

УДК 621.762

<https://doi.org/10.21869/2223-1528-2026-16-1-8-18>



Анализ износостойкости образцов, полученных селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков

Е. В. Агеев¹✉, О. В. Кругляков¹, А. Ю. Алтухов¹, А. Е. Андреева¹

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

✉ e-mail: ageev_ev@mail.ru

Резюме

Целью настоящей работы являлось исследование износостойкости образцов, полученных селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, изготавливаемых путем переработки металлоотходов.

Методы. При выполнении исследований использовалось следующее оборудование: установка для получения электроэрозионных железохромоникелевых порошков – оригинальная запатентованная; сырье для получения железохромоникелевых порошков – сплав марки 20Х25Н20С2; рабочая жидкость – спирт изопропиловый; установка для селективного сплавления – оригинальная запатентованная; оборудование для исследования параметров износостойкости аддитивного образца – автоматизированная машина трения Tribometer, CSM Instruments. Материал контртела – сталь марки Stainless Steel AISI 420.

Результаты. В рамках поставленной задачи, направленной на исследование износостойкости образцов, полученных селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, изготавливаемых путем переработки металлоотходов, установлено следующее: величина коэффициента трения поверхности исследуемого образца составляет от 0,256 до 0,634; величина объемного износа составляет $1,116 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3$. Экспериментально установлен скачок коэффициента трения в первоначальный момент трибологических испытаний образца, который связан с относительно высокой шероховатостью и износ характеризуется сглаживанием твердых выступов поверхности образца. Экспериментально установлено, что в контактирующей паре «железохромоникелевый образец – контртело» обе соприкасающиеся поверхности изнашиваются практически равномерно. При этом ширина дорожки износа исследуемого образца составила порядка 270 мкм. Относительно высоким показателям износостойкости исследуемого образца, полученного селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, способствовала беспористая бездефектная структура и относительно мелкий размер зерна.

Заключение. Полученные данные позволяют выбрать наиболее рациональную область практического применения нового аддитивного материала.

Ключевые слова: электроэрозионный железохромоникелевый порошок; селективное сплавление; износостойкость.

Финансирование: Работа выполнена в рамках Госзадания "Структурированные микро- и наноматериалы на металлической и керамической основе для биомедицины и промышленного материаловедения" (FENM-2025-0008). Регистрационный номер 1024031900124-7-1.3.2.

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

Для цитирования: Анализ износостойкости образцов, полученных селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков / Е. В. Агеев, О. В. Кругляков, А. Ю. Алтухов, А. Е. Андреева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2026. Т. 16, № 1. С. 8–18. <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2026-16-1-8-18>.

Поступила в редакцию 06.02.2026

Подписана в печать 03.03.2026

Опубликована 25.03.2026

Analysis of wear resistance of samples obtained by selective fusion of electroerosive Iron-Chromium-Nickel powders

Ekaterina V. Ageeva¹✉, Oleg V. Kruglyakov¹, Alexander Yu. Altukhov¹,
Anna E. Andreeva¹

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

✉ e-mail: ageev_ev@mail.ru

Abstract

The purpose of this work was to study the wear resistance of samples obtained by selective fusion of electroerosive Iron-Chromium-Nickel powders produced by processing metal waste.

Methods. During the research, the following equipment was used: a plant for producing electroerosion Iron-Chromium-Nickel powders – original patented; raw materials for producing Iron-Chromium-Nickel powders - alloy grade 20X25H20X2; working fluid - isopropyl alcohol; a plant for selective alloying - original patented; equipment for studying the wear resistance parameters of an additive sample – automated friction machine Tribometer, CSM Instruments. The material of the counterbody is Stainless Steel AISI 420.

Results. As part of the task aimed at studying the wear resistance of samples obtained by selective fusion of electroerosive Chromium-Nickel iron powders produced by processing metal waste, the following has been established: the coefficient of friction of the surface of the sample under study ranges from 0.256 to 0.634; the amount of volumetric wear is $1.116 \times 10^{-5} \text{ mm}^3$. A jump in the coefficient of friction has been experimentally established at the initial moment of tribological testing of the sample, which is associated with relatively high roughness and wear characterized by smoothing of the solid protrusions of the sample surface. It has been experimentally established that in a contacting pair, an Iron-Chromium-Nickel sample and a counterbody, both contacting surfaces wear out almost uniformly. At the same time, the width of the wear track of the test sample was about 270 microns. The relatively high wear resistance of the studied sample, obtained by selective fusion of electroerosive Iron-Chromium-Nickel powders, was facilitated by a porous defect-free structure and a relatively small grain size.

Conclusion. The data obtained will allow us to select the most rational area of practical application of the new additive material.

Keywords: electroerosive Iron-Chromium-Nickel powder; selective alloying; wear resistance.

