

Р. К. Байрамов

**ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ
ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ
ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ
МЕТАЛЛОВ**



Р.К. Байрамов

**ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ
ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ
ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ
МЕТАЛЛОВ**

Монография



Москва 2012

УДК 621.762.2:621.9.048

Б18

Рецензент

Г.П. Панасюк, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАИИ, заведующий лабораторией дисперсных материалов Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН

Байрамов, Р.К.

Б18 Получение высокодисперсных порошков металлов и их соединений электроискровым диспергированием металлов : моногр. / Р.К. Байрамов. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. – 81 с. : ил.
ISBN 978-5-87623-649-4

В книге представлен краткий анализ литературы по физическим процессам, происходящим при электроискровом диспергировании металлов. Показано, что из всех разработанных теорий процесса электроэрозии металлов наиболее признанной среди исследователей является тепловая теория, основное и общее положение которой заключается в разрушении металлов за счет тепловых процессов, протекающих в зоне теплового разряда. Приведены результаты исследований электроискрового диспергирования ряда металлов: алюминия, цинка, никеля и других с получением высокодисперсных металлических порошков. Разработан и описан механизм образования продуктов при электроэрозии алюминия в водных растворах. На основании анализа литературных и полученных экспериментальных данных сформулированы основные закономерности процесса электроискрового диспергирования металлов в водных и органических растворах.

Книга предназначена для научных работников и инженеров, специализирующихся в области получения высокодисперсных порошков металлов и их соединений, может быть полезна студентам вузов химических и металлургических специальностей.

УДК 621.762.2:621.9.048

ISBN 978-5-87623-649-4

© Р.К. Байрамов, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Электрическая эрозия металлов. Физические основы процесса	7
1.1. Электродинамическая теория	7
1.2. Миграционная теория	10
1.3. Тепловая теория	11
1.4. Электрическая эрозия металлов	13
1.5. Влияние условий проведения процесса на электроэрозию металлов	15
1.5.1. Зависимость эрозии металлов от физических констант материалов	15
1.5.2. Влияние электрических параметров процесса на эрозию металлов	18
1.5.3. Зависимость эрозии металлов от природы рабочей среды, ее чистоты, межэлектродного пространства	19
1.5.4. Интенсификация процесса электроэрозионной обработки материалов	22
1.5.5. Технология электроэрозионной обработки металлов	23
2. Методика проведения экспериментов	27
2.1. Установка электроискрового диспергирования металлов	27
2.2. Определение состава продуктов эрозии и их характеристики	30
2.2.1. Электронно-микроскопические исследования продуктов эрозии	31
2.2.2. Определение удельной поверхности получаемого продукта и содержания металлического алюминия в продуктах эрозии	31
2.2.3. Хроматографическое исследование продуктов эрозии	32
2.2.4. Определение производительности процесса электроэрозии и удельного расхода электроэнергии	33
3. Электроискровое диспергирование металлов в органических жидкостях	34
3.1. Диспергирование металлов в диэлектрических органических жидкостях	34
3.2. Образование карбидов при диспергировании металлов	36
4. Электроискровое диспергирование металлов в водных растворах	40
4.1. Электроискровое диспергирование алюминия	41
4.1.1. Образование гидроксидов металла	41

4.1.2. Образование порошка металла.....	49
4.1.3. Механизм образования продуктов электроискрового диспергирования алюминия	57
4.2. Электроискровое диспергирование цинка	63
4.3. Электроискровое диспергирование металлов, образующих на поверхности оксидные пленки с низким контактным сопротивлением	65
Заключение.....	70
Библиографический список.....	72

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время современный уровень развития техники и технологий требует создания новых материалов с повышенным уровнем физико-химических и механических свойств. Значительные возможности в этом направлении открывает порошковая металлургия, позволяющая создавать материалы, которые затруднительно или невозможно получать другими методами. Широкое применение порошков металлов в различных областях промышленности (металлургии, машиностроении, приборостроении, химии, электронике, медицине и др.) связано с особенностями их свойств, а именно с микроструктурой и формой отдельных частиц порошка металла, удельной поверхностью, поверхностным состоянием и т.д. [1–4]. Свойства порошков металлов в значительной степени зависят от их дисперсности, с повышением которой меняются многие физико-химические и механические характеристики. В отличие от обычных для ультрадисперсных порошков, размеры которых составляют 0,1...0,01 мкм, существенное значение приобретают силы электростатического взаимодействия, сцепления и адгезии. Такие свойства, как текучесть, кажущаяся плотность существенно иные и более подвержены влиянию окружающей среды [5]. Указанные свойства порошков позволяют выдвигать новые идеи по их применению, например порошки алюминия с размером частиц 0,1 мкм обладают высокой каталитической активностью, не похожей на обычные порошки [6, 7]. Использование для изготовления деталей конструкционного назначения порошков железа, никеля, меди с размерами частиц 0,01...0,05 мкм в композиции с нейлоном показало, что они обладают более высокой прочностью по сравнению с изделиями, изготовленными из композиций на обычных порошках [8, 9]. Иными словами, высокая дисперсность, удельная поверхность и другие показатели становятся причиной появления многих особых свойств порошков металлов, которые к настоящему времени остаются не полностью изученными.

