

УДК 666.3:539.5

И. П. Фесенко, канд. техн. наук

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

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА AlN – SiC

Pressureless sintered AlN based composites contain uniformly distributed particles of SiC. The ceramic composite samples are characterized by Vicker's hardness of 13.2–15.6 GPa (load of 15 kg), fracture toughness of 3.8–4.3 MPa·m^{0.5} and thermal conductivity of 47–55 W/(m·K). Testing of AlN–SiC composite showed the possibility of its use as a cutting tool material.

Введение

С целью повышения механических свойств в состав керамики из AlN вводят включения тугоплавких фаз. Из литературы известно об исследовании композиционных материалов AlN–SiC, которые получали методами горячего прессования [1, 2] и ГИП [3]. В качестве исходных компонентов использовали ультрадисперсный нитрид алюминия с размером частиц 0,1–0,3 мкм и нитевидные кристаллы карбида кремния со средним диаметром волокон 0,01–0,17 мкм. Наиболее высокие значения твердости HV = 21 ГПа и прочности на изгиб $\sigma_{изг} = 600$ МПа зафиксированы для композита AlN–20 % (по массе) SiC, полученного при температуре 1800 °С и выдержке 15 мин [2].

Цель данной работы состояла в измерении механических и теплофизических свойств композиционного материала AlN–SiC, полученного свободным спеканием, с использованием частиц карбида кремния разного среднего размера.

Методика эксперимента

В работе использовали порошок AlN (Донецкий завод химических реактивов, Украина), который содержит: 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 применяли оксид иттрия. Образцы композитов изготавливали, применяя порошки SiC производства Запорожского абразивного комбината (Украина).

Для приготовления дисперсных систем использовали планетарный активатор МПФ-1 (Гефест, Санкт-Петербург, РФ). Полученные холодным прессованием порошковые компакты спекали в печи СШВ–1,25/25-11 в атмосфере азота под давлением 0,12 МПа при температурах 1600, 1650, 1700 и 1800 °С и выдержке 60 мин.

Анализ микроструктуры образцов композитов проводили на микроскопе TESLA BS340. Теплопроводность образцов керамических композитов измеряли с помощью прибора ИТЗ-МХТИ (Новомосковск, РФ). Испытания на микротвердость проводились на твердомере ТП-2 индентором Виккерса при нагрузке 15 мГ.

Результаты и обсуждение

Исследование кинетики спекания материалов AlN – SiC показало, что при температуре 1600 °С процесс спекания проходит медленно, и усадка Δ/l не превышает 5–6 % (рис. 1, а). При 1700 °С образцы композитов, которые содержат частицы карбида кремния размером 5, 28, 50 мкм с концентрацией SiC от 16 до 32 % (по массе), спекаются до плотности выше 94 % (см. рис. 1, в). При 1800 °С образцы с размером частиц карбида кремния 5 мкм и содержанием SiC до 32 % (по массе) спекаются до плотности, близкой к теоретической (см. рис. 1, з).