Funding: Work carried out within the framework of the State Task "Structured micro- and nanomaterials based on metal and ceramic for biomedicine and industrial Materials Science" (FENM-2025-0008). Registration number 1024031900124-7-1.3.2.

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., Kruglyakov O.V., Altukhov A.Yu., Andreeva A.E. Analysis of wear resistance of samples obtained by selective fusion of electroerosive Iron-Chromium-Nickel powders. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2026;16(1):8-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2026-16-1-8-18>.

Received 06.02.2026

Accepted 03.03.2026

Published 25.03.2026

Введение

На современном этапе развития машиностроительного комплекса аддитив-

ные технологии получения изделий из металлических материалов и сплавов рассматриваются как одно из приоритетных и

интенсивно развивающихся научно-технических направлений [1]. Расширение областей их применения сопровождается ужесточением требований к исходным порошковым материалам и условиям эксплуатации аддитивного оборудования [2]. При этом производители установок аддитивного формования [3], как правило, регламентируют использование ограниченного перечня порошков, преимущественно поставляемых в составе фирменных технологических решений [4].

Сложившаяся практика существенно ограничивает возможности внедрения альтернативных порошковых материалов и обуславливает актуальность задачи организации производства металлических порошков требуемого химического состава и гранулометрических характеристик в условиях малосерийного выпуска [5]. Данная проблема приобретает особую значимость при разработке новых материалов и адаптации аддитивных технологий к специфическим эксплуатационным требованиям.

Одним из определяющих параметров порошков, предназначенных для аддитивного формования, является форма частиц. Сферическая геометрия частиц обеспечивает высокую текучесть порошкового слоя и стабильность его подачи в зону построения изделия, что непосредственно отражается на качестве формируемой структуры [6]. В промышленной практике получение сферических порошков преимущественно осуществляется методами атомизации, включая газовую, вакуумную и центробежную разновидности [7]. Вместе с тем данные технологии характеризуются рядом технологических и экономических ограничений, выражающихся в сложности получения порошков нестандартного химического состава, а также в низкой эффективности производства малых партий материала.

В результате на современном этапе развития аддитивного производства сохраняется научно-технологическая про-

блема, связанная с недостаточной проработанностью вопросов применения отечественных электроэрозионных порошков [8] в аддитивных технологиях [9]. В наибольшей степени это относится к изготовлению ответственных элементов газотурбинных установок, функционирующих в условиях повышенных температурных и тепловых нагрузок, включая сопловые аппараты, рабочие лопатки, дисковые элементы и иные конструктивные узлы [10], изготавливаемые из жаропрочных железохромоникелевых сплавов [11].

Формирование обоснованных технологических рекомендаций по практическому применению порошковых материалов, получаемых из металлосодержащих отходов железохромоникелевых сплавов методом электродиспергирования [12] для применения в аддитивных машинах, является весьма перспективным [13].

Целью настоящей работы являлось исследование износостойкости образцов, полученных селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, изготавливаемых путем переработки металлоотходов.

Материалы и методики

При проведении экспериментальных исследований, ориентированных на достижение поставленной цели, в соответствии с утверждённой программой эксперимента был задействован следующий комплекс оборудования и материалов.

Для получения железохромоникелевых порошков методом электроэрозионного диспергирования применялась оригинальная экспериментальная установка, защищённая патентом [14]. В качестве исходного материала использовался жаропрочный железохромоникелевый сплав марки 20Х25Н20С2 [15]. В процессе электроэрозионной обработки в качестве рабочей среды применялся изопропиловый спирт [16].

Формирование аддитивных образцов осуществлялось на оригинальной селективной установке сплавления, также защищённой патентом [17].

Оборудование для исследования параметров износостойкости аддитивного образца – автоматизированная машина

трения Tribometer, CSM Instruments [18]. Материал контртела – сталь марки Stainless Steel AISI 420 [19].

Структурно-логическая схема методики исследования износостойкости сплавов представлена на рисунке 1 [20].

