

К ВОПРОСУ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР В ПОТОКЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЫ

В.В. Шеховцов, О.Г. Волокитин, Гафаров Р.Е.

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Г.Г. Волокитин
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2, 634003
E-mail: shehovcov2010@yandex.ru

В настоящее время получение микросфер сводится к термической обработке легкоплавких оксидных порошковых материалов или выделения концентрата из золоотвалов, сформированных в процессе работы тепловых электростанций на каменном угле [1, 2]. Однако сырьевая база для получения микросфер сильно ограничена, ввиду высокой температуры плавления исходного сырья. Расширить номенклатуру сырья для получения микросфер возможно с использованием электродуговых плазмотронов. Реализуемые температурные режимы, которых в десятки раз превышают температуры в агрегатах, традиционно используемых для термического воздействия (газопламенные горелки).

На сегодняшний день интенсивно проводятся исследования по плазменному воздействию на агломерированные частицы на основе тугоплавких оксидов и силикатов с целью получения полых микросфер [3, 4]. В данных работах нами впервые рассмотрена возможность использования техногенного сырья алюмосиликатного состава (золошлаковые отходы) в качестве исходного сырья для получения полых микросфер с использованием энергии термической плазмы.

Для формирования микросфер на основе предложенного сырья необходимо получить агломерированный порошок на его основе. В работе [5] подробно описан процесс получения агломерированного порошка, стоит отметить, что морфология агломерированного порошка представлена совокупностью гетеродисперстных частиц формируемых объекты овальной формы. Поверхность отдельных частиц агломерированного порошка является весьма развитой и имеет разветвленную систему микропор. Пористость частиц можно описать, как $\Pi = V_g/V_p$, где Π – пористость частицы, V_g – объем пор в частице, $V_p = V_g \pi D_p^3 / 6$ – объем исходной частицы. Авторами в работах [6, 7] получены результаты экспериментальных исследований по вводу пористых частиц ZrO_2 (стабилизирован Y_2O_3 8% по массе) в поток плазмы реализованным электродуговым плазмотроном МЭВ - 50 (ИТПМ СО РАН), отмечено, что оптимальная пористость исходных частиц для получения полых микросфер должна составлять 45%.

Рассмотрим физическую модель динамики образования полых микросфер на основе агломерированного порошка (пористые частицы) в потоке термической плазмы (рис. 1).

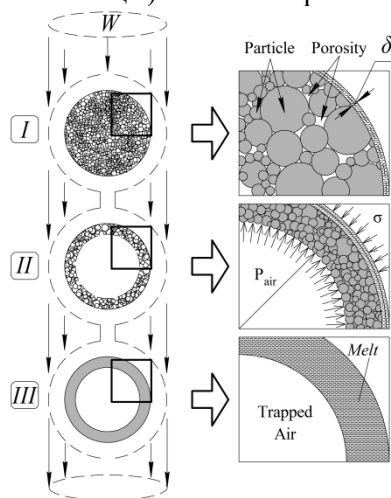


Рис. 1. Физическая модель динамики образования полых микросферы в потоке термической плазмы

На первом этапе при попадании пористой частицы в объемный поток термической плазмы (W) происходит мгновенное оплавление поверхности (δ) с захватом воздуха, содержащегося в порах (интервал I). На данном участке интенсивно протекают процессы теплообмена и диффузии за счет высокой концентрации энергии и температуры плазменного потока. При этом температура исходной

частицы стремятся к температуре образования жидкой фазы 1910 – 1950 К. В этот момент происходит изменение кристаллических решеток сплавленных частиц субмикронного размера находящихся на поверхности пористой частицы. На интервале *II* протекают процессы, связанные с формированием оболочки микросферы под действием внешних (σ) и внутренних сил (P_{air}). К внешним относится сила поверхностного натяжения, а к внутренним – давление нагретого воздуха, захваченного в интервале *I*. Исходя из равновесия данных сил определяется толщина стенки микросферы. На заключительном интервале *III* частица выходит из потока плазмы. Вследствие резкого изменения температуры несущей среды начинают развиваться процессы аморфизации сформировавшейся на интервале *II* оболочки микросферы. Температура аморфизации оболочки составляет 720 – 770 К и стремится к температуре исходной частицы 300 К.