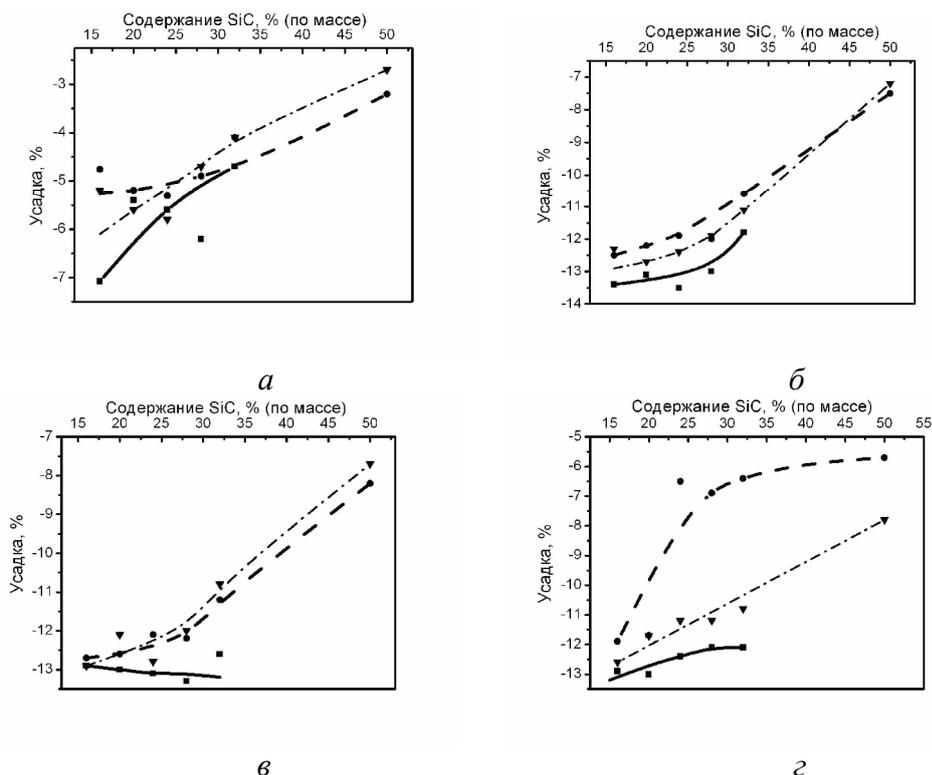


Рис. 1. Зависимость усадки ($\Delta l/l$) от содержания SiC в композитах, спеченных при температурах 1600 (а), 1650 (б), 1700 (в), 1800 (г) °С; размер частиц исходных порошков SiC – 5 (■), 28 (●), 50 (▼) мкм.

Анализ микроструктуры полученных гетерофазных материалов показывает, что включения SiC равномерно распределены в матричной фазе AlN (рис. 2). Размер зерен матричной фазы составляет 2–3 мкм. Характер излома свидетельствует о том, что межфазное взаимодействие при спекании обеспечивает высокую прочность границе раздела между матричной фазой AlN и включениями SiC.

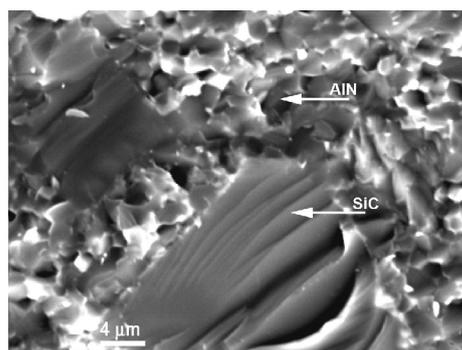


Рис. 2. Микроструктура образцов композита на основе нитрида алюминия с 16 % карбида кремния с исходным размером частиц 50 мкм.

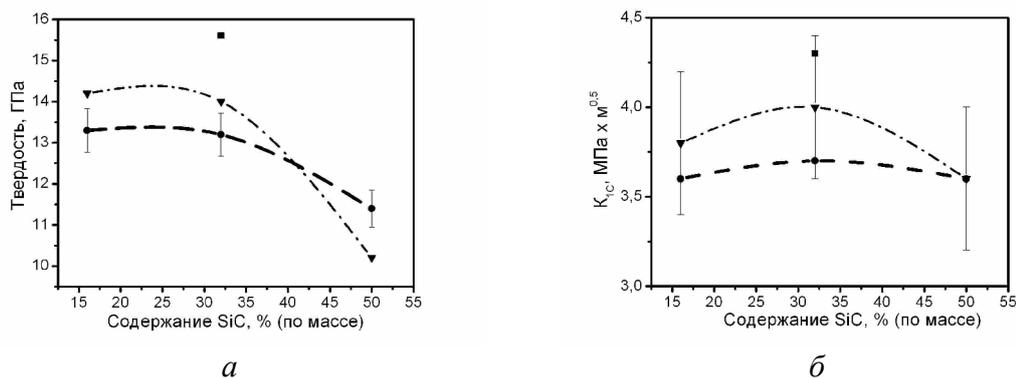


Рис. 3. Зависимость твердости (а) и трещиностойкости (б) композитов AlN–SiC, спеченных при температуре 1800 °С, от содержания SiC; размер частиц исходных порошков SiC – 5 (■), 28 (●), 50 (▼) мкм.

