

Металлургия и материаловедение

УДК 621.762.27

РЕНТГЕНОСПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

Агеев Евгений Викторович, д.т.н., профессор

(e-mail: ageev_ev@mail.ru)

Хардилов Сергей Владимирович, к.т.н., преподаватель

(e-mail: ageev_ev@mail.ru)

Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия

Представлены результаты проведения рентгеноспектрального анализа хромсодержащих порошков, полученных методом электроэрозионного диспергирования в керосине осветительном.

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

Хром является основным легирующим элементом, делающим сталь нержавеющей. При содержании в стали хрома больше 12,5 % на ее поверхности образуется защитная оксидная пленка Cr_2O_3 . В зависимости от состава нержавеющей стали подразделяются на два основных класса:

- хромистые, имеющие после охлаждения на воздухе ферритную, мартенситно-ферритную или мартенситную структуру;
- хромоникелевые, имеющие аустенитную, аустенитно -мартенситную или аустенитно — ферритную структуру.

Эти стали обладают достаточно хорошим комплексом технологических свойств. Чем больше содержание хрома, тем выше коррозионная стойкость хромистых сталей [1, 2].

Железо с хромом образует непрерывный ряд твердых растворов, поэтому можно получать сталь с высоким содержанием хрома в твердом растворе. Хром не является дефицитным металлом, стоимость его сравнительно невысока, поэтому хромистые стали - самые дешевые нержавеющей стали и поэтому образуется большое количество их отходов. Поэтому остро стоит проблема переработки отходов хромсодержащих сталей в порошки, пригодные к практическому применению. Наиболее перспективным методом переработки таких отходов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается экологической чистотой процесса и относительно небольшими затратами энергии [3–10].

Широкое использование метода ЭЭД для переработки отходов шарикоподшипниковой стали в порошки с целью их повторного использования сдерживается отсутствием в научно-технической литературе полноценных сведений о свойствах порошков и технологий

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

Целью работы являлось рентгеноспектральный анализ частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием хромсодержащих отходов в керосине осветительном.

Для выполнения намеченных исследований были выбраны отходы хромсодержащих 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.

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) выполняли с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп NovaNanoSEM 450. Методом растровой электронной микроскопии с помощью детектора вторичных электронов были исследованы частицы образца порошков.

С помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения были получены спектры характеристического рентгеновского излучения в различных точках на поверхности образца порошков.

При проникновении первичных электронов в образец они тормозятся не только электрическим полем атомов, но и непосредственным столкновением с электронами атомов материала. В результате этого первичные электроны могут выбивать электроны с внутренних К-,L- или М-оболочек, оставляя атом образца в энергетически возбужденном состоянии. Образующие вакансии заполняются переходами электронов с более высоких энергетических уровней. Атом переходит в основное состояние, избыточная энергия выделяется в виде кванта рентгеновского излучения. Поскольку энергия возникающего кванта зависит только от энергии участвующих в процессе электронных уровней, а они являются характерными для каждого элемента, возникает характеристическое рентгеновское излучение. Так как каждый атом имеет вполне определенное конечное число уровней, между которыми возможны переходы только определенного типа, характеристическое рентгеновское излучение дает дискретный линейчатый спектр.

Важной характеристикой РСМА является его локальность, т. е. объем вещества, в котором возбуждается характеристическое рентгеновское излучение. Анализ распределения элементов может быть выполнен в

качественном, полуколичественном и количественном виде. Качественный анализ определяет тип элементов, входящих в состав исследуемого участка образца. Если образец имеет несколько фаз (участков), химический состав которых неизвестен, то выполняется качественный анализ каждой фазы. Качественный анализ обычно используется для определения характера распределения элементов по площади шлифа.

После качественного анализа часто проводят количественный анализ в отдельно выбранных точках, по полученным данным программное обеспечение позволяет определить тип фазы исходя из ее химического состава.

Полуколичественный анализ реализуется, если требуется определить распределение элементов вдоль линий (линейный анализ).

Линейный анализ выполняется методом шагового сканирования, т. е. путем последовательного проведения анализа в отдельных точках. Таким образом осуществляется количественное определение концентрации элементов с заданной точностью.

Элементный состав и микроструктура порошка хромосодержащей стали представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