Для подтверждения выше описанной модели образования полых микросфер проведены экспериментальные исследования на электроплазменном стенде по подбору оптимального режима плазменного воздействия [4]. По результатам экспериментов установлено, что наиболее эффективное плазменное воздействие достигается при технологическом режиме работы электродугового плазмотрона: выходное отверстие анодного узла 25 мм, расход плазмообразующего 0.8 л/с, ток дуги 200 А, напряжение 130 В, расход порошка 3.7 кг/ч. Оценка плазменного воздействия производилась по электронным снимкам (электронный микроскоп Quanta 200 3D) полученных полых микросфер (рис 2) согласно диаграмме Крьюбена-Шлосса.

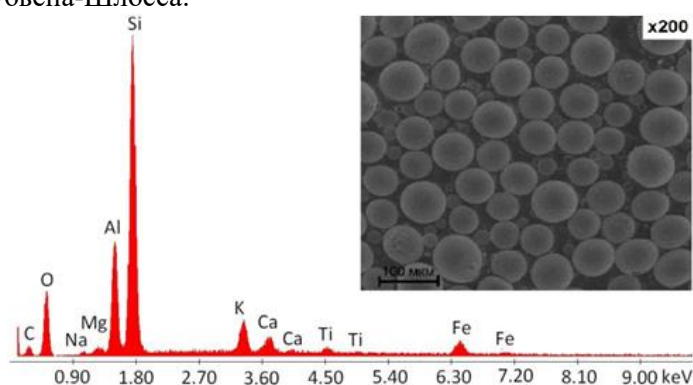


Рис. 2. Электронное изображение и распределение элементного состава микросфер на основе золошлаковых отходов

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что перспективной сырьевой базой для получения микросфер с использованием энергии плазмы являются силикатные отходы техногенного производства (золошлаковые отходы). Установлено, что морфология полученных полых микросфер представлена без дефектов, средний диаметр частиц находится в пределах 90-120 мкм с объемной плотностью 0.3-0.4 г/см³. Частицы с такими характеристиками наиболее пригодны для практического использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huidong Liu, Qi Sun, Baodong Wang, Peipei Wang, Jianhua Zou. Morphology and Composition of Microspheres in Fly Ash from the Luohuang Power Plant // Chongqing, Southwestern China Minerals. – 2016. – Vol. 6 (2). – P. 30.
2. Fomenko, E.V., Anshits, N.N., Vasil'eva, N.G. et al. Composition and structure of the shells of aluminosilicate microspheres in fly ash formed on the combustion of Ekibastuz coal // Solid Fuel Chem. – 2016. – Vol. 50. – P. 238.
3. Shekhovtsov V.V., Volokitin G.G., Skripnikova N.K., Volokitin O.G., Gafarov R.E. Plasma treatment of agglomerating aluminosilicate powders based on coal ash // AIP Conf. Pro. – 2017. – Vol. 1800. – P. 020008.
4. Shekhovtsov V.V., Volokitin O.G., Kondratyuk A.A., Vitske R. E. Fly ash particles spheroidization using low temperature plasma energy // **IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.** – 2016. – Vol. 156. – P. 012043.
5. Волокитин Г.Г., Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Волокитин О.Г., Волланд С. Физико-химические процессы получения зольных микросфер с использованием низкотемпературной плазмы // Вестник ТГАСУ. – 2016. – № 3. – С. 139 – 145.
6. Гуляев И.П. Применение низкотемпературной плазмы для получения полых керамических порошков с заданными характеристиками // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 3-3. – С. 123 – 126.
7. Гуляев И.П. Особенности получения и обработки полых частиц диоксида циркония в плазменных потоках // Вестник Югорского государственного университета. – 2009. – № 2. – С. 10 – 22.