

УДК 111.11.11

В. В. Капустин, А. А. Сергеева, П. П. Файков, Е. В. Жариков

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, 125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

e-mail: vit4022@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ, АРМИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Аннотация

В статье представлены результаты исследования процесса получения композиционного материала на основе карбида кремния, армированного углеродными нанотрубками методом импульсного плазменного спекания под давлением. Получен чистый карбид кремния с содержанием УНТ в диапазоне 6-9% об. Кроме этого, спекли образцы с введением 1% по объему шпинели $MgAlO_4$ для значительного снижения температурного режима.

Ключевые слова: карбид кремния, углеродные нанотрубки, импульсное плазменное спекание.

Керамические материалы широко используются для изготовления деталей конструкционного назначения. Однако, вследствие чрезвычайной хрупкости керамических материалов, по сравнению, например, с металлами, керамика ограничена в применении по множеству направлений. Для преодоления этого недостатка используется введение в материал армирующих элементов.

Карбид кремния обладает высокой термической, химической и радиационной стойкостью, выделяется своей устойчивостью к окислению среди многих сплавов и химических соединений. Он не реагирует с минеральными кислотами любых концентраций, включая и плавиковую кислоту.

Среди используемых армирующих материалов углеродные нанотрубки резко выделяются

превосходными механическими свойствами, которые способны улучшить характеристики поликристаллической керамической матрицы, например, такие как твердость, прочность, модуль Юнга, ударная вязкость, износостойкость [1, 2, 3].

Технология импульсного плазменного спекания (ИПС) относится к новым технологиям консолидации порошковых материалов. Основная идея ИПС состоит в нагреве порошкового материала путем пропускания импульсного тока с одновременным приложением давления. Импульсное плазменное спекание позволяет осуществлять спекание в широком интервале скоростей нагрева и в частности, обеспечить высокоскоростной нагрев (до 10^3 °C/мин), что имеет принципиальное значение для создания наноматериалов [4].

