

Список литературы

1. Потапова Е. Н. *Сухие строительные смеси*. – М: Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 376 с.
2. ТУ 2131-62-89 *Гипсоцементно-пуццолановое вяжущее. Технические условия*. – М: Издательство стандартов, 1989.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОЛЫХ СТЕКЛЯННЫХ МИКРОСФЕР ИЗ БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА

А. В. Беляева

Научный руководитель – д.т.н., профессор О. В. Казьмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина 30, avb109@tpu.ru

Стеклянные микросферы представляют собой сферические частицы, диаметр которых варьируется в диапазоне от 10 до 300 мкм. К основным характеристикам стеклянных микросфер относят такие свойства, как низкая истинная плотность (0,22–0,45 г/см³), относительно высокая прочность (до 100 МПа), негорючесть, химическая стойкость [1]. Полые стеклянные микросферы нашли свое применение в областях теплоизоляции и энергосбережения зданий, корабле- и самолетостроения, автомобильной промышленности, в качестве микрокапиллярных емкостей для хранения водорода, в области нефтегазодобычи в виде облегченной добавки в тампонажные растворы, а также их вводят в покрытия и краски [2].

В данной работе с целью получения микросфер было выбрано стекло системы Na₂O–CaO–B₂O₃–SiO₂. Основными компонентами стекольной шихты использовались следующие материалы: кремнезем, кальцинированная сода, борная кислота, оксид кальция, глинозем и сульфат натрия.

В отличие от существующих составов стекла, используемых для получения микросфер, исследуемое стекло содержит более высокое количество SiO₂, более низкое количество Na₂O, а также относительно высокое содержание B₂O₃ по сравнению с составом № 1 [3, 4]. Сравни-

тельный анализ состава стекол представлен в таблице 1.

Сваренное исследуемое стекло было измельчено с использованием планетарной мельницы до порошка со средним размером частиц 10 мкм. Подготовленный стеклопорошок обрабатывали в пропано-воздушном факеле при максимальной температуре 1900 °С с получением полых микросфер.

На электронных микроснимках микросфер, представленных на рисунке 1, полученных при оптимальном режиме, видна высокая сферичность оплавленных частиц, относительно небольшая толщина стенки и ее равномерность, что свидетельствует о получении качественных стеклянных микросфер.

Свойства микросфер, полученных на основе стекла исследуемого состава, сравнивались со свойствами микросфер из стекол, приведенных

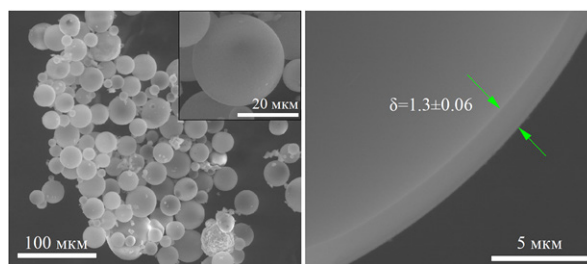


Рис. 1. Электронные микрo-фотографии микросфер

Таблица 1. Составы стекол для синтеза микросфер

Состав №	Содержание оксидов, масс. %							
	SiO ₂	Na ₂ O	CaO	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O+ZnO+B ₂ O ₃
1	64	14	7	–	–	–	1,1	13,9
2	72	18,8	–	7	1,9	–	0,3	–
3	72	10	8	9	0,2	0,3	0,5	–

1, 2 – известные составы; 3 – выбранный для исследований

в таблице 1. Результаты показали, что средний диаметр микросфер составляет 60 мкм, что на 15 мкм меньше по сравнению с микросферами состава №1 и №2, полученными при температурах 1600 °С и 1300 °С соответственно.

В результате проведенной работы установлена возможность получения стеклянных ми-

кросфер из порошка стекла состава, масс %: Na₂O 10; CaO 8; MgO 0,3; Al₂O₃ 0,2; B₂O₃ 9; SO₃ 0,5; SiO₂ 72. Получены полые стеклянные микросферы диаметром 60 мкм, со средней толщиной стенки 1,3 мкм, насыпной плотности 260 кг/м³.

Список литературы

1. Karasu B., Demirel İ., Öztuvan A. et al. // *Elcezeri journal of science and engineering*, 2019. – V. 6. – № 3. – P. 613–641.
2. Zheng J., Chen, L., Wang P. et al. // *Frontiers in Energy*, 2020. – V. 14. – P. 570–577.
3. Бобкова Н. М., Савчин В. В., Трусова Е. Е. и др. // *Стекло и керамика*, 2018. – № 1. – С. 3–7.
4. Елкина А. В., Парамонова А. М., Власова С. Г. // *Физика и химия стекла*, 2018. – № 3. – Т. 44. – С. 290–293.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР FeS₂@MoS₂ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА (HYDROGEN EVOLUTION REACTION, HER)

А. А. Блинова

Научный руководитель – д.х.н., профессор научно-образовательного центра Н. М. Кижнера, В. В. Ан

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Томск, пр. Ленина, 30, tpu@tpu.ru.*

В настоящее время альтернативные источники энергии являются приоритетным направлением энергетической промышленности, в связи с возникновением проблемы истощения невозобновляемых природных ресурсов. Непрерывно ведутся разработки методов получения и активно изучаются свойства полученных образцов в качестве катализаторов процессов, например фотокатализа, очистки сточных вод от загрязнений и многих других. В качестве таких материалов интересны бинарные наногетероструктуры на основе сульфидов.

Фотокатализатор MoS₂ представляет собой нетоксичный халькогенид переходного металла, обладающий способностью поглощать свет, относительно высокой подвижностью носителей, прекрасной реакционной способностью, устойчивостью к фотокоррозии и регулируемой шириной запрещенной зоны. Однако его практическое применение, например в очистке сточных вод, ограничено из-за его меньшей каталитической активности и быстрой рекомбинации фотогенерированных электронно-дырочных пар.

Для преодоления этих проблем представляет интерес синтез композитов на основе MoS₂ [1], благодаря которому увеличивается поглощение видимого света и облегчается адсорбция загрязняющих веществ на поверхности фотокатализатора, а также перенос и разделение электронно-дырочных пар. В связи с этим сульфиды металлов, такие как CoS₂, FeS₂, CuS, ZnS, CdS, SnS и PbS привлекают все большее внимание к модификации MoS₂ посредством формирования композита [2], поскольку они имеют более низкую энергию запрещенной зоны, чем их оксиды.

Ранее было выявлено, что дисульфид железа усиливает фотокаталитическое разложение примесей питьевой воды на примере метиленового синего [3]. При исследовании полученного FeS₂@MoS₂ (Рисунок 1) методами РФА и РСА было обнаружено, что в материале присутствуют фазы дисульфидов молибдена и железа с размерами кристаллитов от 5,1 нм до 50,3 нм.

Таким образом, методом совместного СВС возможно получать бинарные сульфидные наноструктуры фотокаталитического назначения.