

**Разработка составов масс для получения керамических огнеупорных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза СВС**

Студент гр. 9 Бабак А.А.

Научный руководитель – Дятлова Е.М.

Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск

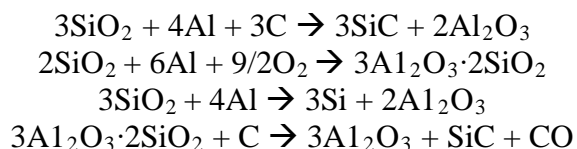
Потребность в материалах, способных демонстрировать высокие эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях, с развитием техники и технологии неуклонно возрастает. Успех в создании новой керамики стал возможным лишь благодаря разработке новых технологических процессов от стадии синтеза исходных компонентов до формирования структуры материала и получения готового продукта. Одним из наиболее значимых процессов в технологии новой керамики является самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) заключается в самопроизвольном распространении зоны химической реакции в средах, способных к выделению химической энергии с образованием ценных конденсированных продуктов. СВС сопровождается сильным саморазогревом продуктов (обычно на 1500 – 3500 °С и более) и ярким свечением. Процесс возникает при локальном воздействии на систему коротким тепловым импульсом и в дальнейшем протекает в виде волны горения без подвода энергии извне за счет собственного тепловыделения.

Материалы на основе карбида кремния представляют собой весьма перспективную группу огнеупоров. Карбидкремниевая керамика имеет сравнительно высокую электро- и теплопроводность, термостойкость и стойкость к абразивному воздействию. Она не смачивается цветными металлами, обладает высокой механической прочностью в холодном и нагретом состоянии, стойка в кислых шлаках. Керамика на основе оксида алюминия обладает высокой механической прочностью, химической стойкостью, высокой огнеупорностью. Сочетание карбида кремния и оксида алюминия позволит получить керамические композиционные материалы, обладающие уникальными свойствами, однако синтез композиционного материала на основе карбида кремния и оксида алюминия методами традиционной технологии связан с большими затратами.

Методом СВС возможно получение композиционных материалов на основе карбида кремния и оксида алюминия по реакциям, протекающим в смесях оксида кремния, углерода и металлического алюминия.

При проведении СВС - синтеза в шихте указанного состава при высоких температурах возможно протекание следующих основных химических реакций:



Количественная степень протекания каждой из них зависит от содержания в шихте исходных компонентов, размера частиц и может быть определен только экспериментально.

Целью работы является установление закономерностей влияния исходных материалов на параметры процесса синтеза и структурно-фазовые превращения при экзотермическом синтезе керамических тугоплавких композиций на основе фаз карбидов, а также сложных оксидных соединений кремния и алюминия в системе Al–SiO<sub>2</sub>–C.

Были исследованы смеси, содержащие в своем составе: кварцевый песок в роли  $\text{SiO}_2$ -содержащего соединения, металлический алюминий и в качестве углеродсодержащего соединения – сажу, а также реакционные добавки (кремнефтористый натрий и борная кислота).

Пресспорошок приготавливался путем смешения алюминиевой пудры, кремнеземсодержащих и углеродсодержащих сырьевых материалов в ступке до получения однородной массы. Опытные образцы изготавливались методом полусухого прессования из порошка влажностью 8 – 10 % с применением в качестве связки раствора поливинилового спирта. Давление прессования составляло 20 – 40 МПа. Отпрессованные образцы высушивались в сушильном шкафу при температуре 100 °С до полного удаления влаги.

Для инициирования процесса СВС-синтеза образцы подвергались нагреву в печи до температуры 800 – 900 °С. При этом установлено, что для инициирования процесса необходим быстрый подъем температуры, это достигалось помещением опытных образцов в уже разогретую до вышеуказанной температуры печь. После прогрева образцов наблюдалось прохождение фронта синтеза, при этом образец раскалялся до ярко белого цвета.

Водопоглощение полученных образцов составляет 24 %, кажущаяся плотность 1383 кг/м<sup>3</sup>, пористость истинная 57 %, ТКЛР в интервале температур 20 – 400 °С –  $6,50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

По данным рентгенофазового анализа основными фазами, образующимися в системе Al-SiO<sub>2</sub>-C при прохождении СВС-синтеза являются: корунд ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) и карбид кремния (SiC), а также присутствуют сопутствующие фазы свободного кремния и кристобалита.

При проведении СВС-синтеза в системе Al-SiO<sub>2</sub>-C образующийся продукт имеет высокую пористость и малую механическую прочность, что в некоторых случаях приводит к растрескиванию образцов.

Для предотвращения растрескивания возможно пойти двумя путями, первый – увеличение прочности за счет образования жидкой фазы, которая благоприятствует спеканию частиц материала и заполняет поры и второй путь это замедление процесса СВС, благодаря чему снижается скорость газообразования при выгорании углерода (сажи) при этом давление внутри пор не превышает предел прочности и не происходит растрескивание образцов. Возможно также совмещение этих двух путей при выборе соответствующей добавки, которая будет выступать в роли замедлителя реакции и одновременно образовывать жидкую фазу при температуре синтеза. В наибольшей степени таким условиям удовлетворяют глинистые минеральные добавки или же добавки реакционно-способного вещества.

Для проведения исследований были выбраны добавки кремнефтористого натрия и борной кислоты к количеству 5 %. Скорость СВС-синтеза измерялась по времени прохождения волны процессов по образцу от момента начала реакций до их завершения. Установлено, что время прохождения волны процессов при введении борной кислоты возросло и составило 59 с.

Растрескивания образцов при прохождении СВС в системе с добавкой борной кислоты и кремнефтористого натрия не происходит. Для оценки конечного эффекта от добавок были произведены измерения плотности и пористости образцов в сравнении с соответствующими показателями для образцов, не содержащих добавки. Так установлено что, кажущаяся плотность возрастает с 1383 до 1560 кг/м<sup>3</sup>, что свидетельствует об уплотнении образцов из-за образования жидкой фазы и заполнения пор, о чем говорит и снижение истинной пористости с 57 до 41,9 %. Истинная плотность увеличивается от 2695 до 3150 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, проведенные исследования показали, что добавка кремнефтористого натрия и борной кислоты оказывает благоприятное воздействие на синтезируемый методом СВС материал и изделия на его основе.

Синтезированные композиционные материалы могут применяться для производства тугоплавкой и огнеупорной керамики, теплоизоляционных изделий, а также иных изделий функциональной и технической керамики.