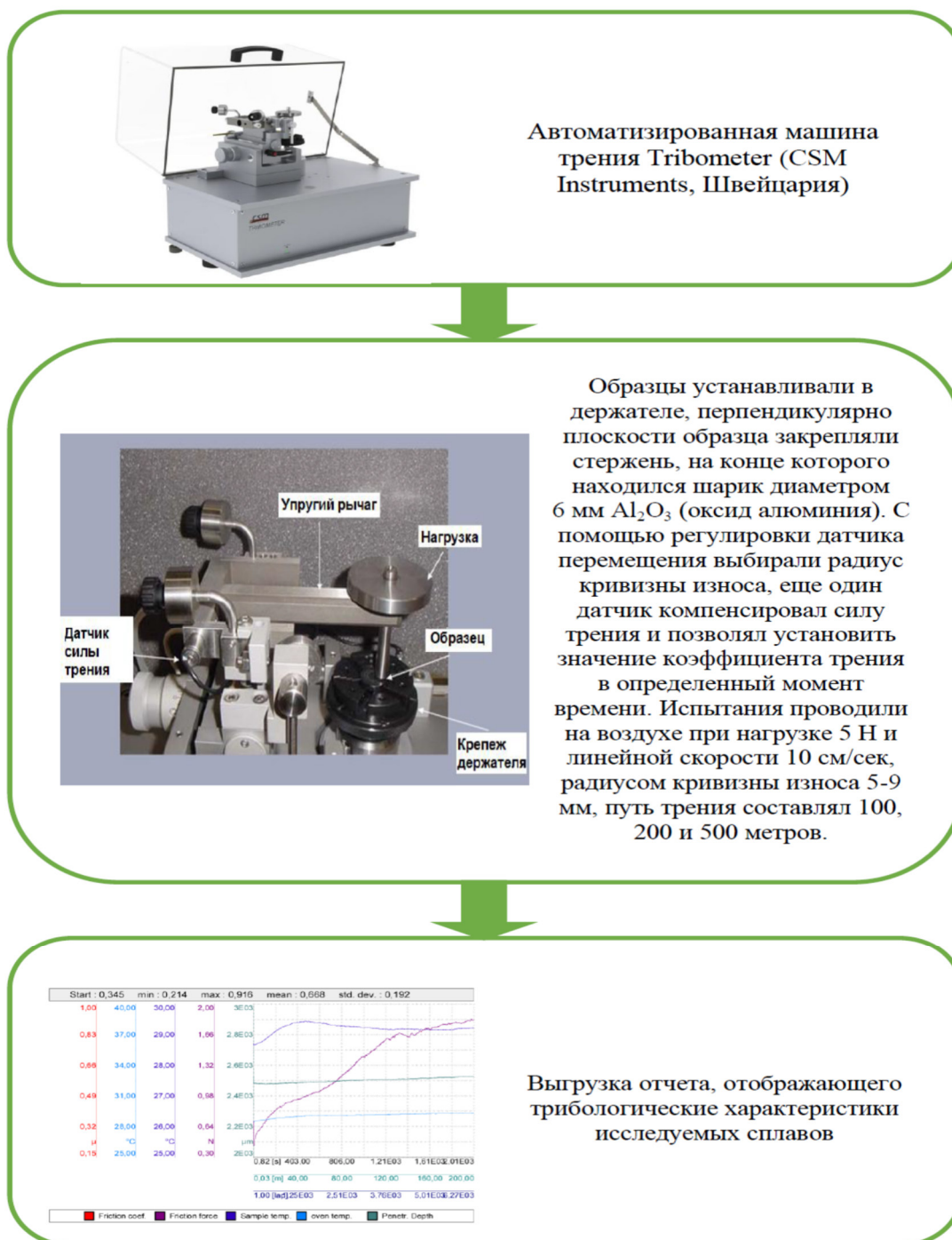


Рис. 1. Структурно-логическая схема методики исследования износостойкости образца

Fig. 1. Structural and logical scheme of the methodology for studying the wear resistance of a sample

Результаты и их обсуждение

Изображения контактных поверхностей, а именно контртела (шарика), полученное с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX51, и поверхности исследуемого образца, полученной с помощью растрового электронного микроскопа Nova NanoSEM, после многократных проходов по исследуемой поверхности образца представлены на рисунке 2.

Экспериментально установлено, что в контактирующей паре «железохромони-

келевый образец и контртело» обе соприкасающиеся поверхности изнашиваются практически равномерно. При этом ширина дорожки износа исследуемого образца составила порядка 270 мкм.

Зависимость коэффициента трения поверхности исследуемого образца при нагрузке 5 Н и линейной скорости 15 см/с, радиусом кривизны износа 3 мм на пути трения 500 м после многократных проходов представлена на рисунке 3.

