

И. Ш. Абдуллин, Р. Н. Гайнуллин, А. Р. Герке,
А. П. Кирпичников, А. В. Лира, И. Г. Гафаров

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ОКИСИ КРЕМНИЯ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Ключевые слова: наноразмерные частицы, высокочастотный индукционный разряд.

В статье приведены результаты обработки порошка SiO_2 в плазме высокочастотного индукционного разряда с целью получения наноразмерных частиц.

Keywords: a high frequency inductive discharge, nano-sized particles.

In article results of processing of the powder SiO_2 are given in plasma of the high-frequency induction category for the purpose of receiving nanodimensional particles

На основании экспериментальных работ, полученных на ВЧИ-установке, описанной в работе [1], было установлено, что при обдуве плазмоида плазмообразующим газом, большая часть газа не проникает в разряд через его боковую поверхность, а обтекает его, что было подтверждено в ходе экспериментальных исследований [2]. При расположении дозатора в верхней части разрядной камеры плазмотрона, исходное сырьё, захваченное потоком транспортирующего газа, не попадало в плазменный сгусток, а огибало его вдоль стенок камеры. При этом частицы порошка из газовой фазы в результате конденсации оседали либо на поверхности стенок реактора, либо на поверхности зародышей, возникающих самопроизвольно в результате флуктуации плотности и концентрации в объёме веществ. Оба случая представлены на рис. 1, 2.



Рис. 1 - Разрядная камера ВЧИ плазмотрона с осажденным порошком

По мере погружения дозатора вглубь разрядной камеры плазмотрона, количество осаждаемого порошка на её стенках уменьшалось, при этом зона его конденсации также смещалась в нижнюю часть камеры. Наиболее оптимальным местом расположения дозатора является центральное сечение индуктора плазмотрона в центре плазмоида. В этом случае лишь небольшая часть исходного порошка конденсируется на стенках в нижней части разрядной камеры, а большая его часть попадает непосредственно в плазмохимический реактор.

В качестве исходного сырья при проведении экспериментальных исследований по получению высокодисперсного порошка оксида кремния использовался кварцевый песок с Васильевского стекольного

завода (Республика Татарстан) и отходы, полученные при изготовления изделий из кварца на заводе «Технокварц» (г. Гусь-Хрустальный). Предварительно сырьё измельчалось в шаровой мельнице в течение 2-х, 3-х, 4-х и 12-ти часов. Определение дисперсности порошков проводилось на лазерном анализаторе ANALYSETTE-22 в ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» (г. Казань).



Рис. 2 - Результат сфероидизации в плазме порошка двуокиси кремния

Обработке в плазме высокочастотного индукционного разряда подвергались порошки, размеры которых представлены на рис.2. Основная массовая доля фракций исходного сырья 250 – 500 мкм (82,88 %). Основная массовая доля фракций SiO_2 после размельчения в течение 4 часов составила 5 мкм (44,74 %).

Были проведены измерения расхода сырья различных фракций при пропускании его через плазмотрон. Схема измерений следующая: из дозатора песок подавался в разрядную камеру ВЧИ плазмотрона; фиксировались объём и время прохождения сырья в открытый сборочный бункер без соединения плазмотрона к реакторной секции. Подача песка без помола происходила самотеком из дозатора. Для подачи более мелких фракций сырья в дозатор подавался транспортирующий газ (воздух или аргон). При этом расход транспортирующего газа составлял $G_{\text{т}} = 0,05 - 0,2 \text{ м}^3/\text{час}$. Расход сырья $G_{\text{с}}$ - от 0,1 до 5 кг/час. Расход плазмообразующего газа составил $G_{\text{по}} = 2 - 13 \text{ м}^3/\text{час}$.

