

но перспективний гібридний полімер-керамічний матеріал на основі фосфату кальцію, вивчено механізм його структурування

Ключові слова: гібридний композит, полімер-керамічний матеріал, структурування, фосфат кальцію, сополімер.

In the article all areas of the use and mechanisms of structurization of composition materials for medical-technical use and its defects were analyzed. A perspective hybrid polymer-ceramic material on the basis of calcium phosphate was elaborated, the mechanism its structurization was learned.

Keywords: hybrid composite, polymer-ceramic material, structurization, calcium phosphate, copolymer.

УДК 621.762

Д.А. СТРАТИЙЧУК, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев,

В.З. ТУРКЕВИЧ, д-р хим. наук, проф., ИСМ НАНУ, Киев,

Т.В. КОЛАБЫЛИНА, асп., ИСМ НАНУ, Киев,

А.С. ОСИПОВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев,

Т.И. СМИРНОВА, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИТОВ В СИСТЕМЕ $C_{алм.} - Ti - Si$

Представленная работа посвящена изучению фазового взаимодействия в тройной системе $C_{алм.} - Ti - Si$ с целью определения оптимальных условий формирования высокопрочных алмазо-содержащих композитов. Используя высокие статические давления (7,7 ГПа), было показано, что начиная с 1500 °С связующий компонент – Ti_3SiC_2 – распадается с образованием мелкозернистого TiC и фазы высокого давления $\beta-SiC$. Полученный композит на основе $C_{алм.}$ характеризуется высокими физико-механическими характеристиками и может быть использован при камнеобработке.

Ключевые слова: высокие давления, сверхтвёрдая керамика, алмаз, двойные карбиды.

В 80-годах прошлого столетия широкое распространение получили термостойкие композиты, получаемые путём пропитки или спекания синтетических алмазных микропорошков с кремнием [1].

Данные композиты были получены путём жидкофазного спекания в условиях высоких давлений (5,0 – 8,0 ГПа) и температур 1700 – 2100 К [2]. Среди материалов с похожими физико-механическими свойствами, но полученными путём твёрдофазного спекания, следует выделить материалы систем $C_{алм.} - Ti_3SiC_2$ и $C_{алм.} - Cr_2AlC$ (20 масс. %) [3, 4].

© Д.А. Стратийчук, В.З. Туркевич, Т.В. Колабылина, А.С. Осипов, Т.И. Смирнова, 2013

Структура данных композитов характеризуется наличием алмазного каркаса с прочными межзёренными границами.

Многие работы в данном направлении указывают на перспективность создания термостойких алмазосодержащих композитов в этих тройных системах.

В представленной работе было изучено формирование высокопрочного композита в системе $C_{алм.} - Ti - Si$ в условиях высоких давлений и температур. Источником углерода и основой будущего композита в данной системе была выбрана полидисперсная смесь алмазных микропорошков.

Одна её часть (30 об. %) состояла из высококачественного алмазного микропорошка Якутского месторождения с размером частиц от 7 до 10 мкм, а другая – из синтетического микропорошка, полученного традиционным спонтанным синтезом, с размером частиц от 40 до 60 мкм. В качестве связующей фазы для образования прочных межчастичных контактов был выбран микропорошок двойного карбида титана/кремния – МАХ-фаза Ti_3SiC_2 с размером частиц менее 10 мкм.