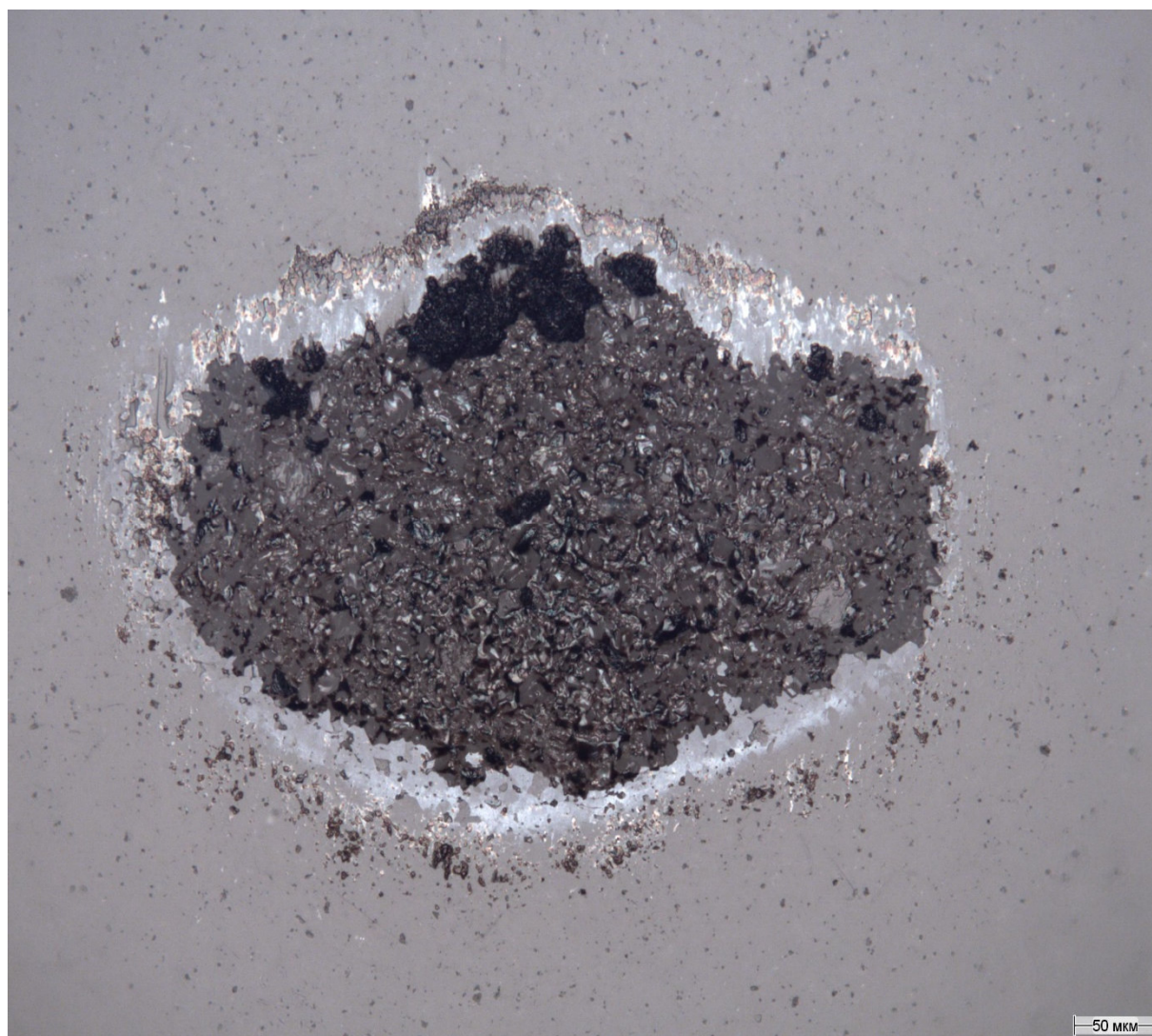


Рис. 2. Изображения контактных поверхностей: а – контртело

Fig. 2. Images of contact surfaces: a – counterbody

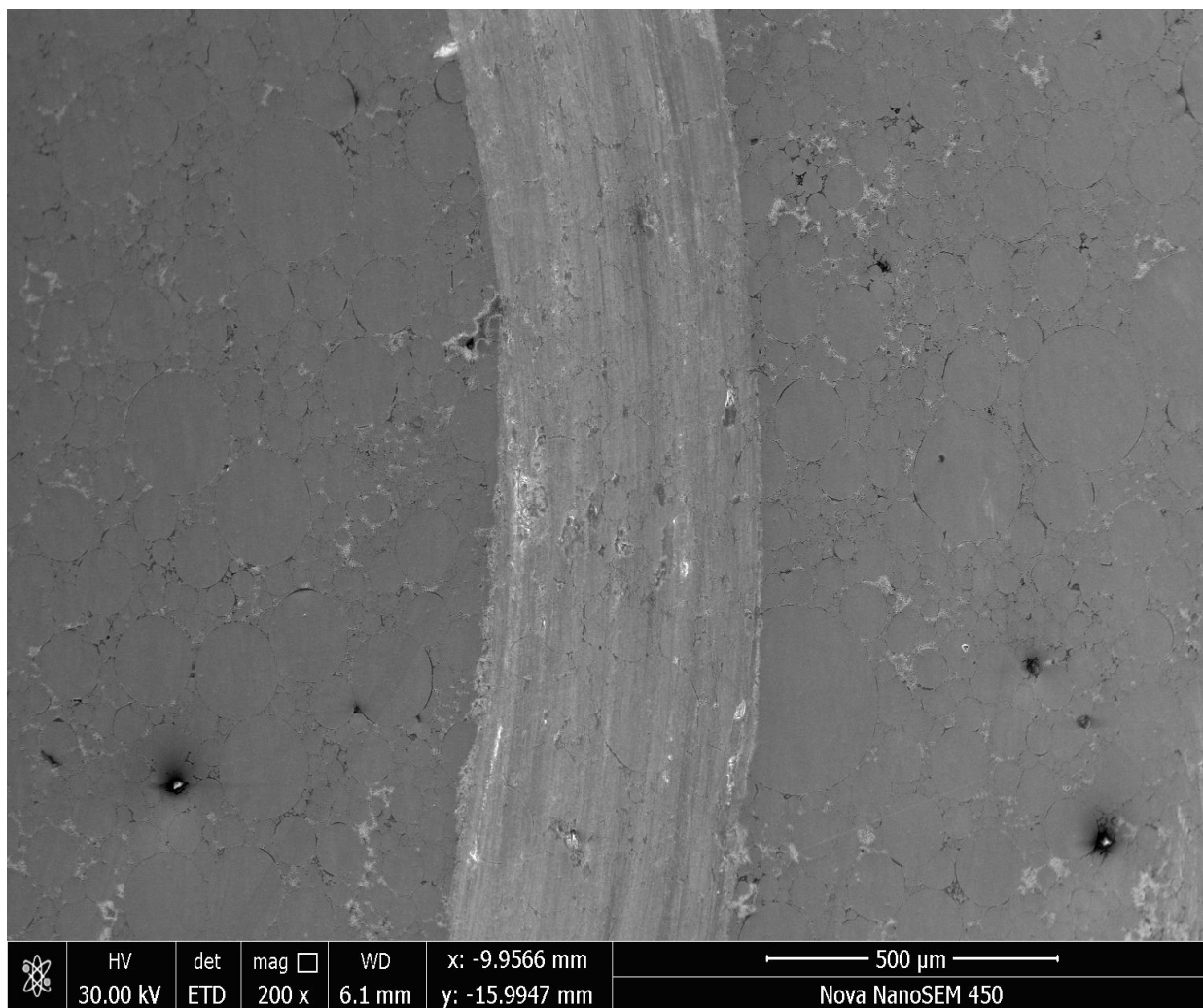


Рис. 2. Изображения контактных поверхностей: б – образец

Fig. 2. Images of contact surfaces: б – sample

Экспериментально установлен скачок коэффициента трения в первоначальный момент трибологических испытаний образца, который связан с относительно высокой шероховатостью, и износ характеризуется сглаживанием твердых выступов

поверхности образца. Величина коэффициента трения поверхности исследуемого образца составляет от 0,256 до 0,634.

Количественные характеристики износостойкости железохромоникелевого образца представлены в таблице 1.

