

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
SiC КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю.Р. Мингазова, Е.П. Седанова

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Д.А. Седнев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: yula.mingazova@mail.ru

RESEARCH OF PROPERTIES OF MATERIALS BASED ON SiC STRUCTURAL PURPOSE

Yu.R. Mingazova, E.P. Sedanova

Scientific Supervisor: Assoc. Prof. SNSE, Cand. Sci. D.A. Sednev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: yula.mingazova@mail.ru

Abstract. *This research is devoted to the study of the properties of ceramic materials synthesized by the method of spark plasma sintering. As a feedstock for sintering the samples were made from preceramic paper based on silicon carbide. The properties of these samples were examined by hydrostatic weighing and scanning electron microscopy.*

Введение. Интерес к керамике на основе карбида кремния (SiC) обусловлен уникальным сочетанием физико-химических свойств этого материала, среди которых высокая твердость и механическая прочность при высоких температурах, высокая теплопроводность и низкий температурный коэффициент линейного расширения, износостойкость и сопротивление воздействию агрессивных сред. Изделия из карбидокремниевой керамики находят широкое применение в оборудовании для нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, в металлургической и химической, в автомобильной и авиакосмической промышленности, а также в атомной отрасли [1].

Одной из задач современного материаловедения является поиск новых путей получения керамики на основе SiC, обладающей особыми свойствами, определенное сочетание которых в одном материале формирует керамику нового поколения. Перспективно применение технологии искрового плазменного спекания инновационной прекерамической бумаги [2-4]. Прекерамическая бумага [5] - композиционный материал, представляющий собой матрицу из органических волокон целлюлозы и неорганического порошкового наполнителя. Предполагается, что использование прекерамических бумаг при высокотемпературном спекании позволит получать материалы заданной формы и геометрии, а их физико-химические свойства возможно регулировать выбором материала наполнителя.

Целью данной работы являлся синтез низкопористых керамических материалов на основе карбида кремния путем искрового плазменного спекания прекерамических бумаг.

Материалы и методы. Для проведения искрового плазменного спекания были использованы образцы прекерамической бумаги с порошковым наполнителем карбида кремния. Данные образцы были выполнены в виде 12 дисков бумаги диаметром 20 мм, уложенных послойно в стопку. Диски были получены путем механической обработки полотна бумаги.

Спекание было проведено на установке для спекания в искровой плазме для технологии «FAST» типа HP D/HP D. Образец из 12 слоёв прекерамической бумаги помещается между двумя пуансонами в графитовую оснастку. Спекание осуществляется в среде вакуума. Режимы спекания образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Режимы проведения ИПС образцов прекерамической бумаги с наполнителем SiC

Давление, МПа	Температура спекания, °С	Время выдержки, мин
20 МПа	2100	10
100 МПа	2100	
20 МПа	1800	

Полученные образцы представляли собой плотные монолитные диски диаметром 20 мм. Перед тем как образцы передали на дальнейшее исследование, они подверглись механической обработке поверхности с помощью наждачной бумаги с целью удаления оболочки из графитовой бумаги, образованной при процессе спекания.

Непосредственно после обработки поверхностей образцов, была определена плотность синтезированных материалов методом гидростатического взвешивания. В качестве жидкости использовался ацетон с плотностью $0,784 \text{ г/см}^3$ при 20°C .

Микроструктура поверхностей полученных образцов была изучена при помощи метода сканирующей электронной микроскопии (SEM). В данной работе микроструктура таблеток SiC, спеченных методом искрового плазменного спекания, была исследована с использованием микроскопа Vega 3.

Результаты. Анализ измерения микроструктуры (рисунок 1) образцов SiC методом электронной растровой микроскопии показал, что с увеличением температуры спекания с 1800°C до 2100°C и давления в диапазоне от 20 МПа до 100 МПа микроструктура материала становится более плотной. Также следует отметить, что температура 1800°C недостаточна для синтеза керамики SiC, поскольку частицы порошка практически не связаны друг с другом. Кроме того, при низком давлении можно наблюдать удлиненные поры, образованные в результате разложения целлюлозных волокон.

