

УДК 666.3:539.5

**Т.А. Прихна**, член-корр., **Т.Б. Сербенюк**, **И.П. Фесенко**, д-р техн. наук

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### **ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КЕРАМИКИ AlN–SiC, ПОЛУЧЕННОЙ СВОБОДНЫМ СПЕКАНИЕМ**

*The AlN based composites containing SiC particles of different mean grain size have been obtained by the pressureless sintering. The ceramic material of the composite samples are characterized by thermal conductivity of 37–82 W/(m·K). The AlN–SiC composite containing the coarser SiC particles showed the highest value of thermal conductivity being promising as a cutting tool material.*

#### **Введение**

В целях повышения механических и теплофизических свойств в состав керамики из AlN вводят включения SiC, обладающие высокой твердостью и теплопроводностью. Из литературы известно об исследовании композиционных материалов AlN–SiC, полученных методом горячего прессования [1–3]. Композиты, содержащие зерна SiC размером 1–3 мкм, получены спеканием при атмосферном давлении, т. е. свободным спеканием, при температуре 1870 °С с использованием смеси оксидов Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2 % по массе) как активирующей добавки [4]. Однако в литературе [1–4] отсутствуют данные по теплопроводности полученных материалов, что имеет значение в случае применения керамики системы AlN–SiC в качестве режущего инструмента. Цель данной работы состояла в получении свободным спеканием композиционного материала AlN–SiC с использованием частиц карбида кремния различного среднего размера и измерении теплофизических свойств керамического композиционного материала.

#### **Методика эксперимента**

В работе использовали порошок AlN (ДЗХР), содержащий: Al (65,1 %), N (33,3 %), O (0,5 %), C (0,73 %), Fe (0,02 %), Si (0,006 %), Ni (0,03 %) (по массе). Для активации спекания порошка AlN использовали оксид иттрия. Образцы композитов изготавливали с применением порошков SiC (ЗАК, Украина) различной дисперсности. Для приготовления порошковых систем использовали планетарный активатор МПФ-1 (Гефест, Россия). Полученные холодным прессованием порошковые компакты спекали в печи СШВ 1,25/25-11 в азоте под давлением 0,12 МПа при 1800 °С, выдержка 60 мин. Анализ микроструктуры образцов композитов проводили на микроскопе TESLA BS340 с использованием программы анализа микроструктуры System Energy Analysis V3. Теплопроводность образцов керамических композитов измеряли с помощью прибора ИТЗ-МХТИ (Новомосковск, Россия) на образцах размером 15×15×1 мм, ошибка измерения составляла 5 %.

#### **Результаты и их обсуждение**

Результаты анализа микроструктуры полученных гетерофазных материалов свидетельствуют, что включения SiC равномерно распределены в матричной фазе AlN (рис. 1, а). Размер зерен матричной фазы AlN – 2–3 мкм. После анализа полученных изображений в характеристическом рентгеновском излучении кремния были получены данные про средний размер зерен карбида кремния в полученных композитах. Для примера на рис. 1, б приведена гистограмма распределения зерен по размерам в образце с наиболее крупными включениями зерен SiC (средний размер – 6,7 мкм).

