

УДК 621.762.27

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА
ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ***Агеева Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент**(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)**Хардилов Сергей Владимирович, к.т.н., преподаватель**(e-mail: hardikov1990@mail.ru)**Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия*

Представлены результаты исследования гранулометрического состава хромсодержащих порошков, полученных методом электроэрозионного диспергирования в керосине осветительном.

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

Порошковая технология – это широкая область получения дисперсных тел, применяемых в разнообразных отраслях производства – порошковой металлургии, керамической промышленности, получении пищевых и лекарственных продуктов, удобрений, топлива, строительных материалов и др. Вследствие некоторого внешнего сходства технологии порошковой металлургии с технологией керамического производства, изделия, изготавливаемые методами порошковой металлургии, широко известны также под названием металлокерамических [1–3].

Наряду с преимуществами порошковой металлургии следует отметить и недостатки, затрудняющие и ограничивающие широкое ее распространение. К основным недостаткам следует отнести высокую стоимость порошков металлов и отсутствие освоенных методов получения порошков сплавов – сталей, бронз, латуней и пр. Одним из вариантов решения указанных проблем является использование электрической эрозии. В настоящее время легированные стали и сплавы, содержащие значительное количество цветных металлов, применяют для изготовления ответственных деталей различного назначения, поскольку именно легированные стали и сплавы обладают комплексом высоких физико-механических и других свойств.

Углеродистые стали не обладают достаточно высокими механическими и физико-химическими свойствами и не отвечают требованиям, предъявляемым к металлам в современном машиностроении. Одним из основных способов повышения свойств стали является введение в нее различных элементов. Процесс введения в сталь различных элементов, способствующих повышению ее свойств, называется легированием, а получаемые в результате этого стали называются легированными [4–6]

Введение легирующих элементов приводит к образованию новых фаз и структурных составляющих, изменяет кинетику превращений, вызывает

новые явления и изменяет технологию термической обработки. Легирующие элементы, вводимые в углеродистую сталь, изменяют ее механические и физические свойства. Легирование значительно повышает прочность и твердость при сохранении хорошей вязкости стали, увеличивает ее прокаливаемость, позволяет проводить закалку в умеренных охладителях. Легирование придает сталям ряд особых свойств: жаропрочность, коррозионную стойкость, окалиностойкость, магнитоустойчивость и многие другие свойства.

Хром является наиболее распространенным легирующим элементом. Сталь, легированная хромом, обладает повышенной прочностью, твердостью, износостойкостью, стойкостью против коррозии в агрессивных и окислительных средах. Присутствие хрома увеличивает прокаливаемость стали. При содержании в стали 13% хрома она становится нержавеющей. Дальнейшее увеличение содержания хрома придает стали антикоррозионность при высоких температурах, а также магнитоустойчивость.

В связи с широким применением хромосодержащих сталей в промышленности в настоящее время остро стоит проблема переработки их отходов. Наиболее перспективным методом переработки таких отходов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается экологической чистотой процесса и относительно небольшими затратами энергии [7–10].

Для разработки технологий практического применения порошка, полученного из отходов, и оценки эффективности его использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Целью работы являлось исследование гранулометрического состава частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием хромосодержащих отходов в керосине осветительном.

Для выполнения намеченных исследований были выбраны отходы хромосодержащих сталей. В качестве рабочей жидкости выбрали керосин осветительный. Для получения порошка методом электроэрозионного диспергирования использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов. Отходы загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – керосином осветительным, процесс проводили при следующих электрических параметрах: ёмкость разрядных конденсаторов 45 мкФ, напряжение 100...110 В, частота следования импульсов 55...65 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала отходов с образованием дисперсных частиц порошка.

При помощи растрового электронного микроскопа QUANTA 600 FEG провели непосредственный анализ частиц порошка с достаточно высоким разрешением. QUANTA 600 FEG – (производитель FEI (Голландия)) – электронно-ионный сканирующий микроскоп с электроннолучевой

колонной, оснащенной вольфрамовым катодом, ускоряющее напряжение от 200 эВ до 30 кВ, разрешение (при оптимальном WD) 3,5 нм при 35 кВ; 3,5 нм при 30 кВ в режиме естественной среды; < 15 нм при 1 кВ в режиме низкого вакуума. Ионная колонна Magnum с галлиевым жидкометаллическим источником ионов, ускоряющее напряжение от 5 кВ до 30 кВ, разрешение 20 нм. Система оснащена 5-и осевым моторизованным столиком 50x50x25 мм, газовыми инжекционными системами для напыления проводников и диэлектриков, а также для травления образцов.

