

УДК 621.762.27

**ПОРОШКОВАЯ ШАРИКОПОДШИПНИКОВАЯ СТАЛЬ,  
ПОЛУЧЕННАЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ В КЕРОСИНЕ**

*Агеева Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент*

*(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)*

*Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор*

*(e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)*

*Куц Вадим Васильевич, д.т.н., профессор*

*Хардилов Сергей Владимирович, аспирант*

*Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

*(e-mail: hardikov1990@mail.ru)*

*Представлены результаты исследования строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в керосине осветительном.*

*Ключевые слова: отходы шарикоподшипниковой стали, электроэрозионное диспергирование, керосин, порошковая сталь.*

Шарикоподшипниковая сталь должна обладает высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью. В связи с широким её применением, образуется большое количество отработанных и выбракованных подшипников. В настоящее время способы переработки шарикоподшипниковой стали отличаются крупнотоннажностью, большими энергетическими затратами, экологическими проблемами. Особую актуальность приобретает поиск и разработка малоэнергоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых и безотходных способов получения порошков. Как показывает практика, большинство способов получения порошковых материалов обладают рядом недостатков: энергоёмкость, экологические проблемы (сточные воды, вредные выбросы), высокая стоимость технологического оборудования [1, 2].

Технология электроэрозионного диспергирования с целью получения порошковых материалов отличается относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [3-10].

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

Целью настоящей работы являлось исследование строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в керосине осветительном.

На рис. 1 показано распределение по размерам частиц порошковой шарикоподшипниковой стали, полученной из отходов.

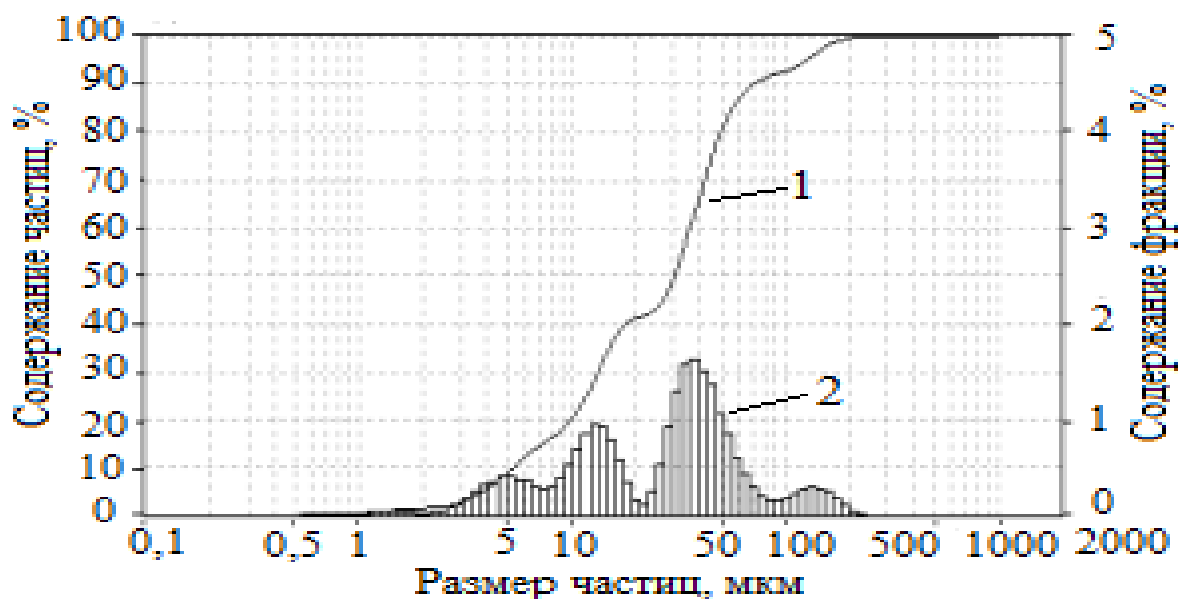


Рисунок 1 – Распределение по размерам частиц ШХ15, полученных в керосине

Экспериментально установлены размерные характеристики порошковых материалов, полученных в воде дистиллированной: удельная площадь поверхности  $5012,6 \text{ см}^2/\text{см}^3$ ; средний размер частиц  $36,53 \text{ мкм}$ ; коэффициент элонгации (удлинения) частиц  $27,49 \text{ мкм}$  составляет  $2,32$ .

В табл. 1 приведены результаты исследования распределения по размерам микрочастиц.