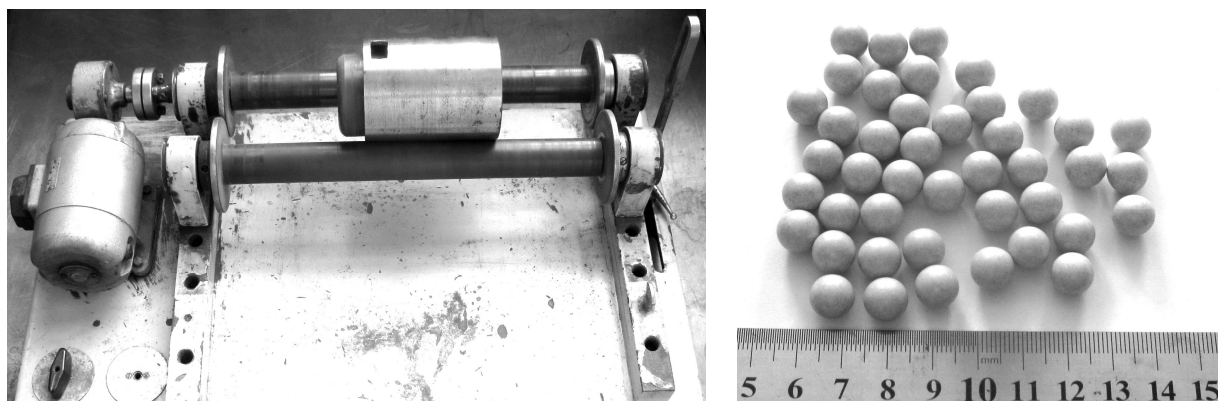


Рис. 1 – Внешний вид шарового смесителя и керамических шаров из Si_3N_4

Однородные смеси алмазных микропорошков и микропорошков Ti_3SiC_2 (от 3 до 10 масс. %) приготавливали в 2 этапа. На первом этапе микропорошки несколько раз протирались через медные сита для более гомогенного распределения всех компонентов во всём объёме смеси. Затем полученная смесь загружалась в цилиндрический шаровой смеситель (рис. 1) и подвергалась гомогенизации в среде безводного ацетона на протяжении 24 ч. Рабочими телами служили керамические шары из Si_3N_4 (диаметр 0,5 – 1 см), а смешивание происходило в тефлоновом барабане при постоянной скорости вращения 2 об/с. В дальнейшем полученная смесь извлекалась из барабана, а ацетон отгонялся путём нагревания в открытых условиях.

Эксперименты по формированию высокопрочных композитов проводили в аппарате высокого давления типа тороид-30, который предварительно был проградуирован по давлению и температуре. Непосредственного контроля температуры и давления в процессе спекания не проводилось.

Экспериментальным путём было установлено, что наиболее оптимальными условиями для получения данных композитов является давление 7,7 ГПа, температура 2100 К и продолжительность термобарического воздействия 90 с. После проведения экспериментов были получены хорошо сформированные цилиндрические образцы высотой 4 мм и диаметром 9,5 мм.

С помощью рентгенофазового анализа было установлено, что после спекания в условиях высоких давлений и температур композит состоит из $S_{алм.}$, нестехиометрического карбида титана ($Ti_{1-x}C_x$) и фазы высокого давления β -SiC.

Также было зафиксировано небольшое количество графита, который образовался в межчастичном пространстве (порах) и является следствием частичной графитизации алмаза; данный процесс всегда имеет место при твёрдофазных спеканиях.

Дальнейшее изучение композита методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) (рис. 2) показало однородность микроструктуры.

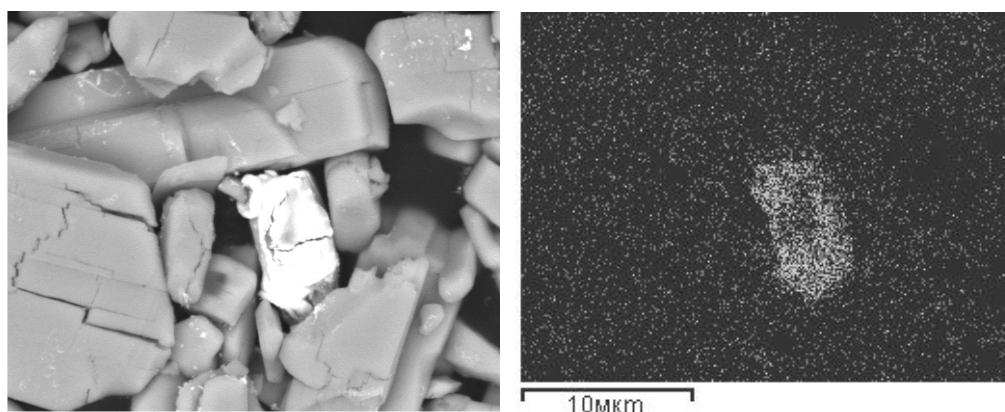


Рис. 2 – SEM-изображение композита и общий вид в характеристическом излучении кремния

Детально анализируя межчастичные контакты, были подтверждены данные рентгенофазового анализа о распаде исходной фазы Ti_3SiC_2 с последующим взаимодействием продуктов распада с алмазными зёрнами.

Таким образом, удалось достичь формирования прочных связей алмаз-связка-алмаз и получить высокопрочный композит.

Следует отметить, что в представленном методе получения имеют место (мультиплицируются) одновременно несколько подходов, приводящих к упрочнению керамического материала.

Во-первых, это использование крупной фракции (60/40 мкм) алмазного микропорошка, который, как известно, в условиях статического сжатия самоиндентируется и формирует систему полидисперсных зёрен со свежими (ювенильными) поверхностями. При этом также значительно уменьшается доля крупной фракции.

