

брать состав и режим обжига для получения материала с наименьшей плотностью и с однородной пористой структурой.

Для проведенных исследований нами был выбран смешанный стеклобой тарного и оконного стекла, размолотый до удельной поверхности 150–200 м<sup>2</sup>/кг. Было выбрано четыре экспериментальных состава, в которых варьировалось соотношение компонентов. В трех составах менялся процент жидкого стекла от 17,8 до 22,3 % мас. В одном в качестве газообразователя использовался глицерин в количестве 1,5%. Содержание воды в использованном жидком стекле составляло 55%, силикатный модуль равен трем.

Компоненты смеси тщательно перемешивались в быстроходном смесителе, затем из нее формовались образцы в виде цилиндров в пресс-форме с диаметром 11,8 мм при удельном

давлении 3,5 МПа. Далее образцы сушились до абсолютной влажности <2 % мас. и подвергались термической обработке при температуре 850 °С.

В результате проведенных исследований состав с глицерином показал себя неудовлетворительно – давал плотноспеченную гранулу с небольшими пористыми областями, в дальнейших исследованиях глицерин не использовался. Оптимальным был выбран состав с 20% содержанием жидкого стекла. На следующем этапе исследовали влияние времени выдержки на макроструктуру. Наилучшие результаты достигнуты нами при выдержке 30 минут, плотность гранул составила 200–250 кг/м<sup>3</sup>.

На основе проведенных исследований подобран состав для получения пеностеклового гранулята и выбран температурный режим обжига.

### Список литературы

1. *Китайгородский И.И., Кешинян Т.Н. Пено-стекло. Промстройиздат, 1953.– С.10–12.*
2. *Казьмина О.В. Основы технологии пено-стеклокристаллических материалов из*

*кремнеземистого сырья при температурах 800–900 °С // Техника и технология силикатов, 2010.– №2.*

## ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

И.А. Бардовский, А.О. Абрамов

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Дитц

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aoa4@tpu.ru*

В настоящее время керамические материалы на основе нитрида кремния получают широкое распространение в аэрокосмической, металлургической, химической, электронной и других областях промышленности благодаря сочетанию целого ряда свойств: повышенная механическая прочность и трещиностойкость, высокая износостойкость, химическая инертность и стойкость к окислению, высокая рабочая температурная (до 1700 °С), низкий коэффициент термического расширения [1]. Но высокие эксплуатационные свойства керамики на основе нитрида кремния достигаются только в плотноспеченном материале. В связи с этим перспективным способом получения керамики на основе Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> является метод искрового плазменного спекания (SPS), основанный на совместном воздействии на порошковый материал импульсного постоянного

тока и механического давления [2].

В работе применялся микропорошок нитрида кремния с долей α-фазы не менее 93%. Для интенсификации процесса спекания были подобраны активирующие добавки, обеспечивающие в сочетании с кремнеземом образование жидкой фазы и, как следствие, протекание процесса растворения-осаждения нитрида при спекании. В таблице 1 представлены составы приготовленных порошковых смесей. Подсчет количества вводимой добавки основывался на диаграммах состояния систем «добавка-SiO<sub>2</sub>», а именно подбиралось эвтектическое соотношение компонентов с учетом, что весь кислород в порошке нитрида кремния связан в SiO<sub>2</sub>. Порошки смешивались в планетарной мельнице в течение 5 минут в среде изопропилового спирта с последующим выпариванием растворителя.

Таблица 1. Составы смесей

№ состава	Содержание компонента, % масс.				
	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	AlN	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	100	–	–	–	–
2	97,54	2,46	–	–	–
3	99,07	–	0,93	–	–
4	86,19	5,19	–	8,62	–
5	92,04	5,54	–	–	2,42

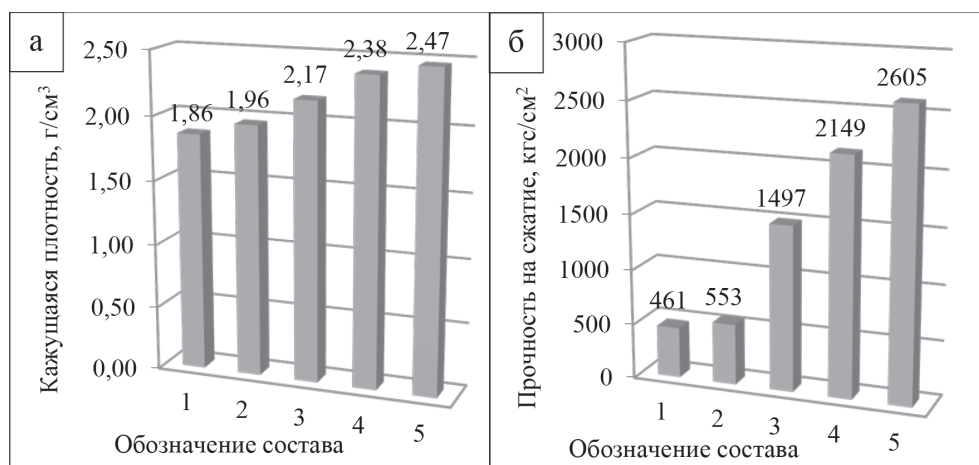


Рис. 1. Влияние состава смеси характеристики образцов:  
а – кажущаяся плотность; б – прочность на сжатие

Образцы всех составов спекались в графитовых формах по одинаковому режиму: максимальная температура – 1500 °С, выдержка – 15 минут, давление – 60 МПа, скорость нагрева – 200 °С/мин. В ходе обжига образца состава 1, не содержащего активирующих добавок, не наблюдалась его усадка, что может свидетельствовать об отсутствии спекания. Усадка в образцах 2–5, вероятно, связана с образованием жидкой фазы, через которую и протекали процессы растворения-осаждения нитрида с возможным полиморфным превращением  $\alpha$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> →  $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>.

Для оценки процесса спекания определялись такие характеристики образцов, как кажущаяся плотность и предел прочности на сжатие.

### Список литературы

1. Красильников В.В. // *Стекло и керамика*, 2014.– №1.– С.17–19.
2. Федосова Н.А. // *Стекло и керамика*, 2014.– №4.– С.27–31.
3. Лысенков А.С. *Диссертация на соискание*

Результаты представлены на рисунке 1.

Наибольшая величина плотности и прочности установлена для образцов составов 4 и 5. Вероятно, столь значительное повышение характеристик спеченного материала связано с наличием в составе алюминия. Это делает возможным образование сложной фазы сиалона, которая формируется путем одновременной равнозначной замены Si–N на Al–O и наиболее часто описывается формулой Si<sub>6-z</sub>Al<sub>z</sub>O<sub>z</sub>N<sub>8-z</sub>. Установлено [3], что образование сиалоновых фаз в процессе спекания способствует уплотнению материалов на основе нитрида кремния, равномерно распределяясь в межзеренном пространстве.

ученой степени кандидата технических наук Москва: Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, 2014.– 139с.