Таблица 1 – Распределение по размерам частиц порошкового материала

Размерность частиц	ШХ15 в керосине осветительном
D10 (10% частиц), мкм	5,238
D20 (20% частиц), мкм	9,686
D30 (30% частиц), мкм	13,127
D40 (40% частиц), мкм	17,971
D50 (50% частиц), мкм	30,653
D60 (60% частиц), мкм	35,867
D70 (70% частиц), мкм	41,548
D80 (80% частиц), мкм	49,546
D90 (90% частиц), мкм	71,282
d[4,3] Объемный средний диаметр, мкм	36,53
d[3,2] Средний диаметр по площади поверхности, мкм	11,97
d[3,0] Средний диаметр по отношению к объему, мкм	2,39
d[2,0] Средний диаметр по отношению к площади, мкм	1,07
d[1,0] средний диаметр по отношению к длине, мкм	0,54

В табл. 1 приведены данные, которые следует читать как: D50 (50% частиц) – 30,653 мкм, то есть частиц, размером меньше или равно 30,653 мкм в порошке содержится 50,0% от общего объема.

С целью изучения формы и морфологии частиц порошковых материалов, полученных методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, были сделаны снимки на растровом электронном микроскопе Nova NanoSEM 450, которые представлены ниже (рис. 2).

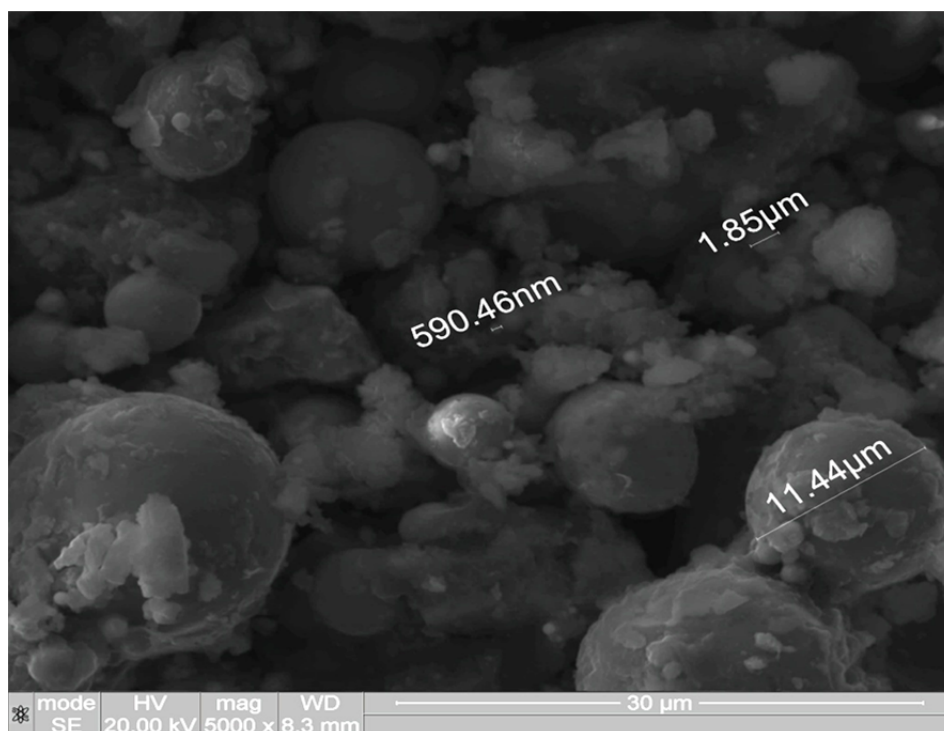


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение порошковых материалов ШХ15, полученных в керосине осветительном

Форма частиц порошкового материала, полученного электроэрозионным диспергированием отходов шарикоподшипниковой стали, обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД. Экспериментально установлено, что порошковый материал, полученный методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковой стали, состоит из частиц правильной сферической формы (или эллиптической) и неправильной формы (конгломератов), которые образуются кристаллизацией расплавленного материала (жидкая фаза).

При ЭЭД частицы порошкового материала, выбрасываемые из канала разряда в жидком состоянии в рабочую жидкость, быстро кристаллизуются и закаливаются. После выхода из зоны разряда частицы порошка весьма часто сталкиваются между собой. Если в момент столкновения кристаллизация была полностью завершена, то на частицах остаются характерные следы от ударов и сетчатая поверхность.