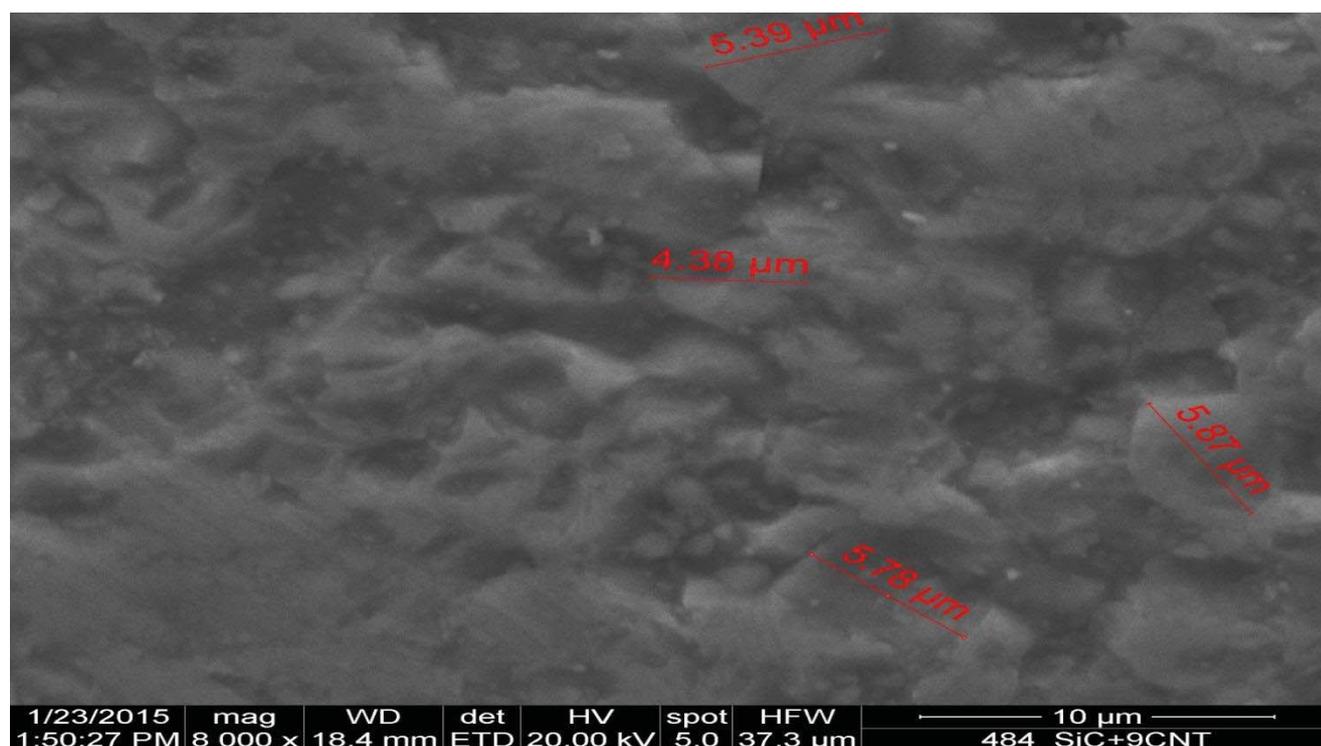


Рис. 1. Фотография структуры композита

В качестве исходного вещества использовался мелкодисперсный порошок SiC квалификации ОСЧ, который перед началом процесса армирования был помещен в вибрационную мельницу для достижения необходимого размера зерен 0,5–1 мкм. Измельченный порошок протравливали в HF для удаления намота от мелящих тел и примеси SiO₂ вследствие окисления карбида кремния. Затем была приготовлена серия образцов с различным содержанием УНТ от 6 до 9% об. Спекание

проводилось методом импульсного плазменного спекания при температуре в диапазоне 1700–2200 °С со скоростью нагрева 450 °С/мин. Средний размер зерен после процесса спекания составил 5,35 мкм (рис. 1). Основная фаза – политип карбида кремния с гексагональной элементарной ячейкой 6H, помимо основной фазы присутствуют политип карбида кремния с ромбоэдрической элементарной ячейкой 15R и следы углерода (рис. 2).

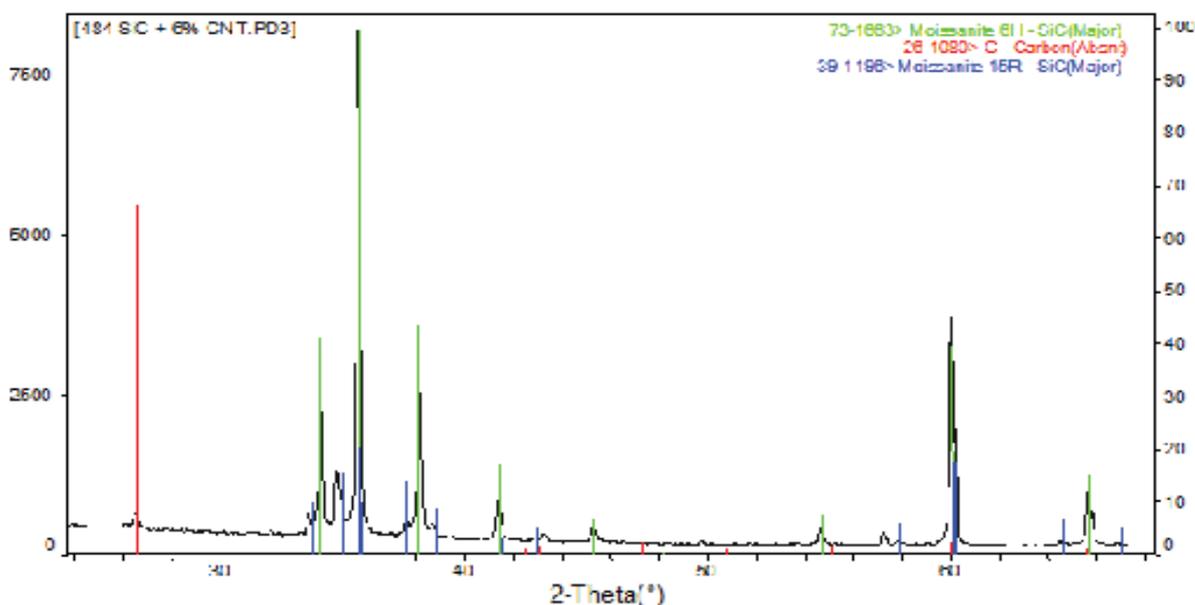


Рис. 2. Дифрактограмма образца SiC + 6% УНТ

Измерение микротвердости композита производилось на приборе Micromet 5114 методом вдавливания пирамиды Виккерса в предварительно подготовленный шлиф образца (рис. 3).

