

УДК 666.3:539.25:536.21

**Д. В. Часник¹, А. В. Довгаль², І. П. Фесенко^{3,*}, Ю. М. Туз²,
О. М. Кайдаш³, Т. Б. Сербенюк³, В. І. Часник⁴,
В. Б. Свєрдун³**

¹Український НДІ спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України, м. Київ, Україна

²Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”,
м. Київ, Україна

³Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля

НАН України, м. Київ, Україна

⁴Державне підприємство НДІ ОРІОН, м. Київ, Україна

*igorfesenko@ukr.net

Особливості мікроструктури та теплопровідність вільноспечених великогабаритних деталей з керамічного композита на основі AlN

Представлено результати дослідження мікроструктури одержаного вільним спіканням керамічного композита на основі нітриду алюмінію з різним вмістом добавки оксиду ітрію. Досліджено теплопровідність одержаних матеріалів і визначено оптимальну кількість оксиду ітрію у композиції для спікання великогабаритних деталей, що використовують в електротехнічних пристроях.

Ключові слова: нітрид алюмінію, оксид ітрію, мікроструктура, теплопровідність.

Після синтезу AlN Бріглемом і Гойтером (Briegleb and Geuther) 8 травня 1862 року у Геттінгені (Laboratorium zu Goettingen) [1], одержання масивного матеріалу для виготовлення деталей (тиглів для плавлення алюмінію) [2], теоретичного розрахунку його теплопровідних властивостей як алмазоподібної сполуки [3], з нього одержано керамічні деталі з високотеплопровідними властивостями, а згодом і деталі більших розмірів [4] та складної форми [5]. У цьому повідомленні викладено результати по вільному спіканню великогабаритних (розміром до 70 мм) деталей з AlN з високим рівнем теплопровідності для використання у нових підсилювачах з мінімальними втратами сигналу.

© Д. В. ЧАСНИК, А. В. ДОВГАЛЬ, І. П. ФЕСЕНКО, Ю. М. ТУЗ, О. М. КАЙДАШ, Т. Б. СЕРБЕНЮК, В. І. ЧАСНИК,
В. Б. СВЕРДУН, 2023

Вихідні композиції готували на основі порошку AlN з додаванням для активації спікання від 1 до 20 % (за масою) Y_2O_3 . Порошкові компакти розмірами 90×90×10 мм готували одновісним пресуванням за тиску 300 МПа та спікали у шахтній вакуумній печі опору за температури 1700 і 1800 °С в середовищі азоту до максимальної щільності.

Теплопровідність керамічних зразків у формі пластин розміром 15×20×1 мм визначали за кімнатної температури нестационарним методом за допомогою пристрою для вимірювання коефіцієнта теплопровідності високо-теплопровідних матеріалів ИТ-3 МХТИ [6].

Мікроструктуру одержаних матеріалів на основі AlN з вмістом 4, 8 і 20 % (за масою) Y_2O_3 представлено на рис. 1. Видно, що мікроструктура композита складається з округлих сірих зерен нітриду алюмінію та світлосірої фази ітрійалюмінієвого гранату, що знаходиться на границях зерен або у їхніх потрійних стиках.