Если имеется значительная разница температур столкнувшихся частиц, то происходит их слипание с образованием непрочных границ. Как прави-

ло, такое происходит при столкновении крупных частиц, образовавшихся из жидкой фазы, с мелкими частицами, образовавшимися из паровой фазы. Если нет существенной разницы температур частиц при столкновении, то могут образовываться конгломераты неправильных форм.

С целью выявления распределения элементов по поверхности частиц порошков, с помощью энерго-дисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп Nova NanoSEM 450, был проведен рентгеноспектральный микроанализ, результаты которого представлены на рис. 3 и в табл. 2 и 3.

Таблица 2 – Рентгеноспектральный микроанализ порошкового материала ШХ15, полученного в керосине осветительном

Элемент	C	O	Si	Cr	Mo	Fe	Итого
Массовая доля, %	43,17	5,59	0,22	0,96	0,85	49,21	100,00
Атомарная доля, %	73,96	7,18	0,16	0,38	0,18	18,13	100,00

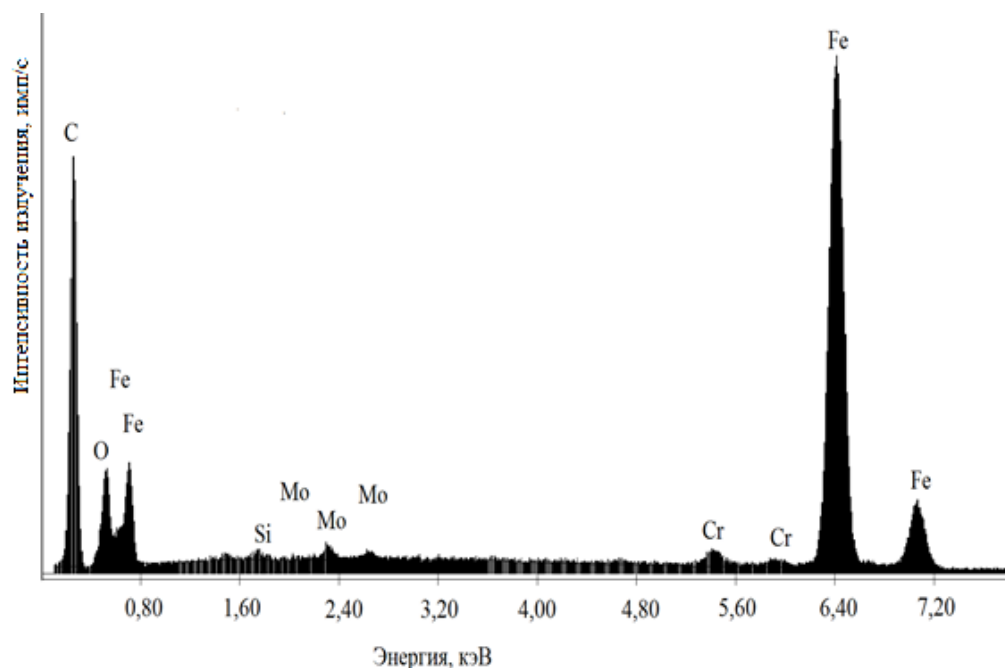


Рисунок 3 – Элементный состав порошковых материалов ШХ15, полученных в керосине

Экспериментально установлено, что порошковые материалы, полученные методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, на поверхности содержат большую часть железа, хрома, кислорода и углерода. Видно, что диспергирование в разных рабочих жидкостях влияет на элементный состав порошка.

Свойства частиц порошка, от которых зависит область их применения, во многом определяются их структурой. Для исследования структуры ча-

стиц полученных порошков был проведен их рентгеноструктурный анализ на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV.

Результаты рентгеноструктурного анализа порошков, полученных методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, представлены ниже (рис. 4).