Композит со средним размером частиц SiC 5 мкм и концентрацией 32 % (по массе) имеет наиболее высокие значения твердости по Виккерсу HV (15) и трещиностойкости, соответственно, 15,6 ГПа и 4,3 МПа·м^{0,5}. Твердость образцов с SiC 50 мкм составляет 14,0–14,2 ГПа для концентраций 16 и 32 % (по массе) SiC (рис. 3, а). Трещиностойкость этих образцов равна 3,8–4,0 МПа·м^{0,5} (см. рис. 3, б). Для керамики из AlN без упрочняющих добавок твердость HV (0,3) = 10,5–11,0 ГПа [5]; HV (0,5) = 9,5±1,1 ГПа [6]; трещиностойкость 2,0–4,0 МПа·м^{0,5} [5]. Следовательно, наблюдается упрочняющий эффект при введении включений карбида кремния в керамическую матрицу AlN. Высокие значения твердости и трещиностойкости характерны для образцов материала AlN–SiC с меньшим размером включений упрочняющей фазы.

Измерения показали, что величина теплопроводности для образцов композитов с размером зерен SiC 5 и 28 мкм составляет, соответственно, 47 и 55 Вт/(м·К), что ниже, чем теплопроводность матричной фазы нитрида алюминия [6]. Следует отметить, что аналогичный эффект также вызывает введение включений SiC в высокотеплопроводную матричную фазу оксида бериллия BeO [4].

Предварительные испытания образцов из композита AlN–28% SiC (5 мкм) при резании стали марки 12ХНЗА показали перспективность его применения в качестве режущего материала.

Выводы

Полученные свободным спеканием керамические материалы AlN–SiC представляют собой гетерофазные системы с матрицей нитрида алюминия, в которой изотропно распределены включения карбида кремния. Полученные композиты характеризуются твердостью по Виккерсу HV (15,0) 13,2–15,6 ГПа, трещиностойкостью 3,8–4,3 МПа·м^{0,5}, теплопроводностью 47–55 Вт/(м·К). Испытания полученных образцов показали перспективность применения композита AlN–SiC в качестве режущего материала.

Литература

1. Мельникова В. А., Казаков В. К., Пилянкевич А. Н. Структура керамики системы AlN–SiC // Порошковая металлургия. – 1988. – 6. – С. 100–105.
2. 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. Сборник научных трудов. – Вып 7: Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2004. – С. 232–236.

3. Kobayashi Y., Li J. F., Kawasaki A., Watanabe R. Microstructure and high-temperature property of reaction HIP-sintered SiC–AlN ceramic alloys // Mater. Trans. – 1996. – **37**. – P. 807–812.
4. Calame J. P., Abe D. K. Applications of Advanced Materials Technologies to Vacuum Electronic Devices // Proc. IEEE. – 1999. – 87, N 5. – P. 840–864.
5. Tangen I.-L., Yu Y. D., Grande T., Hoier R., Einarsrud M.-A. Preparation and characterization of aluminium nitride–titanium nitride composites // J. Europ. Ceram. Soc. – 2004. – **24**. – P. 2169–2179.
6. Fesenko I. P., Chasnyk V. I., Sverdun N. V. Thermal conductivity and microwave dielectric properties of AlN-based ceramics containing conductive particles // Сверхтвердые материалы. – 2004. – № 3. – С. 12–17.

Поступила 06.07.2006 г.