

УДК 693.22.004.18

**Получение теплоизоляционных керамических материалов на основе системы  
 $\text{Al-CaMg}(\text{CO}_3)_2\text{-SiO}_2$**

Студентка гр. 9, ХТиТ Никитина Л.А.

Научный руководитель – Дятлова Е.В.

Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск

Целью работы является получение пористых керамических материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в системе  $\text{Al-CaMg}(\text{CO}_3)_2\text{-SiO}_2$  и

определение физико-химических характеристик полученных материалов.

В отличие от традиционных способов получения тугоплавких керамических материалов, образующихся в результате длительного и энергоемкого процесса обжига, были проведены исследования с целью получить из доступного и дешевого сырья (молотый кварцевый песок, доломит, алюминиевая пудра) методом СВС продукт, который обладает такими ценными свойствами, как высокая огнеупорность, достаточно высокая прочность и повышенная пористость.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – это разновидность горения, в процессе которого происходит перемещения волны химической реакции по смеси реагентов, с образованием ценных твердых веществ. При СВС-процессе тепловыделение локализовано в слое и передается от слоя к слою путем теплопередачи [1].

Прохождение волны горения является основной стадией СВС. Вторичные физико-химические превращения, определяющие состав и структуру конечных продуктов, составляют вторую стадию. Таким образом, процесс протекания СВС можно упрощенно представить в виде формулы [2]:

СВС = горение + структурообразование.

Применительно к получению пористых изделий важным является то, что процесс синтеза материала проходит, как правило, без приложения давления, или при невысоком избыточном давлении газов. Поэтому необходимо реализовать процесс СВС с локализацией реакции в узкой зоне, которая распространяется по исходной смеси в виде волны горения и оставляет за собой горячий продукт. Размеры и форма пор изделия, полученного по СВС-технологии, определяются размерами и формой частиц исходной шихты, плотностью сформованной заготовки, тепловыми характеристиками процесса СВС.

При правильно подобранных условиях синтеза и составах исходных компонентов, СВС-метод отличается высокой скоростью процесса синтеза, полнотой превращением исходных компонентов в конечные продукты, представляющие практический интерес и обладающие заданными свойствами.

Для получения пористого керамического материала в системе  $Al-CaMg(CO_3)_2-SiO_2$  были приготовлены составы с различным содержанием алюминия, доломита и кварцевого песка.

Опытные образцы изготавливались методом набивки массы в формы различного размера. Масса для набивки готовилась путем смешивания порошкообразных компонентов с последующим тщательным перемешиванием с 10 % раствором ПВА до получения однородной смеси. Полученные образцы высушивались в сушильном шкафу при температуре 100 °С до полного удаления влаги.

Для инициирования СВС-процесса горения образцы подвергались воздействию теплового импульса от раскаленной спирали, после инициирования СВС-процесса наблюдалось прохождение фронта синтеза, при этом образец раскалялся до ярко белого цвета.

Адиабатическая температура горения, рассчитанная в программе АСТРА-4, в зависимости от состава варьируется в пределах 3800–4300 °С.

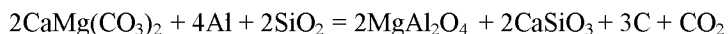
При СВС-горении в результате протекания ряда высокоэкзотермических реакций происходит плавление образующихся соединений, что в сочетании с газовыделением способствует формированию развитой высокопористой структуры. Однако в результате того, что поверхностные слои остывают быстрее, чем внутренние, затрудняется выход газов в атмосферу и повышается внутреннее давление в порах материала и может происходить вздутие образца. Варьируя соотношения компонентов, возможно создать условия, при которых не происходит вздутия образца, однако сохраняется развитая высокопористая структура.

При прохождении СВС в смесях оптимального состава, образующиеся материалы обладают следующими физико-химическими характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1- Физико-химические свойства образцов

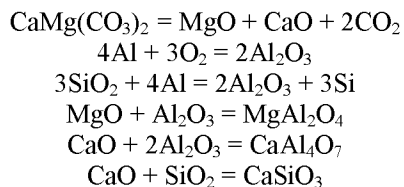
Свойства	Значение
Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	1100–1300
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2300–2600
Водопоглощение, %	35-40
Пористость открытая, %	48–55
Пористость истинная, %	50–60
Пористость закрытая, %	2–5
Предел прочности при сжатии, МПа	15–20
Теплопроводность, Вт/м·К	0,3–0,4
Огнеупорность, °С, не менее	1400

СВС-процесс в системе  $Al-CaMg(CO_3)_2-SiO_2$  упрощенно можно представить в виде реакции:



однако приведенный процесс не описывает всех взаимодействий в системе, так возможно

параллельное протекание следующих реакций:



В процессе СВС-горения разложение доломита происходит в интервале температур 700-900°C согласно реакции. Далее оксид магния при температурах порядка 1600 °С переходит в связанное состояние – шпинель ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ). В свою очередь оксид кальция реагирует с образованием силикатов ( $\text{CaSiO}_3$ ) и алюминатов ( $\text{CaAl}_4\text{O}_7$ ) кальция, что при дальнейшей эксплуатации исключает опасность взаимодействию его с влагой. Наличие углерода в продуктах реакций объясняется тем, что углекислый газ, образующийся в момент разложения доломита, разлагается на углерод и кислород. По данным рентгенофазового анализа также в малом количестве присутствуют фазы свободного кремния и непрореагировавшего кварца.

Конечные продукты приведенных реакций согласуются с данными рентгенофазового анализа.

В результате проведенных исследований установлено, что полученные керамические материалы обладают высокими значениями пористости и низкой теплопроводностью, что открывает перспективу для применения их в качестве высокотемпературных теплоизоляционных материалов. При этом достаточно высокая огнеупорность и прочность, открывает перспективу их применения при ремонте теплоизоляционной футеровки, работающей при температурах до 1300 °С, в печных агрегатах различного типа.

#### Литература

1. <http://ism.ac.ru> - А.Г. Межанов, А.Е. Сычев «О самораспространяющимся высокотемпературном синтезе».
2. Химия синтеза сжиганием / А. Макино [и др.]; под. Ред. М. Коидзуми; пер. с яп. А. В. Хачояна. – М.: Мир, 1998.