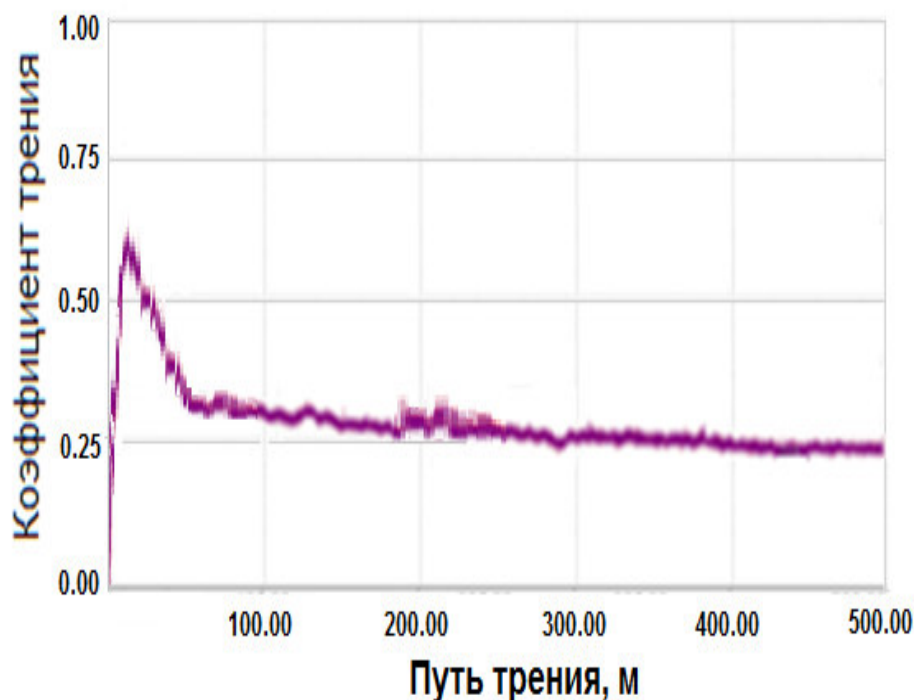


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения поверхности исследуемого образца

Fig. 3. Dependence of the coefficient of friction of the surface of the sample under study

Таблица 1. Количественные характеристики износостойкости образца

Table 1. Quantitative characteristics of the wear resistance of the sample

Коэффициент трения, μ				Объемный износ, $\text{мм}^3 \cdot 10^{-5}$
начальный	минимальный	максимальный	средний	
0,258	0,236	0,634	0,435	1,116

Относительно высоким показателям износостойкости исследуемого образца, полученного селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, способствовала беспористая бездефектная структура и относительно мелкий размер зерна.

