

**Термомеханические свойства
разработанных керамических материалов**

Материал	$T_{сп}$, °C	$T_{раб}$, °C	ϵ , μ^{-1}	ΔT , °C
Al_2O_3	1600	1700	0.011	100
$Al_2O_3 + 5\% TiMnO_3$	1250	1250	0.015	0
$Al_2O_3 + 1\% MnO$	1450	1450	0.014	0
$Al_2O_3 + 1\% TiO_2$	1400	1700	0.023	300

Из табл. 2 видно, что наиболее приемлемым материалом является $Al_2O_3 + 1\% TiO_2$.

**САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ
СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КОРУНДА И КАРБИДА КРЕМНИЯ**

К. Б. Подболотов, Е. С. Какошко

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель Е. М. Дятлова

Потребность в материалах, способных демонстрировать высокие эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях, с развитием техники и технологии неуклонно возрастает. В зависимости от предъявляемых требований такие материалы должны быть износостойкими, жаропрочными, химически инертными при контакте с агрессивными жидкостями и газами при высоких температурах и т. п. В наибольшей мере таким требованиям отвечают тугоплавкие соединения: карбиды, нитриды, бориды, силициды, оксиды, а также твердые сплавы и композиционные материалы на их основе [1], [2].

Получение тугоплавких соединений и изделий из них сопряжено со значительными материальными затратами. В основе традиционных технологий лежат процессы медленного протекания химических процессов при высоких температурах. Отличительной особенностью существующих способов является высокая энергоемкость производства, большая длительность, многооперационность и трудоемкость получения продукции.

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.

В современном толковании самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – это разновидность горения, в котором образуются ценные в практическом отношении твердые вещества (материалы). Процесс возможен в системах с различным агрегатным состоянием (смеси порошков, системы твердое – газ, твердое – жидкость и др.), имеет тепловую природу. Характерный признак – образование твердого продукта (полностью или преимущественно). Главное предназначение СВС – синтез веществ и материалов.

Сущность процессов СВС заключается в самопроизвольном распространении зоны химической реакции в средах, способных к выделению химической энергии с образованием ценных конденсированных продуктов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез сопровождается сильным саморазогревом продуктов (обычно на 1500–3500° 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. Скорости распространения волны обычно составляют 0,5–15 см/с. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез реализуется в порошковых смесях разнообразной химической природы.

Вследствие высокой производительности, простоты аппаратного оформления и возможности получения материалов и изделий с подчас уникальными свойствами процессы СВС все более привлекают внимание исследователей. Кроме того, метод СВС не требует высокотемпературного обжига изделий в печах, что позволит значительно снизить затраты на производство, сократить расходы энергоресурсов на производство и, следовательно, снизить себестоимость продукции. Отсутствие необходимости в высокотемпературных печах также приведет к снижению потребления импортных огнеупорных материалов и изделий.

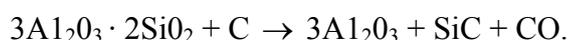
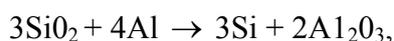
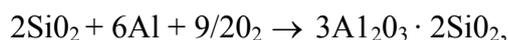
Освоение технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза позволило бы решить проблему обеспечения промышленности Беларуси некоторыми видами высококачественных огнеупорных и жаростойких материалов и изделий на их основе.

Материалы на основе карбида кремния представляют собой весьма перспективную группу огнеупоров [3]. Карбидкремниевые огнеупоры имеют сравнительно высокую электро- и теплопроводность, термостойкость и стойкость к абразивному воздействию. Они не смачиваются цветными металлами, обладают высокой механической прочностью в холодном и нагретом состоянии, стойкий в кислых шлаках. Это делает карбидкремниевые огнеупоры перспективными для получения различных композиционных материалов для металлургии, в том числе и методом СВС.

Важным практическим недостатком таких огнеупоров является высокая стоимость.

Методом СВС возможно получение композиционных материалов на основе карбида кремния по реакциям, протекающим в смесях оксида кремния, углерода и металлического алюминия [4].

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



Количественная степень протекания каждой из них определяется содержанием в шихте исходных компонентов, а также размером частиц и может быть определена только экспериментально.

Целью работы является установление закономерностей синтеза и технологических аспектов образования композитной керамики на основе оксида алюминия и карбида кремния путём СВС-синтеза в системе Al–SiO₂–C.

Прохождение волны СВС-синтеза в данной системе представлено на рисунке.