Полученные методом электроэрозионного диспергирования в керосине порошки из отходов хромосодержащих сталей, проанализировали с помощью лазерного анализатора размеров частиц «Analysette 22 NanoTec» для определения распределения полученных частиц порошка по размерам.

Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с помощью детектора вторичных электронов были исследованы частицы образца порошка (рис. 1).

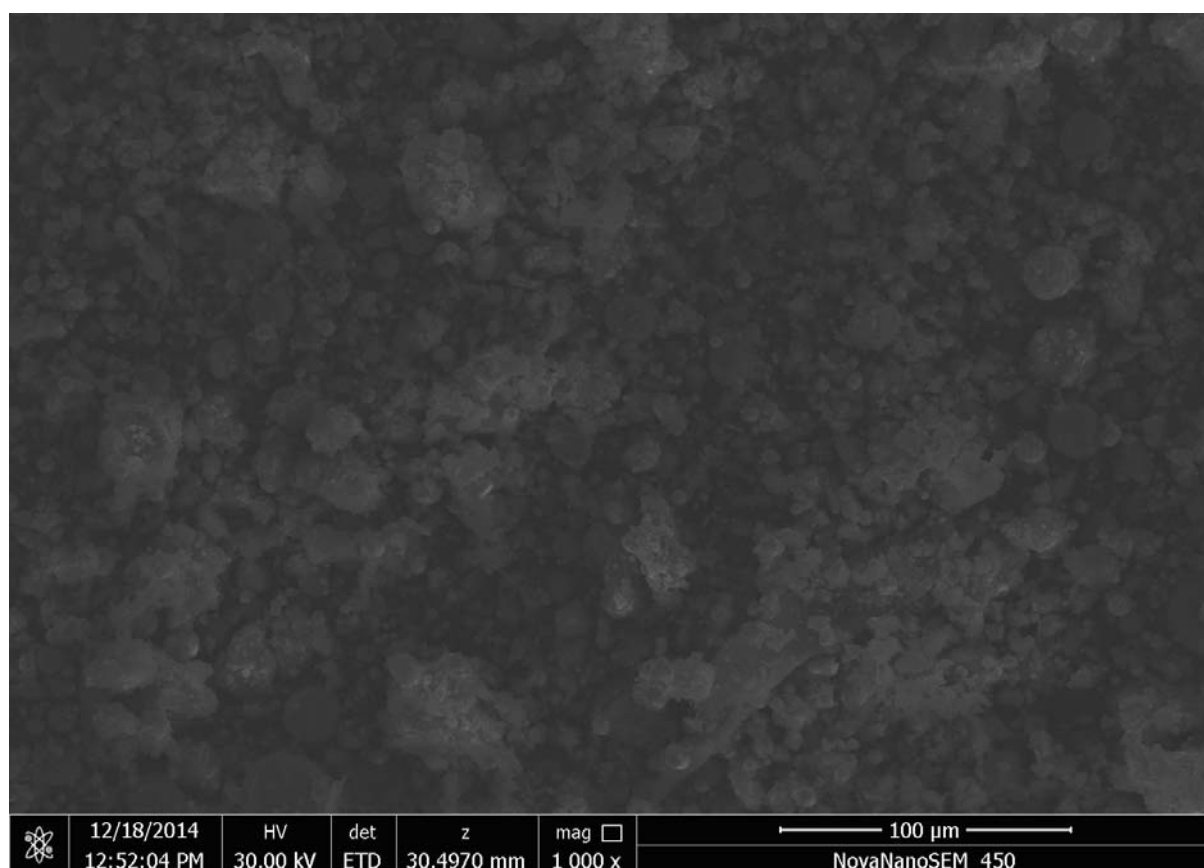


Рисунок 1 – Снимок с РЭМ частиц порошка, полученного ЭЭД

Видно, что форма частиц порошка обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД. Видно также, что в порошке преобладают частицы, имеющие правильную сферическую или эллиптическую форму. Они получаются кристаллизацией расплавленного материала (жидкой фазы). Частицы, образующиеся при кристаллизации

кипящего материала (паровой фазы), имеют неправильную форму, размер на порядок меньше частиц, образующихся из жидкой фазы, и обычно агломерируются друг с другом и на поверхности других частиц. В процессе ЭЭД такие частицы наиболее подвержены химическим и фазовым изменениям.