Выводы

1. На основании проведенных исследований, направленных на исследование износостойкости образцов, полученных

селективным сплавлением электроэрозионных железохромоникелевых порошков, изготавливаемых путем переработки металлоотходов, установлено следующее:

- величина коэффициента трения поверхности исследуемого образца составляет от 0,256 до 0,634;
- величина объемного износа составляет $1,116 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^3$.

2. Полученные данные позволят выбрать наиболее рациональную область практического применения нового аддитивного материала.

Список литературы

1. Разработка конструкции и технологии изготовления импеллера флотационной машины на основе аддитивных технологий / Л. В. Седых, П. В. Борисов, А. Н. Пашков, Н. В. Горбатюк, Р. Ю. Суркова, Ж. Х. Маматкулов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2021. Т. 64, № 5. С. 366-373. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-5-366-373>. EDN PGYVKL.
2. Технология получения мелкодисперсного порошка карбида вольфрама для аддитивных технологий SLM-печати / Е. Н. Кузьмичев, Э. Х. Ри, Е. Н. Дроздов, Д. Н. Никитин // Цветные металлы. 2025. № 10. С. 67-73. <https://doi.org/10.17580/tsm.2025.10.11>. EDN VMNARX.
3. Гусляков В. В., Давыдов В. М., Якуба Д. Д. Восстановление сложнопрофильных деталей на основе аддитивных технологий // Современные материалы, техника и технологии. 2019. № 3(24). С. 17-23. EDN OVOKJV.
4. Саубанов М. Н., Смагин А. А. Разработка и внедрение технологии изготовления порошков из титановых сплавов и деталей из них по аддитивным технологиям // Титан. 2024. № 1(81). С. 27-32. EDN QFFQTJ.
5. Рентгеноспектральный микроанализ частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е. В. Агеев, В. Н. Гадалов, Б. А. Семенихин, Е. В. Агеева, Р. А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 2(74). С. 13-16. EDN LVQSGC.
6. Ageev E. V., Ageeva A. E. Phase composition of Titanium powders obtained for additive machines by electrodispersion of ot4 alloy waste in alcohol // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2024. Vol. 53, no. 4. P. 379-385. <https://doi.org/10.1134/S1052618824700213>. EDN NQWOWQ.
7. Агеев Е. В., Новиков Е. П., Алтухов А. Ю. Технология переработки алюминиевых деталей автомобилей до микро- и нанодисперсий // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2, № 1(2). С. 328-332. <https://doi.org/10.12737/14066>. EDN UQGRVT.
8. Manufacture of Cobalt–Chromium powders by the electric discharge dispersion of wastes and their investigation / R. A. Latypov, E. V. Ageev, A. Y. Altukhov, E. V. Ageeva // Russian Metallurgy (Metally). 2018. Vol. 2018, no. 12. P. 1177-1180. <https://doi.org/10.1134/S0036029518120108>. EDN MWHYYK.
9. Агеев Е. В., Агеева А. Е. Размерные характеристики титановых порошков, полученных для аддитивных машин электродиспергированием отходов сплава ОТ4 в спирте // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2024. № 1. С. 20-25. https://doi.org/10.52261/02346206_2024_1_20. EDN DDZOTL.
10. Ageev E. V., Ageeva E. V., Altukhov A. Y. Additive products from electroerosion of Cobalt-Chromium powder // Metallurgist. 2022. Vol. 65, no. 9-10. P. 1157-1162. <https://doi.org/10.1007/s11015-022-01259-5>. EDN RTAFES.
11. Ageev E. V., Ageeva E. V., Altukhov A. Yu. Structure and properties of Iron-Chromium-Nickel powders obtained via electrodispersing of metal wastes of the alloy Kh25N20 in alcohol // CIS Iron and Steel Review. 2025. Vol. 30. P. 66-71. <https://doi.org/10.17580/cisr.2025.02.11>. EDN IRNPUH.
12. Агеев Е. В., Агеева Е. В., Воробьев Е. А. Гранулометрический и фазовый составы порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в керосине // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4(112). С. 11-14. EDN SAMGBH.
13. Ageev E. V., Ageeva A. E. Microstructure and elemental composition of Titanium powders for additive machines obtained by electrodispersion of ot4 alloy metal waste in water // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2024. Vol. 53, no. S2. P. S150-S155. <https://doi.org/10.1134/S1052618824701450>. EDN CNNLDQ.