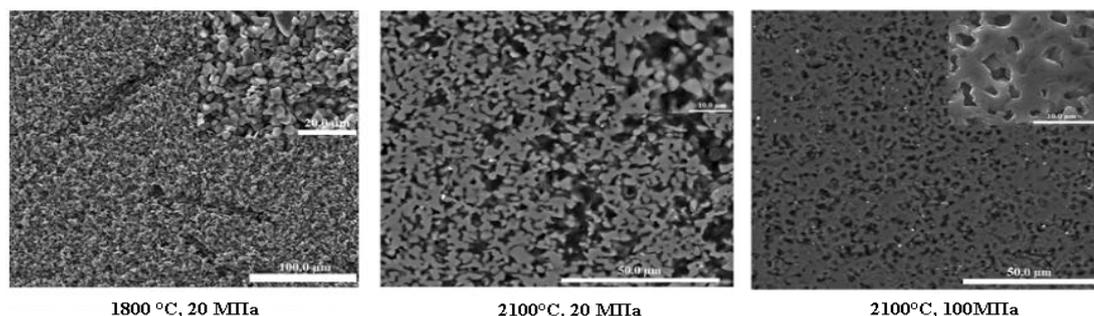


Рис. 1. SEM-изображения поверхности спеченных керамических материалов на основе SiC

Анализ измерения микроструктуры образцов SiC методом электронной растровой микроскопии показал, что с увеличением температуры спекания с 1800°C до 2100°C и давления в диапазоне от 20 МПа до 100 МПа микроструктура материала становится более плотной. Также следует отметить, что температура 1800°C недостаточна для синтеза керамики SiC, поскольку частицы порошка практически

не связаны друг с другом. Кроме того, при низком давлении можно наблюдать удлиненные поры, образованное в результате разложения целлюлозных волокон.

В результате гидростатического взвешивания образцов материалов, была определена их плотность. Данные гидростатического взвешивания исследуемых образцов и результаты расчета их плотности приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты гидростатического взвешивания образцов материалов

Шифр образца	Открытая пористость, %	Плотность образца, г/см ³
20 МПа, 2100 °С	62,8	2,087
100 МПа, 2100 °С	13,4	2,749

Заключение. В результате проведенных исследований были синтезированы образцы керамики SiC путем искрового плазменного спекания в вакууме прекерамических бумаг с порошковым наполнителем SiC при температурах 1800°C и 2100°C при давлении 20 МПа и 100 МПа в течение 10 минут. Исследование данных образцов методом электронной микроскопии и гидростатического взвешивания показали, что увеличение давления, прикладываемого к исходному материалу при спекании от 20 МПа до 100 МПа, приводит к уплотнению микроструктуры и увеличению плотности полученных образцов от 2,087 г/см³ до 2,749 г/см³, соответственно. А искровое плазменное спекание обеспечивает полное разложение волокон целлюлозы в бумаге при режиме спекания 100 МПа и 2100°C.

В дальнейшем в рамках научной деятельности планируется сформулировать методику синтеза низкопористой керамики путем искрового плазменного спекания прекерамических бумаг с порошковым наполнителем SiC.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Житнюк С.В. Влияние спекающих добавок на свойства керамики на основе карбида кремния // Труды ВИАМ. – 2019. – №. 3.
2. Tokita M. Development of large-size ceramic/metal bulk FGM fabricated by spark plasma sintering // Materials science forum. – Trans Tech Publications Ltd, 1999. – V. 308. – P. 83-88.
3. Munir Z.A., Quach D.V., Ohyanagi M. Electric current activation of sintering: a review of the pulsed electric current sintering process // Journal of the American Ceramic Society. – 2011. – V. 94., №. 1. – P. 1-19.
4. Sedanov E.P. et al. Ultrasonic tomography of SiC-based materials synthesized by spark plasma sintering of preceramic paper // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – V. 1327., №. 1. – P. 012043.
5. Travitzky N. et al. Preceramic Paper Derived Ceramics // Journal of the American Ceramic Society. – 2008. – V. 91., №. 11. – P. 3477-3492.