Во-вторых, во время термического воздействия за счёт химического распада двойного карбида Ti_3SiC_2 удаётся получить мелкодисперсные фазы карбида титана и β -SiC, сформировав тем самым прочные связи $C_{алм.}$ -связка- $C_{алм.}$. Некоторые характеристики полученного материала приведены в таблице.

Для определения функциональных параметров полученных композитов путём алмазной шлифовки были изготовлены режущие пластины диаметром 9,52 мм и высотой 3,18 мм.

Испытания проводили при непрерывном точении заготовки из твёрдого сплава ВК6. При скорости резания 17 м/мин и глубине резания 0,2 мм (подача 0,1 мм/об) самые лучшие результаты показали пластины, в которых массовая доля двойного карбида Ti_3SiC_2 в исходной смеси составляла 10 %. Такой композит может быть рекомендован для применения в качестве режущих вставок для обработки твёрдосплавных валков.

Таблица – Некоторые физические характеристики композита, полученного при 8,0 ГПа и 2100 К

HV10, ГПа	51,2
K_{1C} , МПа · м ^{1/2}	7,1
Плотность, г/см ³	3,1
Модуль Юнга, ГПа	920,7
Термостойкость, °С	~ 1200
Средний размер частиц, мкм	20

В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы: спекание в системе $C_{алм.}$ – Ti_3SiC_2 в условиях высоких давлений и температур приводит к формированию полидисперсного состояния алмазных частиц, а термохимический распад Ti_3SiC_2 приводит к формированию мелкодисперсных карбидов титана и кремния.

Данные карбиды в виду своей высокой реакционной активности в момент диссоциации образуют прочные границы алмаз-связка-алмаз. В дальнейшем планируется разработка технологий получения подобных материалов для применения в буровых инструментах.

Список литературы: 1. Zhao J. Enhancement of fracture toughness in nanostructured diamond-SiC composites / [J. Zhao, L. Qian, C. Daemen et al.] // Appl. Phys. Lett. – 2004. – № 84 (8). – P. 1356 – 1361. 2. Mlungwane K. The development of a diamond-silicon carbide composite material / K. Mlungwane, I.J. Sigalas, M. Hermann // Industrial diamond Review. – 2005. – № 4. – P. 62 – 65. 3. Sambasivan S. Phase relationships in the Ti-Si-C system at high pressures / S. Sambasivan, W.T. Petuskey // J. Mater. Res. – 1992. – Vol. 7, № 6. – P. 1473 – 1479. 4. Wang Haikuo Nanostructured diamond-TiC composites with high fracture toughness / [Haikuo Wang, Duanwei He, Chao Xu et al.] // J. of Appl. Physics. – 2013. – Vol. 113, Iss. 4. – P. 043505 (1) – 043505 (4). – Режим доступа к журн.: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4789004>.

Поступила в редколлегию 02.08.13

УДК 621.762

Получение мелкодисперсных композитов в системе $C_{алм.} - Ti - Si$ / [Д.А. СТРАТИЙЧУК, В.З. ТУРКЕВИЧ, Т.В. КОЛАБЫЛИНА и др.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 57 (1030). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 70 – 74. – Бібліогр.: 4 назв.

Представлена робота присвячена дослідженню фазової взаємодії в потрійній системі $C_{алм.} - Ti - Si$ з метою виявлення оптимальних умов формування високоміцних алмазовмісних композитів. Використовуючи високі статичні тиски (7,7 ГПа), було показано, що починаючи з 1500 °C зв'язуючий компонент – Ti_3SiC_2 – розкладається з утворенням дрібнозернистого TiC та фази високого тиску β -SiC. Отриманий композит на основі $C_{алм.}$ характеризується високими фізико-механічними характеристиками та може бути використаний при каменеобробці.

Ключові слова: високі тиски, надтверда кераміка, алмаз, подвійні карбіди.

This work is devoted to the study of phase interaction in the ternary $C_{diamond.} - Ti - Si$ system and was conducted to determine the optimum conditions for the formation of high-strength diamond-containing composites. By using high static pressure (7.7 GPa), it was shown that starting from 1500 °C the binder component Ti_3SiC_2 decomposes to form the fine dispersed TiC and high-pressure β -SiC phases. Obtained diamond based composite is characterized by high physic and mechanical characteristics and can be used for stone processing.

Keywords: high pressure, superhard ceramic, diamond, binary carbides.