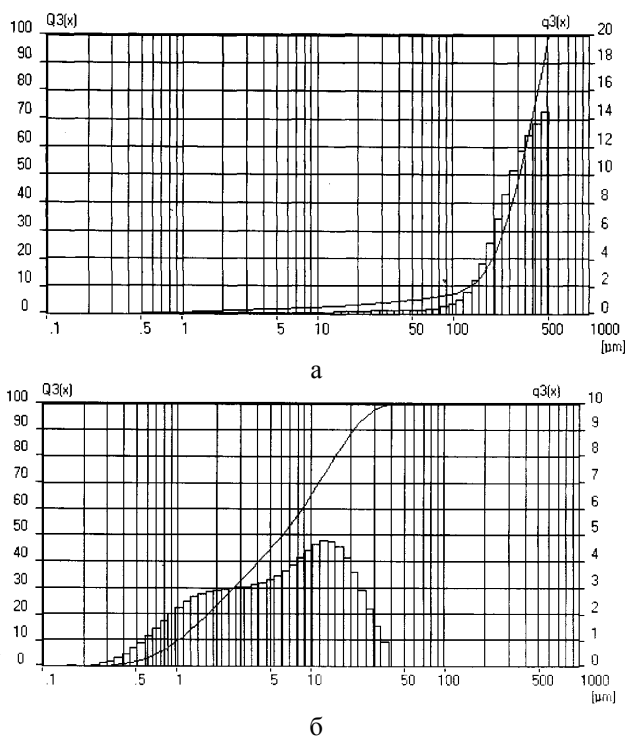


Рис. 2 - Исходное сырье (а) и фракция после помола в течение 4 часов (б)

Отбор полученного порошка для анализа проводился: на срезе ВЧИ плазматрона без соединения реактора 1 к плазматрону; с внутренней поверхности разрядной камеры ВЧИ плазматрона; из сборочного устройства реактора 1; с конусной части реакторов 1 и 2; с рукавных фильтров реакторов 2 и 3; с пластин электростатического фильтра.

Собранный порошок исследовался с помощью сканирующего зондового микроскопа Veeco MultiMode V. Полученные результаты представлены на рис. 3-8.



Рис. 3 - Порошок на срезе плазматрона без соединения плазматрона к реактору

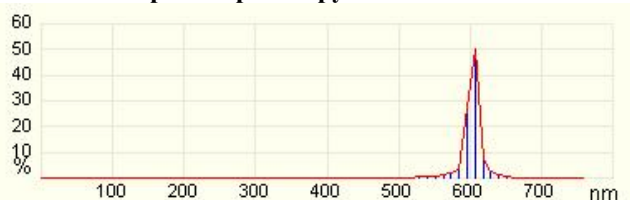


Рис. 4 - Порошок с внутренней поверхности разрядной камеры ВЧИ плазматрона

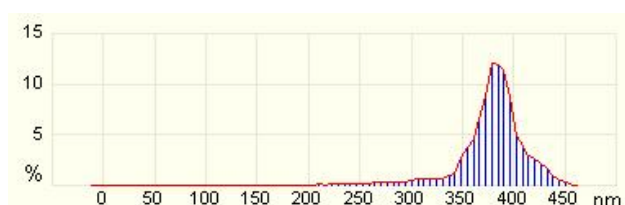


Рис. 5 - Порошок с конусной части первого реактора

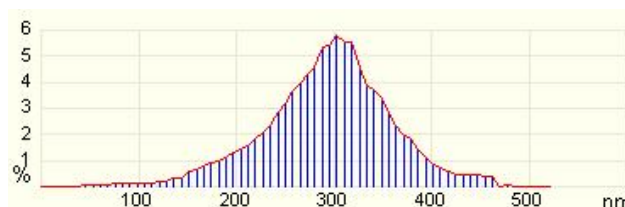


Рис. 6 - Порошок с фильтра второго реактора

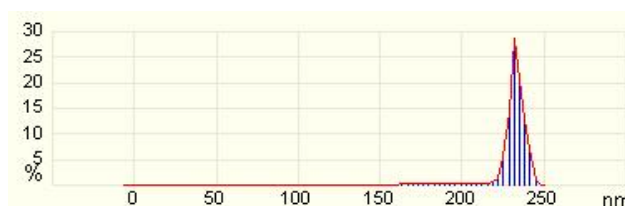


Рис. 7 - Порошок с фильтра третьего реактора



Рис. 8 - Порошок с пластин электростатического фильтра

Литература

1. Абдуллин И. Ш. Плазмохимическая установка для получения высокодисперсных порошков / И. Ш. Абдуллин, Р.Н. Гайнуллин, А.Р. Герке, А. П. Кирпичников, А.В. Лира, И.Г. Гафаров // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ, 2012. – №10. – С. 215-217.
2. Гайнуллин Р.Н. Измерение параметров низкотемпературной плазмы магнитным зондом / Р.Н. Гайнуллин, А.Р. Герке, А.П. Кирпичников // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КГТУ, 2007. – №3-4. – С. 130-134.