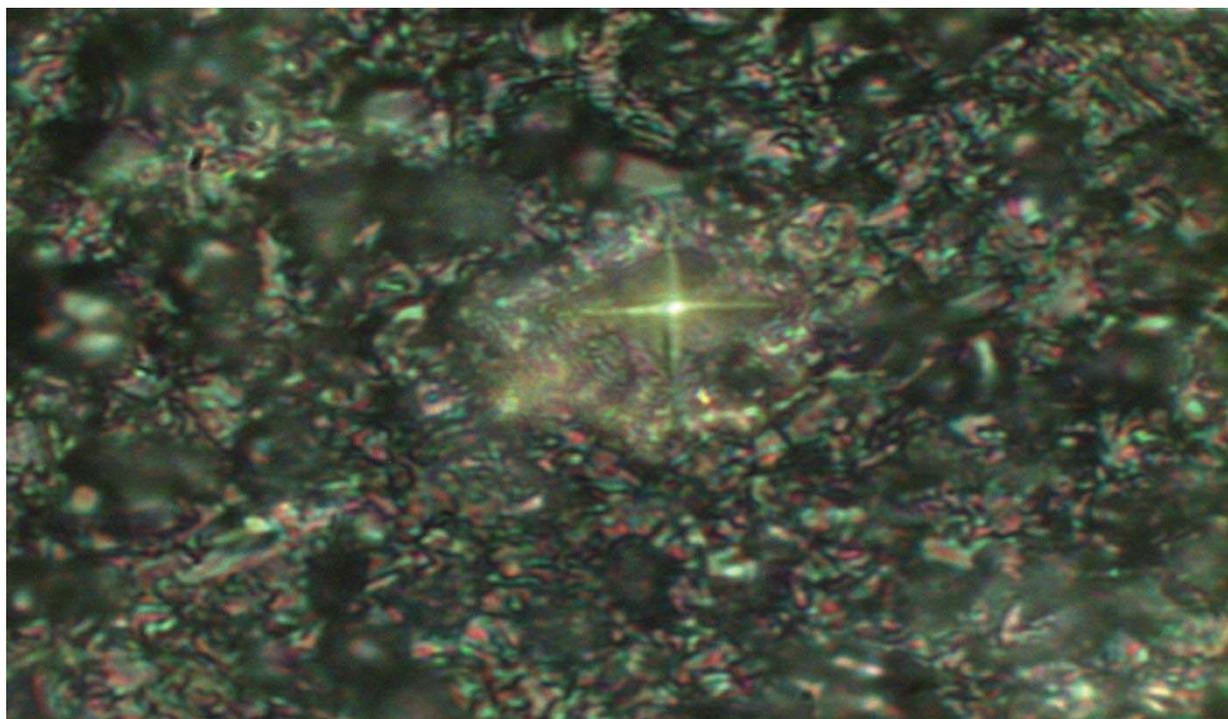


Рис. 3. Фотография отпечатка пирамиды Виккерса на поверхности образца

Определение средней микротвердости образца проводилось при нагрузках в диапазоне 200-300 г. Время нагрузки во всех испытаниях равнялось 15 секундам (5 секунд-нагрузка, 10 секунд-выдержка

под нагрузкой). Среднее значение микротвердости для 95% доверительной вероятности составляет 28,3 ГПа (табл. 1).

Таблица 1. Значения микротвердости образца

Образец	Нагрузка, гс	Микротвердость, ГПа
SiC+9%CNT №484	300	18,2
	300	30,3
	200	33,9
	200	26,3
	200	32,8

Измерены гидростатическая и пикнометрическая плотности образца (табл. 2).

Таблица 2. Физические параметры образца

Метод измерений	Плотность образца, г/см ³
Метод гидростатического взвешивания	3,082
Пикнометрический метод	3,11

Полученный в результате эксперимента материал может использоваться для изготовления конструкций в различных областях техники, в том числе в качестве конструкционного материала в авиационном, космическом и автомобилестроении. Работа выполнена в рамках гранта РНФ 14-19-00522.

Капустин Виталий Викторович аспирант РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Сергеева Анна Андреевна студент РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Файков Павел Петрович к.т.н., доцент кафедры химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Жариков Евгений Васильевич д.т.н., профессор кафедры химии и технологии кристаллов РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва

Литература

1. Елецкий, А. В. Углеродные нанотрубки / А. В. Елецкий // Успехи физических наук. – 1997.- Т 167, № 9 – С. 945 – 972.
2. Э.Г. Раков. Нанотрубки и фуллерены, Учебное пособие, Российский химико - технологический университет им. Д.И.Менделеева.
3. Ю.В.Соколов, Л.А.Битюцкая, В.Т.Перцев, Н.С.Гончарова. Применение фуллеренов и углеродных нанотрубок для создания композиционных материалов 2009.
4. Болдин М.С. Физические основы технологии электроимпульсного плазменного спекания: электрон. метод. пособие / Нижегород. гос. ун-т. Нижний Новгород, 2012 – 59 с.

Kapustin Vitaly Victorovich, Sergeeva Anna Andreevna, Faikov Pavel Petrovich, Zharikov Evgeny Vasilevich

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

e-mail: vit4022@gmail.com

INVESTIGATION OF SINTERING PROCESS COMPOSITE MATERIAL, BASED ON SiC, REINFORCED BY CARBONE NANOTUBES

Abstract

The article presents the results of a study of a composite material based on silicon carbide reinforced with carbon nanotubes by pulsed plasma sintering under pressure. Get pure silicon carbide with the content of CNTs in the range of 6-9%. Additionally, with the introduction of sintered samples of 1% by volume spinel MgAlO₄ to substantially reduce temperature.

Key words: silicon carbide, carbon nanotubes, Spark Plasma Sintering