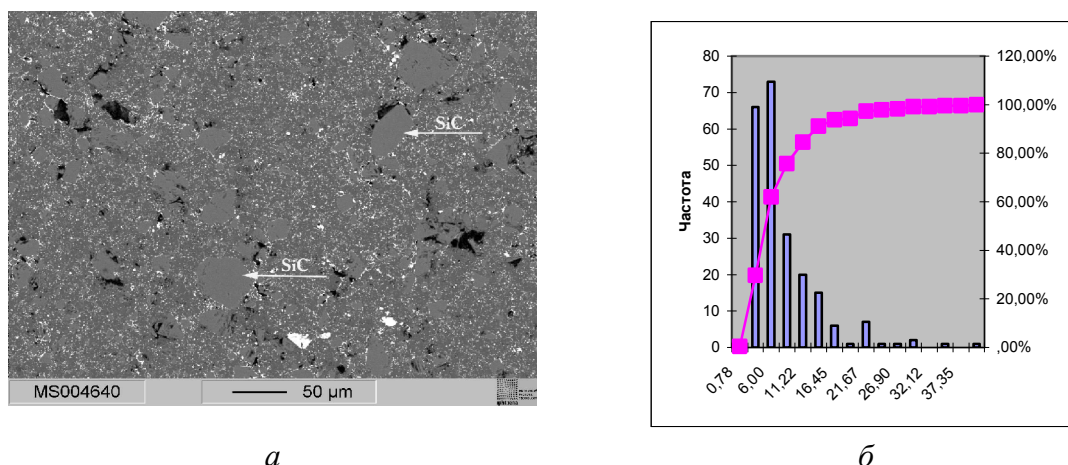


Рис. 1. Микроструктура шлифа образца композита  $AlN + 28\%$  (по массе)  $SiC$  со средним размером зерна  $6,7\ \mu m$  (а) и распределение зерен в образце (б)

Поскольку теплопроводность керамических образцов зависит от остаточной пористости, полученные значения эффективного коэффициента теплопроводности были пересчитаны на теплопроводность непрерывной керамической фазы по формуле Максвелла–Эйкена [5]:

$$\lambda = \lambda_{эф}(1 + \Pi)/(1 - \Pi),$$

где  $\lambda$  – теплопроводность непрерывной фазы;  $\lambda_{эф}$  – эффективная теплопроводность образцов;  $\Pi$  – пористость образцов (см. таблицу).

### Теплопроводность композитов AlN–SiC

№ п/п	Содержание SiC, % (по массе)	Средний размер зерна SiC, мкм	$\lambda_{эф}$ , Вт/(м·К)	Пористость, %	$\lambda$ , Вт/(м·К)
1	16	2,3	46	1,6	47
2	16	5,5	49	2,5	52
3	16	6,7	56	2,8	59
4	20	2,3	49	1,8	51
5	20	5,5	55	4,2	60
6	20	6,7	60	3,6	65
7	24	2,3	54	2,2	57
8	24	5,5	54	5,3	60
9	24	6,7	65	4,1	71
10	28	2,3	53	1,6	55
11	28	5,5	55	5,2	61
12	28	6,7	65	3,4	70
13	32	2,3	50	2,1	52
14	32	5,5	56	4,2	61
15	32	6,7	64	3,6	69
16	34	0,3	37	2,9	39
17	34	5,5	62	5,7	69
18	34	6,7	69	5,7	77
19	35	0,3	35	2,6	37
20	36	6,7	70	5,3	78
21	38	6,7	68	9,5	82
22	50	5,5	58	11,0	76
23	50	6,7	60	7,6	70

Сравнение полученных значений коэффициента теплопроводности при одинаковом содержании SiC (см. таблицу) показывает, что с увеличением размера зерен карбида кремния теплопроводность композитов AlN–SiC увеличивается. Это объясняется уменьшением рассеяния фонного потока на границах раздела фаз нитрида алюминия и карбида кремния при переносе тепла в полученной композиционной системе AlN–SiC.

#### Выводы

Керамические материалы AlN–SiC, содержащие зерна карбида кремния различного среднего размера были получены свободным спеканием. Теплопроводность керамического материала композитов – 37–82 Вт/(м·К). Теплопроводность композитов AlN–SiC повышается с увеличением среднего размера зерна SiC при одинаковом содержании SiC, что важно для применения таких композитов в качестве материала для режущего инструмента.

#### Благодарность

Авторы выражают благодарность Ткачу С.В. за помощь в статистической обработке микроскопических изображений структуры композитов.

### **Литература**

1. Мельникова В.А., Казаков В.К., Пилянкевич А.Н. Структура керамики системы AlN–SiC // Порошковая металлургия. – 1988. – № 6. – С. 100-105.
2. Изучение структуры и свойств керамики карбид кремния – нитрид алюминия при высоких температурах / В.А. Мельникова, В.К. Казаков, П.С. Кислый, В.К. Шульженко // Сверхтвердые материалы. – 1991. – № 2. – С. 33-36.
3. Панов В.С., Гаврилин Р.И., Сердюченко К.Ю. Режущий инструмент для скоростного резания без охлаждения // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – С. 232-236.
4. Preparation and characterization of aluminum nitride-silicon carbide composites / I.-L. Tangen, Y. Yu, T. Grande et al. // Ceramics International. – 2004. – 6. – P. 931-938.
5. Kingery W.D., Bowen H.R., Uhlmann D.R. Introduction to Ceramics. – N. Y.: Willey, 1976. – 636 p.

*Поступила 02.06.08*