

лов, 1972. № 11. – С. 69 – 71.

4. Бунин К.П., Таран Ю.Н. Стороение чугуна. – М.: Металлургия, 1972. – 160 с.

Розроблено технологічний процес графітізації кременистої сталі при цементації, яка характеризується підвищеною швидкістю графітоутворення в дифузійному шарі в порівнянні із звичайним графітізуючим відпалом чавуну і сталі.

Ключові слова: відпал, чавун, сталь, технологічний процес, графітізація, цементація, крем'яниста сталь.

The technological process of graphitization of silicon steel, case-hardening, characterized by an increased rate of graphitization in the diffusion layer compared to conventional annealing of cast-iron and steel.

Keywords: annealing, cast-iron, steel, technological process, graphitization, cementation, siliceous steel.

Стаття надійшла в редакцію: 25.08.2013р.

Рецензент: д.т.н., професор Тарельник В.Б.

УДК 621.762.27

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО РАЗМЕРАМ МИКРОЧАСТИЦ ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ОТХОДОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ В СРЕДЕ КЕРОСИНА *

Е. В. Агеева, к.т.н., доцент,

Е. В. Агеев, д.т.н., профессор,

Е.А. Воробьев, аспирант,

Д. В. Воскобойников, к.т.н., доцент.

Юго-Западный государственный университет

В статье представлены результаты исследования распределения по размерам микрочастиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов быстрорежущей стали в среде керосина. Показано, что средний размер частиц составляет 26,72 мкм, коэффициент элонгации (удлинения) частиц данного размера составляет 2,32.

Ключевые слова: отходы быстрорежущей стали, электроэрозионное диспергирование, порошок, гранулометрический состав.

Введение

Первые исследования по применению электрической эрозии металла для получения порошков относятся к 40-ым годам прошлого столетия. В 1943 году Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко предложили использовать эффект электрической эрозии для получения высокодисперсных порошков [1].

Следует отметить, что способ электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) начинает успешно конкурировать с другими способами получения порошков, в том числе и нанопорошков. Основные достоинства электроэрозионного диспергирования в хорошей управляемости, низкой энергоёмкости, экологичности процесса, высоких физико-механических характеристиках порошков. Однако, большая часть установок для ЭЭД, созданных самими материаловедами, отличаются большими несовершенствами, что не позволяет добиваться высокой производительности наряду с низкой энергоёмкостью и стабильностью процесса [2-7].

Значительный объем работ в этом направлении был проведен в институте электродинамики АН Украины и в институте материаловедения

Хабаровского научного центра ДВО РАН, где был разработан целый ряд установок ЭЭД для лабораторных и промышленных целей. Эти установки состоят из реактора ЭЭД и генератора импульсов электрической энергии. Повышение производительности и снижение удельных энергозатрат обеспечивается согласованием режимов генератора импульсов и электрических характеристик реактора.

Тем не менее, широкое использование метода ЭЭД в производстве сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования, выбору рабочей жидкости и свойствам полученных порошков. Кроме того, полной термодинамической или математической модели данного метода пока не создано. Поэтому для выбора оптимальных режимов ЭЭД, обеспечивающих максимальную производительность и получение высоких эксплуатационных свойств порошков требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Актуальность работы определяется важной народно-хозяйственной задачей создания прогрессивных, экологически чистых, энергосбере-

гающих и безотходных технологий и материалов.

Широкое использование метода ЭЭД для переработки отходов быстрорежущих сталей в порошки с целью их повторного использования сдерживается отсутствием в научно-технической литературе сведений о составе и свойствах порошков. Поэтому для разработки технологий повторного использования порошков, полученных из отходов быстрорежущих сталей методом ЭЭД, и оценки эффективности их использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Целью настоящей работы являлось изучение гранулометрического состава порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования из отходов быстрорежущей стали в керосине осветительном.

Материалы и методика эксперимента

Для получения порошка из отходов быстрорежущей стали методом электроэрозионного диспергирования использовали установку для ЭЭД токопроводящих материалов, разработанную авторами [8, 9] и сверла из стали инструментальной быстрорежущей марки P6M5 (ГОСТ 19265-73). Отходы загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – керосином осветительным, процесс проводили при следующих электрических параметрах: емкость разрядных конденсаторов 35 мкФ, напряжение 200 ... 220 В, частота следования импульсов 30 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение материала отходов с об-

разованием дисперсных частиц порошка.