Результаты измерения размера частиц полученного порошка представлены на рисунке 1.

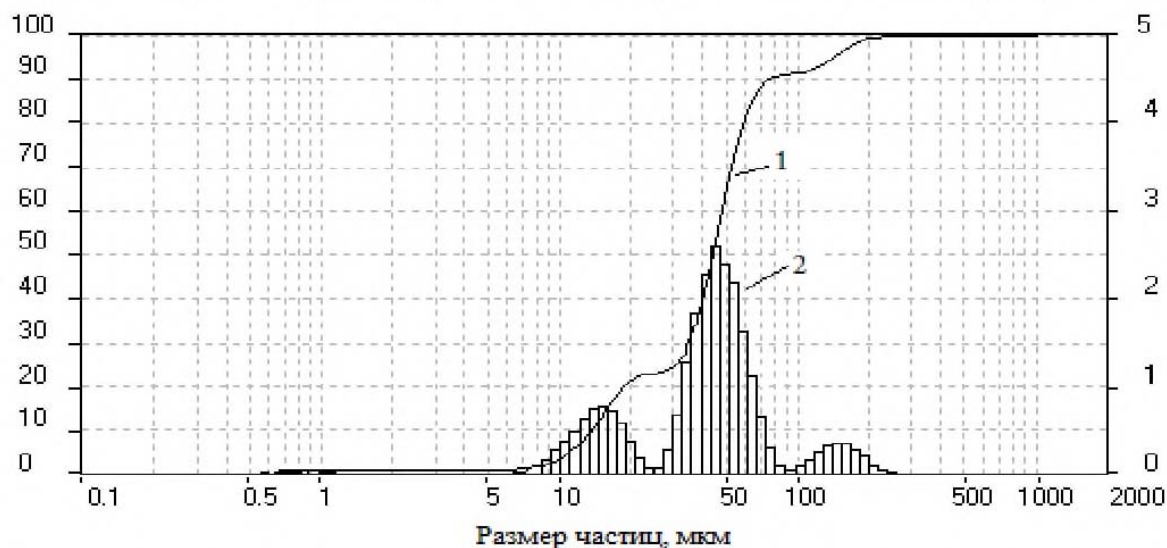


Рисунок 2 – Распределение по размерам микрочастиц порошка:
1 - Интегральная кривая, 2 - Гистограмма.

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

В ходе проведенных экспериментальных исследований, направленных на исследование гранулометрического состава хромсодержащего порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов в керосине осветительном при следующих электрических параметрах: ёмкость разрядных конденсаторов 45 мкФ, напряжение 100... 110 В, частота импульсов 55... 65 Гц определены: средний размер частиц, удельная площадь поверхности, которые позволят определить рациональную область их практического применения.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что хромсодержащий порошок, полученный методом электроэрозионного диспергирования, может повторно использоваться при восстановлении и упрочнении деталей машин.

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

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. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов: монография / Агеев Е.В., Серебровский В.И., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Гнездилова Ю.П. Курск: Курская ГСХА, 2010. 91 с.
4. 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.
5. Исследование влияния электрических параметров установки на процесс порошкообразования при электроэрозионном диспергировании отходов твердого сплава / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 238-240.
6. Рентгеноспектральный микроанализ частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Агеев Е.В., Гадалов В.Н., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 2 (74). С. 13-16.
7. Morphology and composition of copper electrospark powder suitable for sintering / Ageeva E.V., Khor'yakova N.M., Ageev E.V. // Russian Engineering Research. 2015. Т. 35. № 1. С. 33-35.
8. 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.
9. 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.
10. Production of copper electroerosion nanopowders from wastes in kerosene medium / Ageeva E.V., Ageev E.V., Horyakova N.M., Malukhov V.S. // Журнал нано- и электронной физики. 2014. Т. 6. № 3. С. 03011-1-03011-3.

Ageeva Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate

Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Khardikov Sergey Vladimirovich, candidate of technical Sciences, lecturer, Southwest state University, Kursk, Russia (e-mail: hardikov1990@mail.ru)

A STUDY OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE CHROMIUM-CONTAINING POWDERS OBTAINED BY ELECTRO EROSION DISPERSING

The results of the study of the granulometric composition of chromium-containing powders obtained by electroerosion dispersion in kerosene lighting.

Key words: waste chromadorida steel, electroerosion dispersion, kerosene, powder steel.