14. 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. EDN PGMCAA.
15. Ageev E. V., Ageeva E. V., Altukhov A. Yu. Structure and properties of Iron-Chromium-Nickel powders obtained via electrodispersing of metal wastes of the alloy Kh25N20 in distilled water // CIS Iron and Steel Review. 2025. Vol. 29. P. 77-81. <https://doi.org/10.17580/cisistr.2025.01.14>. EDN RAQVAE.
16. Агеев Е. В., Агеева А. Е. Фазовый состав титановых порошков, полученных для аддитивных машин электродиспергированием отходов сплава ОТ4 в спирте // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2024. № 4. С. 90-96. <https://doi.org/10.31857/S0235711924040129>. EDN OYGBGW.
17. Аддитивные изделия из электроэрозионных кобальтохромовых порошков / Р. А. Латыпов, Е. В. Агеев, А. Ю. Алтухов, Е. В. Агеева // Цветные металлы. 2022. № 4. С. 40-45. <https://doi.org/10.17580/tsm.2022.04.05>. EDN JKSCRU.
18. Агеев Е. В., Агеева Е. В., Алтухов А. Ю. Оценка износостойкости упрочненных аддитивных изделий из электроэрозионного кобальтохромового порошка // Вестник машиностроения. 2021. № 5. С. 73-75. <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-5-73-75>. EDN SKLMQO.
19. Агеев Е. В., Алтухов А. Ю., Андреева А. Е. Оценка износостойкости образцов сплава ВТ20, подвергнутых ионному азотированию // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2025. № 3. С. 11-16. https://doi.org/10.52261/02346206_2025_3_11. EDN HDMPYS.
20. Агеев Е. В., Агеева Е. В., Сысоев А. А. Оценка износостойкости образцов, спеченных из электроэрозионных высокохромистых порошков, полученных в керосине // Металловедение и термическая обработка металлов. 2021. № 7(793). С. 53-57. EDN ASRNYR.

References

1. Sedykh L.V., Borisov P.V., Pashkov A.N., Gorbatyuk N.V., Surkova R.Yu., Mamatkulov Zh.Kh. Development of the design and manufacturing technology of the impeller of a flotation machine based on additive technologies. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy*. 2021;64(5):366-373. (In Russ.) <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-5-366-373>. EDN PGYVKL.
2. Kuzmichev E.N., Ri E. H., Drozdov E.N., Nikitin D.N. Technology for obtaining finely dispersed tungsten Carbide powder for additive SLM printing technologies. *Tsvetnye metally = Non-Ferrous Metals*. 2025;(10):67-73. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/tsm.2025.10.11>. EDN VMNARX.
3. Guslyakov V.V., Davydov V.M., Yakuba D.D. Restoration of complex-profile parts based on additive technologies. *Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii = Modern materials, machinery and technologies*. 2019;3(24):17-23. (In Russ.) EDN OVOKJV.
4. Saubanov M.N., Smagin A.A. Development and implementation of technology for manufacturing powders from Titanium alloys and parts from them using additive technologies. *Titan = Titanium*. 2024;1(81):27-32. (In Russ.) EDN QFFQTJ.
5. Ageev E.V., Gadalog V.N., Semenikhin B.A., Ageeva E.V., Latypov R.A. X-ray spectral microanalysis of powder particles obtained by electroerosion dispersion of a hard alloy. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya = Hardening Technologies and Coatings*. 2011;2(74):13-16. (In Russ.) EDN LVQSGC.
6. Ageev E.V., Ageeva A.E. Phase composition of Titanium powders obtained for additive machines by electrodispersion of OT4 alloy waste in alcohol. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2024;53(4):379-385. <https://doi.org/10.1134/S1052618824700213>. EDN NQWOWQ.
7. Ageev E.V., Novikov E.P., Altukhov A.Yu. Technology of processing Aluminum car parts to micro and nanofractions. *Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy komplekse: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya = Alternative energy sources in the transport and technological*

complex: problems and prospects of rational use. 2015;2(1):28-332. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/14066>. EDN UQGRVT.

8. Latypov R.A., Ageev E.V., Altukhov A.Y., Ageeva E.V. Manufacture of Cobalt-Chromium powders by the electric discharge dispersion of wastes and their investigation. *Russian Metallurgy (Metally).* 2018;(12):1177-1180. <https://doi.org/10.1134/S0036029518120108>. EDN MWHYYK.