Полученные методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде порошки из отходов быстрорежущих сталей проанализировали с помощью лазерного анализатора размеров частиц «Analysette 22 NanoТес» для определения распределения полученных частиц порошка по размерам. Лазерная дифракция обладает рядом важных преимуществ, таких как краткое время анализа, хорошая воспроизводимость и точность, простая калибровка, большой диапазон измерений (от 0,01 до 2000 мкм) и высокая универсальность.

Распределение по размерам микрочастиц медного порошка определялось диспергированием в жидкости с ультразвуком. Диспергирование проводилось по методу Фраунгофера в соответствии с ФР 1.27.2009.06762 в два этапа. Вначале проводилось измерение фона – для того, чтобы снизить влияние измерительной жидкости. Затем – измерение распределения частиц по размеру: образец исследуемого объема около 1–5 г помещали в модуль для диспергирования в жидкости (объемом 500 мл). Измерение начиналось автоматически, как только значение абсорбции достигало указанной величины. Диапазон измерения – 0,1 [мкм] – 1021,87 [мкм]; разрешение – 102 канала (20/383 мм); абсорбция – 10,00 %; продолжительность измерения – 90 (секанов); регуляризация – средняя модель.

Результаты исследований

Результаты измерения размера частиц представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Результаты исследования распределения по размерам частиц порошка

Показатель	Размер, мкм
D10 (10% частиц)	5,707
D50 (50% частиц)	27,084
D90 (90% частиц)	48,164
d[4,3] Объемный средний диаметр	26,72
d[3,2] Средний диаметр по площади поверхности	8,92
d[3,0] Средний диаметр по отношению к объему	1,41
d[2,0] Средний диаметр по отношению к площади	0,56
d[1,0] Средний диаметр по отношению к длине	0,34

Примечание. D50 (50% частиц) – 24,034 мкм, то есть частиц, размером меньше или равно 24,034 мкм в порошке содержится 50,0% от общего объема.

На рисунке 1 представлены интегральная кривая 1 и гистограмма 2. Каждая точка интегральной кривой (левая шкала) показывает, сколько процентов образца имеет размер частиц меньше либо равно данному. Гистограмма (правая шкала) показывает количество образца с данным размером частиц.

В результате проведенных исследований установлено, что средний размер частиц составляет 26,72 мкм, арифметическое значение – 26,725 мкм, удельная площадь поверхности – 6725,95 см²/см³. Установлено также, что коэффициент элонгации (удлинения) частиц размером 27,084 мкм составляет 2,32.

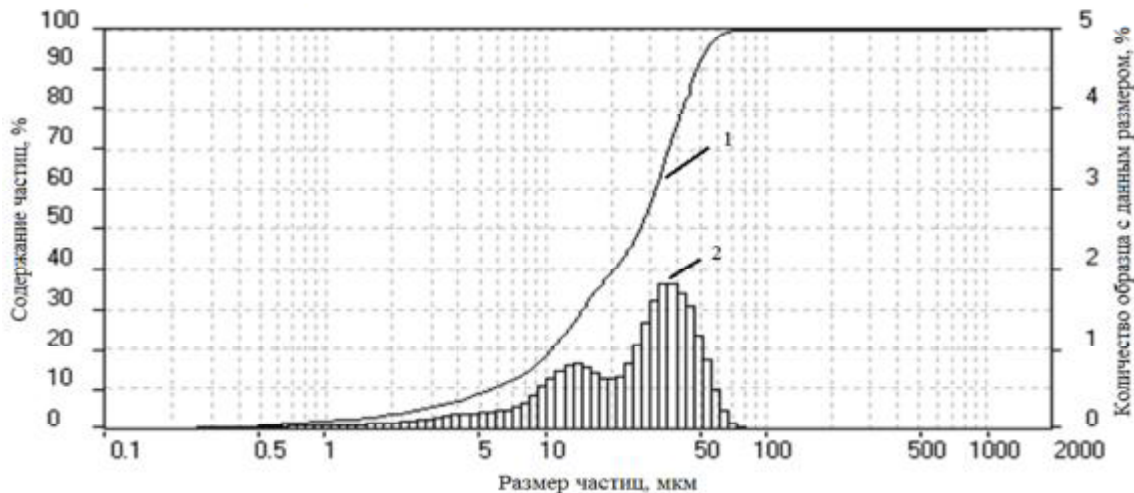


Рис. 1. Распределение по размерам микрочастиц образца порошка быстрорежущей стали (рабочая жидкость вода): 1 – интегральная кривая; 2 – гистограмма

Заклучение

На основании полученных результатов можно сделать предположение о том, что порошки из отходов быстрорежущей стали, полученные методом электроэрозионного диспергирования, могут поменяться при восстановлении и упрочнении режущих кромок инструмента и поверхностей деталей, подверженных интенсивному износу.