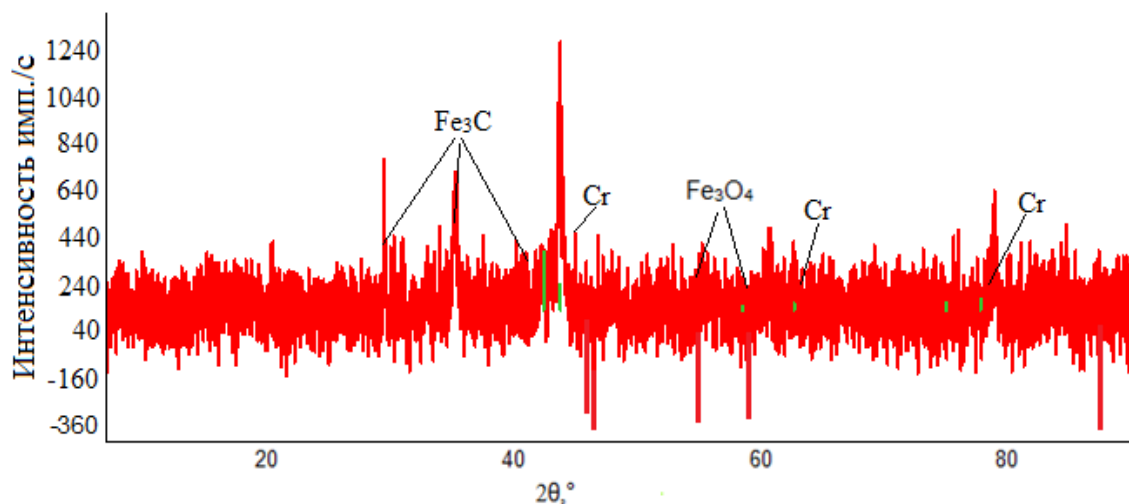


Рисунок 4 – Рентгенограмма порошкового материала ШХ15, полученного в керосине осветительном

Экспериментально установлено, что диспергирование в дистиллированной воде способствует образованию в порошковом материале фазы  $\text{Fe}_3\text{C}$ .

*Список литературы*

1. Особенности термоциклической обработки стали ШХ15 / Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Кенис М.С. // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 3. С. 29-32.
2. Разработка режимов термоциклической обработки шарикоподшипниковой стали / Жолдошов Б.М. // Наука, новые технологии и инновации. 2011. № 2. С. 38-41.
3. Размерный анализ частиц порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов электроэрозионным диспергированием в воде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Вестник машиностроения. 2015. № 3. С. 45-46.
4. Разработка и исследование твердосплавных изделий из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов / Латыпов Р.А., Латыпова Г.Р., Агеев Е.В., Давыдов А.А. // Международный научный журнал. 2013. № 2. С. 107-112.
5. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Агеев Е.В., Латыпова Г.Р., Давыдов А.А., Агеева Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 099-102.
6. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента / Агеев Е.В., Давыдов А.А., Агеева Е.В., Бондарев А.С., Новиков Е.П. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 1. С. 32-38.
7. Исследование химического состава порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В. // В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и

инновации, материалы IV Международной научно-технической конференции в 2-х частях. Ответственный редактор: Е.И. Яцун. 2006. С. 146-150.

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

9. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Пивовар Н.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. № 4 (33). С. 76-82.

10. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) / Петридис А.В., Толкушев А.А., Агеев Е.В. // Технология металлов. 2005. № 6. С. 13-17.

*Ageeva Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ageeva-ev@yandex.ru)*

*Ivakhnenko Alexander Gennadievich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)*

*Kuts Vadim Vasilyevich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: kuc-vadim@yandex.ru)*

*Hardikov Sergey Vladimirovich, postgraduate student Southwest state University, Kursk, Russia (e-mail: hardikov1990@mail.ru)*

#### **POWDER BALL-BEARING STEEL, OBTAINED BY DISPERSION IN KEROSENE**

*Presents the results of research of structure and properties of powder materials obtained from the wastes of ball-bearing steel grade SHH15 method EED in kerosene lighting.*

**Key words:** *ball bearing steel wastes, electroerosion dispersion, kerosene, powder steel.*

УДК 005.6

#### **К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕНТГЕНКОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Архипова Людмила Михайловна, студент*

*(e-mail: lusiena.82@bk.ru)*

*Воейко Ольга Александровна, к.т.н., доцент*

*(e-mail: olga\_voeyko@mail.ru)*

*ГБОУ ВО МО «Технологический университет», Королев, Россия*

*В данной статье рассмотрены два метода оценки качества рентгенконтроля сварных соединений. Определены их преимущества и недостатки.*

**Ключевые слова:** *контроль качества, рентгенконтроль, сварной шов.*

Российская космическая промышленность – одна из самых активно развивающихся отраслей машиностроительного комплекса, наиболее чувствительная к внедрению инноваций и высоких технологий. Нарастание объемов производства высококачественной продукции внутри страны – одно из направлений развития космических технологий, которые сыграют ключевую роль в увеличении темпов развития машиностроительной отрасли.