9. Ageev E.V., Ageeva A.E. Dimensional characteristics of Titanium powders obtained for additive machines by electrodispersing OT4 alloy waste in alcohol. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii = Problems of mechanical engineering and automation.* 2024;(1):20-25. (In Russ.) https://doi.org/10.52261/02346206_2024_1_20. EDN DDZOTL.

10. Ageev E.V., Ageeva E.V., Altukhov A.Y. Additive products from electroerosion of Cobalt-Chromium powder. *Metallurgist.* 2022;65(9-10):1157-1162. <https://doi.org/10.1007/s11015-022-01259-5>. EDN RTAFES.

11. Ageev E.V., Ageeva E.V., Altukhov A.Yu. Structure and properties of Iron-Chromium-Nickel powders obtained via electrodispersing of metal wastes of the alloy Kh25N20 in alcohol. *CIS Iron and Steel Review.* 2025;(30):66-71. <https://doi.org/10.17580/cisr.2025.02.11>. EDN IRNPUH.

12. Ageev E.V., Ageeva E.V., Vorobyev E.A. Granulometric and phase compositions of powder obtained from Tungsten-containing waste of tool materials by electroerosion dispersion in kerosene. *Up-rochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya = Hardening Technologies and Coatings.* 2014;(4):11-14. (In Russ.) EDN SAMGBH.

13. Ageev E.V., Ageeva A.E. Microstructure and elemental composition of Titanium powders for additive machines obtained by electrodispersion of OT4 alloy metal waste in water. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability.* 2024;53(S2):S150-S155. <https://doi.org/10.1134/S1052618824701450>. EDN CNNLDQ.

14. Ageev E.V., Ageeva E.V., Chernov A.S., Maslov G.S., Parshina E.I. Determination of the main patterns of the process of obtaining powders by the method of electroerosion dispersion. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. = Proceedings of the Southwest State University.* 2013;(1):85-90. (In Russ.) EDN PGMCAA.

15. Ageev E.V., Ageeva E.V., Altukhov A.Yu. Structure and properties of Iron-Chromium-Nickel powders obtained via electrodispersing of metal wastes of the alloy Kh25N20 in distilled water. *CIS Iron and Steel Review.* 2025;(29):77-81. <https://doi.org/10.17580/cisr.2025.01.14>. EDN RAQVAE.

16. Ageev E.V., Ageeva A.E. Phase composition of Titanium powders obtained for additive machines by electrodispersing OT4 alloy waste in alcohol. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin = Problems of mechanical engineering and machine reliability.* 2024;(4):90-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0235711924040129>. EDN OYGBGW.

17. Latypov R.A., Ageev E.V., Altukhov A.Yu., Ageeva E.V. Additive products made of electroerosive Cobalt-Chromium powders. *Tsvetnye metally = Non-Ferrous Metals.* 2022;(4):40-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.17580/tsm.2022.04.05>. EDN JKSCRU.

18. Ageev E.V., Ageeva E.V., Altukhov A.Yu. Assessment of wear resistance of hardened additive materials from electroerosive Cobalt Chromium powder. *Vestnik mashinostroeniya = Bulletin of Mechanical Engineering.* 2021;(5):73-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-5-73-75>. EDN SKLMQO.

19. Ageev E.V., Altukhov A.Yu., Andreeva A.E. Assessment of wear resistance of VT20 alloy samples subjected to ion nitriding. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii = Problems of mechanical engineering and automation.* 2025;(3):11-16. (In Russ.) https://doi.org/10.52261/02346206_2025_3_11. EDN HDMPYS.

20. Ageev E.V., Ageeva E.V., Sysoev A.A. Evaluation of wear resistance of samples sintered from electroerosive high-chromium powders obtained in kerosene. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov = Metallurgy and thermal treatment of metals.* 2021;(7):53-57. (In Russ.) EDN ASRNYR.

Информация об авторах / Information about the Authors

Агеев Евгений Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии материалов и транспорта, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ageev@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-8491-2829,
SPIN-код: 7007-6649

Evgeny V. Ageev, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Professor of the Department of Materials Technology and Transport, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: ageev@mail.ru,
ORCID: 0000-0002-8491-2829,
SPIN-код: 7007-6649

Кругляков Олег Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии материалов и транспорта, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: o.kruglyakov@tmholding.ru

Oleg V. Kruglyakov, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Department of Materials Technology and Transport, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: o.kruglyakov@tmholding.ru

Алтухов Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: alt997@yandex.ru

Alexander Yu. Altukhov, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Vice-Rector for Research and International Affairs, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: alt997@yandex.ru

Андреева Анна Евгеньевна, студент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ageevaanna2004@yandex.ru,
ORCID: 0009-0001-1809-037X,
SPIN-код: 6687-3804

Anna E. Andreeva, Student, Southwest State University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: ageevaanna2004@yandex.ru,
ORCID: 0009-0001-1809-037X,
SPIN-код: 6687-3804