Информация дифракционных картин может использоваться не только для определения размера частиц, но и для анализа их формы. Частицы несферической формы рассеивают излучение

в их предпочтительных пространственных направлениях. Если в лазерный пучок попадает не слишком большое количество частиц, на основе получаемой информации может выполняться анализ их формы.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что порошки быстрорежущих сталей, полученные методом электроэрозионного диспергирования в керосине осветительном, могут применяться в технологиях восстановления и упрочнения деталей машин.

Список использованной литературы:

1. А. с. 70000 СССР, В 22f, 09/00 Способ получения порошков и устройство для его осуществления / Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко (СССР). - № 1371/321510; заявл. 01.04.1943; опубл. 23.09.1964, Бюл. № 22. - 2 с.
2. Дворник, М.И. Разработка физико-химических и технологических основ переработки вольфрамкобальтового твердого сплава электроэрозионным диспергированием [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Дворник Максим Иванович. - Хабаровск, 2006. - 116 с.
3. Немилев Е.Ф. Электроэрозионная обработка материалов. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1983. - 160 с.
4. Агеев Е.В. Изучение физико-механических свойств твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов [Текст] / Е.В. Агеев // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2011. - № 6. - С. 8-14. - ISSN 1813-1336.
5. Ageeva E.V. Properties and Characterizations of Powders Produced from Waste Carbides / E.V. Ageeva, E.V. Ageev, A.S. Osminina // Journal of nano- and electronic physics. - 2013. - Vol. 5. - № 4. - P. 04038-1-04038-2.
6. Агеев, Е.В. Получение, исследование и практическое применение износостойких порошковых материалов из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. - 2012. - № 9. - С. 36-45.
7. Агеев Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Е.В. Агеев // Электротехнология. - 2011. - № 10. - С. 24-27. - ISSN 1684-5781.
8. Патент 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. - № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. - 4 с.
9. Агеев Е.В. Разработка оборудования и технологии для получения порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, пригодных к промышленному использованию / Е.В. Агеев,

**Работа выполнена по теме гранта Президента Российской Федерации № МК-1765.2013.8.*

У статті представлені результати дослідження розподілу за розмірами мікрочастинок порошку, отриманого електроерозійним диспергуванням відходів швидкорізальної сталі в середовищі газу. Показано, що середній розмір часток складає 26,72 мкм, коефіцієнт елонгації (подовження) часток даного розміру становить 2,32.

Ключові слова: *відходи швидкорізальної сталі, електроерозійне диспергування, порошок, granulometric composition.*

The article presents the results of a study of the size distribution of the microparticles of the powder obtained by dispersing electro discharge waste in the medium-speed steel kerosene. It is shown that the average particle size is 26.72 m, elongation factor (elongation) of the particles of a given size is 2.32.

Keywords: *waste-speed steel, EDM dispersion, the powder, particle size distribution.*

Стаття надійшла в редакцію: 25.08.2013 р.
Рецензент: д.т.н., професор Тарельник В.Б.

УДК 621.762.27

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ МЕДНОГО ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ ОТХОДОВ*

Е. В. Агеева, к.т.н., доцент,
Н. М. Хорьякова, аспирант,
Е. В. Агеев, д.т.н., професор.
Юго-Западный государственный университет, г. Курск

В статье представлены результаты исследования фазового состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием медных отходов. Экспериментально установлено, что основной фазой в образце медного порошка является медь – 94 %, окись меди (I) – 3,9 % и оксид кремния (IV) – 2,1 %.

Ключевые слова: *медные отходы, электроэрозионное диспергирование, порошок, фазовый состав порошков, гальванические покрытия.*

Введение

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.

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 перспективных методов получения порошков из любых токопроводящих материалов, лишенных выше перечисленных недостатков является электроэрозионное диспергирование (ЭЭД). Однако, свойства порошков, полученных данным методом, полностью не изучены [1-

8].

Широкое использование метода электроэрозионного диспергирования для переработки отходов меди в порошковые материалы (ПМ) с целью их повторного использования сдерживается отсутствием в научно-технической литературе полноценных сведений по влиянию исходного состава, режимов и среды получения на свойства ПМ. Поэтому для разработки технологий повторного использования ПМ, полученных из отходов меди, и оценки эффективности их использования требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Целью настоящей работы являлось изучение фазового состава медного порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования из отходов медной проволоки.

Проведение намеченных мероприятий позволит решить проблему утилизации отходов и дальнейшее их использование и, тем самым, снизить себестоимость производства конечного продукта.

Материалы и методика эксперимента

Для получения медного порошка методом электроэрозионного диспергирования использо-