а)

б)

в)

Прохождение волны СВС-синтеза в системе Al–SiO₂–C:

а – начало СВС-процесса; б – распространения волны синтеза; в – остывание образцов

В качестве объекта исследования выбрана система Al–SiO₂–C. Исследуемые составы лежат в области, масс. %: алюминий (Al) 40–80, кремнезем (SiO₂) 60–30, сажа (C) 0–40.

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 вышеприведенной температуры печь. После прогрева образцов наблюдалось прохождение фронта синтеза, при этом образец раскалялся до ярко-белого цвета.

Водопоглощение полученных образцов составляет от 30 до 65 % в зависимости от состава, кажущаяся плотность 900–1300 кг/м³, пористость истинная 55–60 %, ТКЛР в интервале температур 20–1000 °С составляет (3,5–7,0) · 10⁻⁶ К⁻¹.

По данным рентгенофазового анализа основными фазами, образующимися в системе Al–SiO₂–C при прохождении СВС-синтеза, являются: корунд (α -Al₂O₃) и карбид кремния (SiC), также присутствуют сопутствующие фазы свободного кремния и кристобалита.

При отсутствии в системе углерода основными фазами становятся корунд (α -Al₂O₃) и свободный кремний, также идентифицируется фаза кристобалита, образующегося из непрореагировавшего кремнезема.

При проведении эксперимента установлено, что введение сажи в количестве более 20 % резко снижает механическую прочность образцов, экзотермический эффект реакции и степень кристаллизации фаз, что проявляется на данных рентгенофазового анализа.

Использование материалов, синтезированных в результате проведения СВС-процесса в системе Al–SiO₂–C, для производства различных изделий технической и функциональной керамики весьма перспективно.

Так, было проведено исследование применения синтезированного материала для производства огнеупорной керамики.

Материал, синтезированный в результате прохождения СВС-процесса, измельчался до полного прохождения через сито 05 в ступке. Прессование опытных образцов осуществлялось при давлении 50–60 МПа с применением в качестве связки раствора ПВС. Спекание осуществлялось в электрической печи при температуре 1200–1300 °С в течении 1–2 часов.

В результате получены изделия, имеющие водопоглощение 13–16 %, кажущаяся плотность 2100–2300 кг/м³. Механическая прочность на сжатие составила 50–70 МПа, термический коэффициент линейного расширения (ТКЛР) в интервале температур 50–800 °С стабилен и составляет $(4,9–5,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Открытая пористость 30–40 %, образцы обладают проницаемой пористостью.

В результате проведенных исследований выявлена высокая эффективность применения СВС-синтеза при получении композиционных материалов на основе корунда и карбида кремния. Синтезированные материалы могут применяться для производства высокотемпературной фильтрующей керамики, теплоизоляционных изделий, а также иных изделий функциональной и технической керамики.

Применение СВС-синтеза позволяет решить проблему, связанную с обеспечением Республики Беларусь качественными огнеупорными, теплоизоляционными и фильтрующими керамическими материалами и изделиями. При этом экономические затраты при проведении СВС-синтеза материалов минимальны.

Литература

1. Мержанов, А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений / А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская // Доклады АН СССР, 1972. – № 2 (204). – С. 366–369.
2. Мержанов, А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез / А. Г. Мержанов // Физическая химия. Современные проблемы. – Москва : Химия, 1983.
3. Карбидкремниевые материалы. – Москва : Металлургия, 1987.
4. Бойко, Т. А. Влияние добавок на свойства СВС-огнеупоров на основе карбида кремния / Т. А. Бойко, А. Б. Иванов, З. В. Третьякова // Огнеупоры и техническая керамика. – 1997. – № 1. – С. 17–18.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНОГО ШПОНА И ПОЛИОЛЕФИНОВ

Л. А. Попова, О. М. Самокар, П. О. Максимов

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет», г. Минск*

Научный руководитель А. В. Яценко

В настоящее время создание различных конструкционных материалов с улучшенными свойствами является важной технологической задачей. Одним из наиболее перспективных видов конструкционных материалов являются композиты на основе древесины. Они обладают достаточной твердостью, прочностью и могут быть использованы как конструкционные материалы в машиностроении. При этом возможно получение материалов, по своим свойствам значительно превышающим свойства древесины, что является неоспоримым преимуществом создаваемых композиций. В данной статье рассматривается возможность создания таких материалов с повышенными механическими свойствами с использованием полимеров в качестве связующего.