Анализ литературных источников показал наличие большого числа методов получения порошков металлов, что позволило исследователям объединить их в две большие группы: механическую и физико-химическую [10, 11]. К первой группе относят порошки, которые практически не отличаются по химическому составу от исходного материала, что свидетельствует о превращении сырья в порошок без существенного изменения его химического состава, например, получение

ние порошков измельчением в мельницах различных конструкций (шаровая, вихревая, молотковая, планетарная и др.), диспергирование распылением расплава металлов, измельчение ультразвуком и т.д.

Ко второй группе относят порошки, которые подвергаются глубоким физико-химическим превращениям. В результате получают порошки, существенно отличающиеся по химическому составу и структуре от исходного материала (получение порошков восстановлением химических соединений металлов, электролитическим осаждением металлов из водных и расплавленных сред, термической диссоциацией карбониллов металлов и др.).

Получение высокодисперсных порошков электроискровым диспергированием металлов занимает промежуточное положение между двумя перечисленными группами методов. В одних условиях получение порошков в процессе электроэрозии, как и для методов механической группы, происходит без изменения их химического свойства по сравнению с исходным материалом [12–15]. В других – полученные порошки при электроискровом диспергировании металлов, как и для методов физико-химической группы, сопровождаются существенными физико-химическими превращениями исходного материала [16–19].

Следует отметить, что полученные в процессе электроэрозии порошки металлов не обладают пирофорными свойствами. Такое поведение порошков обусловлено образованием на поверхности диспергированных металлических частиц защитной оксидной пленки, которая препятствует взаимодействию частиц металла с окружающей средой. Кроме того, в процессе электроэрозии возможно получение сплавов из металлов, имеющих большие различия в температурах плавления и кипения. Получение порошков электроискровым диспергированием металлов называют электроискровым методом получения порошков.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА

Явление электрической эрозии было открыто в конце XVII в. и успешно применялось при получении коллоидных растворов в процессе диспергирования металлов высокочастотными электрическими разрядами в жидкости [20].

На протяжении многих лет электроэрозионный процесс изучали многие отечественные и зарубежные исследователи. Значительный вклад в теорию и технологию процесса внесли: Б.Р. Лазаренко, Н.И. Лазаренко, Б.Н. Золотых, А.С. Зингерман, Л.С. Палатник, С.А. Мандельштам, Е.М. Вильямс и др.

Существенный прогресс в исследовании явления электроэрозии произошел в середине XX в. Электрическая эрозия металлов – явление сложное и комплексное, поэтому более полное представление о нем можно составить, рассматривая отдельные стороны этого явления во взаимосвязи.

Наряду с накоплением экспериментальных данных в различных направлениях исследования явления электроэрозии были сделаны попытки его объяснения в работах [21–30; 33–58; 60–71]. Были разработаны и созданы различные теории, объясняющие механизм процесса электроэрозии [21–50]. Однако самыми распространенными и известными считают электродинамическую [25–30], миграционную [33–38] и тепловую [41–50] теории.

1.1. Электродинамическая теория

Первая попытка обобщения накопленного экспериментального материала была предпринята Б.Р. Лазаренко, который предложил схему протекания электроэрозионного процесса [25]. В ее основе лежит два утверждения. Во-первых, искровой разряд является типичным электронным процессом, показывающим, что при атмосферном давлении могут возникать электронно-оптические явления. Во-вторых, основной причиной, направленно выбрасывающей металл из анода, являются электродинамические силы [26]. В результате была построена следующая модель процесса электроэрозии металлов. При пробое межэлектродного пространства, возникающего до соприкосновения электродов, участок анода, пораженный импульсом тока, мгновенно расплавляется. Под действием динамических сил еще в процессе протекания импульса весь, не только расплавленный, но и