Fig. 3.** Appearance and device of a laser particle size analyzer Analysette 22 NanoTec



## 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.



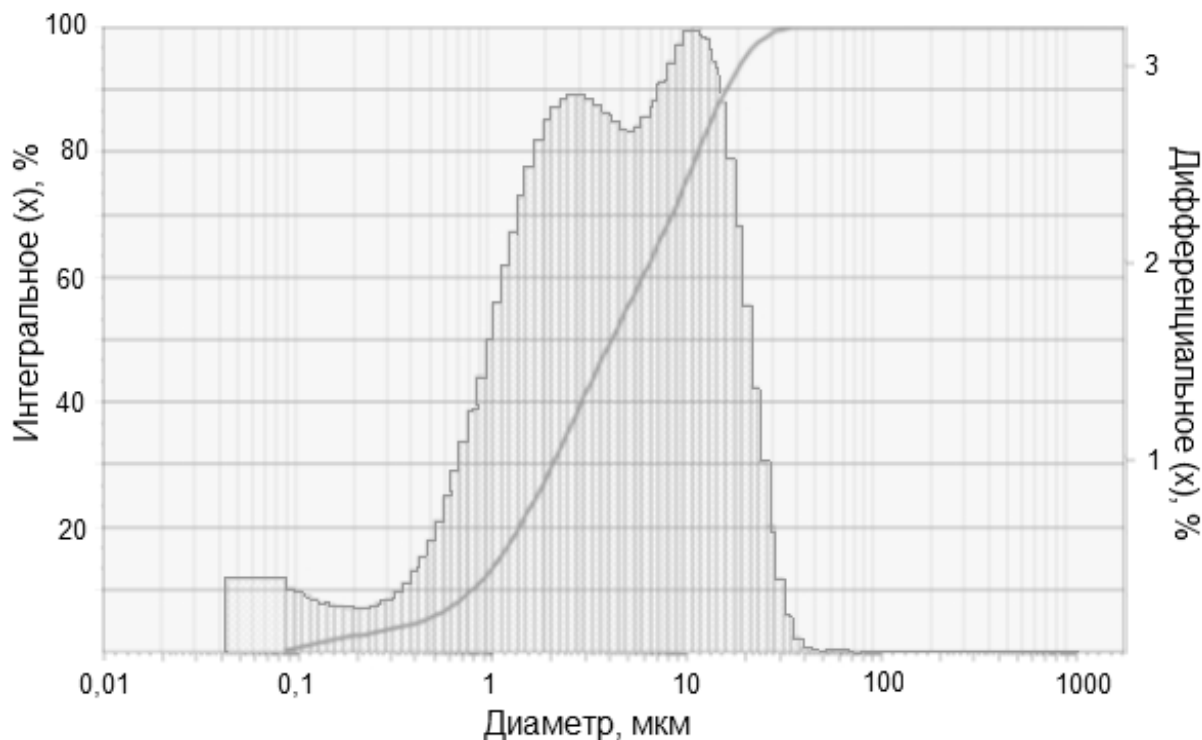
**Рис. 4.** Общий вид частиц медно-свинцовой шихты, полученной электродиспергированием в воде дистиллированной

**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 первоочередной 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. Брусицын 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., Хардилов 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. Хардилов С. В., Агеева Е. В., Агеева А. Е. Анализ характеристик износостойкости спеченных изделий из электроэрозионного порошка стали Х13, 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 // Электromеталлургия. 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 svoystv goryachepressovannykh prutkov, poluchaemykh iz sypuchei 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 svoystv 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 alyuminievogo 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 bystrozrezhushchei 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 tverdykh 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 tverdosplavnykh 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'skokhozyaistvennoi 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