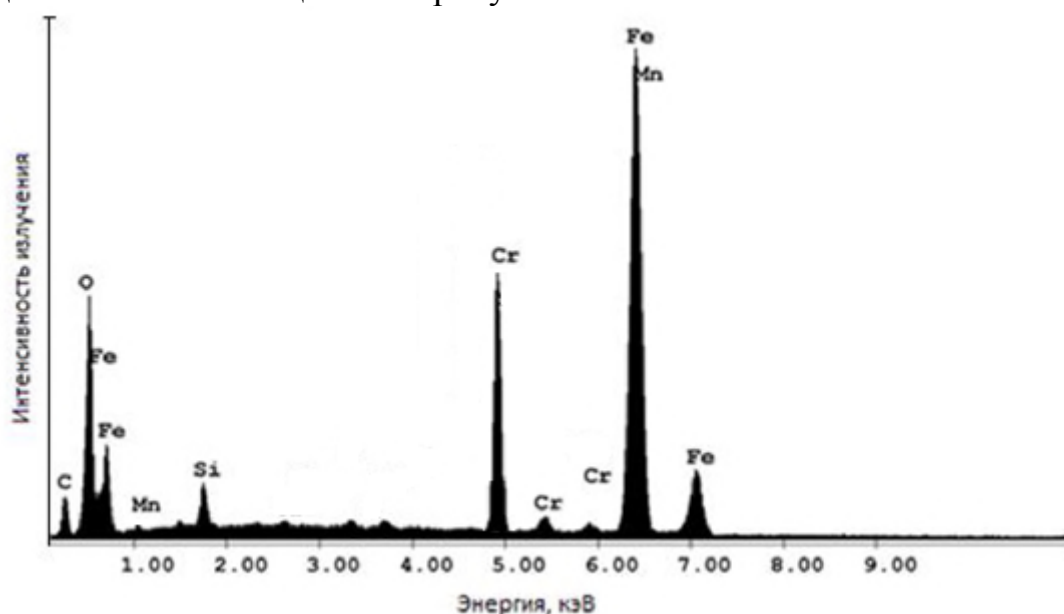


Рисунок 1 – Рентгенограмма порошка

Таблица 1 – Элементный состав порошка ШХ

Элемент	Массовая доля, %	Атомарная доля, %
C	11,02	24,90
O	2,96	6,86
Si	1,89	2,23
Cr	12,80	22,45
Mn	0,91	0,55
Fe	70,42	43,01
Итого	100,00	100,00

На рисунке представлен элементный состав порошка стали ШХ, полученного методом ЭЭД в керосине осветительном. Точкам на рисунке соответствуют спектры характеристического рентгеновского излучения. На спектре каждому химическому элементу соответствует пик определенной высоты.

Рентгеноспектральный микроанализ позволил определить элементный состав порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов хромсодержащих сталей по возбуждаемому в них характеристическому рентгеновскому излучению. По результатам представленных данных установлено, что основными элементами в порошке, полученном методом электроэрозионного диспергирования отходов хромсодержащих сталей в керосине осветительном, являются железо, кислород, углерод и хром. Остальные элементы распределены в порошке относительно равномерно.

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

Список литературы

1. Гвоздев А.Е. Эволюция микроструктуры при развитии динамической рекристаллизации в процессе горячей прокатки конструкционных сталей / Гвоздев А.Е., Шкатов М.И.Ш., Лукин А.С. // Заготовительные производства в машиностроении. 2013. №10. С. 31-34.
2. Конструкционные материалы, используемые в машиностроении, Агеева Е.В., Горохов А.А., Учебное пособие для студентов вузов / Курск, 2014.
3. Исследование химического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5-1 (38). С. 138а-144.
4. Строение и свойства порошковой быстрорежущей стали, полученной электроэрозионным диспергированием в воде / Куц В.В., Ивахненко А.Г., Агеева Е.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). С. 50-54.
5. Строение и свойства порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в воде дистиллированной / Ивахненко А.Г., Агеева Е.В., Куц В.В., Хардигов С.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). С. 28-33.
6. Получение твердосплавных изделий холодным изостатическим прессованием электроэрозионных порошков и их исследование / Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Бурак П.И., Агеев Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 5 (50). С. 116-125.
7. Hard alloy synthesis from tungsten-containing electroerosion powders of micro-and nanometric fractions / Ageev E.V., Kirichek A.V., Altukhov A.Yu., Ageeva E.V. // Журнал нано- и электронной физики. 2014. Т. 6. № 3. С. 03001-1-03001-4.
8. Порошковая шарикоподшипниковая сталь, полученная диспергированием в керосине / Агеева Е.В., Ивахненко А.Г., Куц В.В., Хардигов С.В. // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). С. 10-15.
9. Физико-механический подход к анализу процессов вытяжки с утонением цилиндрических изделий с прогнозированием деформационной повреждаемости материала / Журавлев Г.М., Сергеев Н.Н., Гвоздев А.Е., Сергеев А.Н., Агеева Е.В., Малий Д.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 4 (67). С. 39-56.

10. Оценка эффективности применения порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении коленчатых валов двигателей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой / Агеев Е.В., Серебровский В.В., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 5. С. 77-80.

Ageev Evgeny Viktorovich, doctor of technical Sciences, Professor (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

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

X-RAY ANALYSIS OF CHROMIUM POWDERS OBTAINED BY ELECTRO EROSION DISPERSING

The results of x-ray spectral analysis of chromium-containing powders obtained by electroerosion dispersion in kerosene lighting are presented.

Keywords: waste chromadorida steel, electroerosion dispersion, kerosene, powder steel.