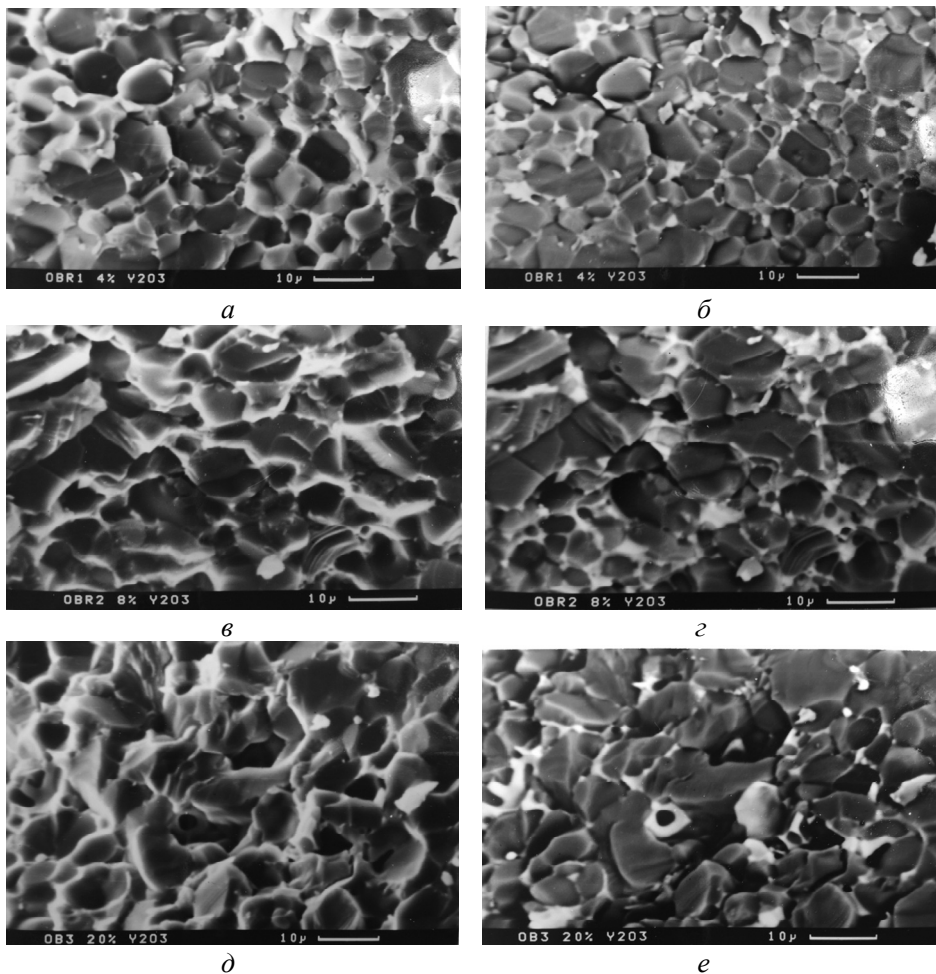


Рис. 1. Мікроструктура (топология поверхні зламу (а, в, д), та поверхня у режимі фазового контрасту (б, з, е)) композитів на основі AlN з різним вмістом Y_2O_3 , % (за масою): 4 (а, б), 8 (в, з), 20 (д, е), одержаних вільним спіканням за температури 1800 °С.

У одержаної за температури спікання 1800 °С кераміки на основі AlN теплопровідність складає 140–160 Вт/(м·К) і є найвищою для вмісту добавки

Y_2O_3 4–5 % (за масою). Для нижчої температури спікання 1700 °С теплопровідність суттєво нижча ймовірно внаслідок вищої для цього матеріалу залишкової пористості. Зі збільшенням вмісту оксиду ітрію теплопровідність спеченої кераміки має тенденцію до незначного зменшення. Це дозволило вибрати оптимальну кількість оксиду ітрію для рівномірного спікання композитів на основі AlN.

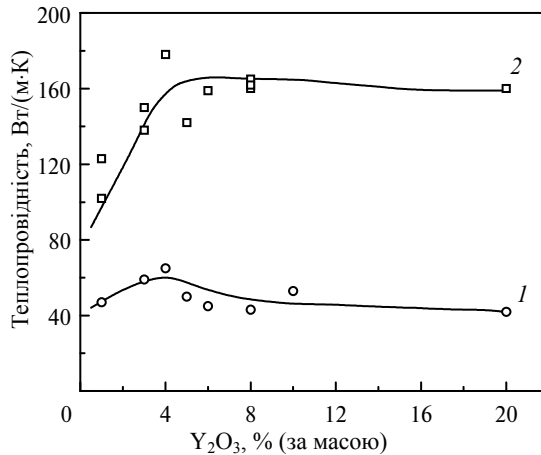


Рис. 2. Теплопровідність композитів на основі AlN з різним вмістом Y_2O_3 , спечених за температури 1700 (1); 1800 (2) °С.

Вільним спіканням було одержано великогабаритні деталі (розміром 60×70×5 мм) з керамічного композита на основі AlN з теплопровідністю 160 Вт/(м·К) для використання у широкосмуговому високовольтному підсилювачі з мінімальним викривленням фронтів імпульсів в процесі підсилення і покращеною передачею інформації за рахунок збереження форми сигналу в процесі підсилення.

D. V. Chasnyk¹, A. V. Dovhal², I. P. Fesenko³, Yu. M. Tuz²,
O. M. Kaidash³, T. B. Serbeniuk³, V. I. Chasnyk⁴, V. B. Sverdun³

¹The Ukrainian scientific and research Institute of special equipment and forensic expertise of the Security Service of Ukraine (ISEE SSU), Kyiv, Ukraine

²National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

³Bakul Institute for Superhard Materials, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴State Enterprise RDI ORION, Kyiv, Ukraine

Microstructural characteristics and thermal conductivity of large-size parts from pressureless sintered ceramic AlN-base composite

Microstructural characteristics of dense pressureless sintered AlN-base composite with various addition of yttria are presented. Thermal conductivity of as-prepared samples was measured, and optimal content of yttria to manufacture large-size ceramic parts for electrical engineering was established.

Keywords: aluminum nitride, yttria, microstructure, thermal conductivity.

1. Briegleb F., Geuther A. Ueber das Stickstoffmagnesium und die Affinitäten des Stickgases zu Metallen. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1862. Vol. 123, no. 2. S. 228–241.
2. Long G., Foster L.M. Aluminum nitride, a refractory for aluminum to 2000 °C. *J. Am. Ceram. Soc.* 1959. Vol. 42, no. 2. P. 53–59.
3. Slack G.A. Nonmetallic crystals with high thermal conductivity. *J. Phys. Chem. Solids.* 1973. Vol. 34. P. 321–335.
4. Fesenko I.P., Serbenyuk T.B., Chasnyk V.I., Bilovol V.S., Kolodnits'kyi V.M., Loshak M.G., Marchenko A.A., Tuz Yu.M., Strumina Yu.O., Tkach S.V., Fesenko E.I., Shashurin I.P. Physicochemical properties of wurtzitic AlN-based ceramics and composites with ceramic matrix. *J. Superhard. Mater.* 2010. Vol. 32, no 1. P. 32–40.
5. Rauchenecker J., Rabitsch Ju., Schwentenwein M., Konegger T. Additive manufacturing of aluminum nitride ceramics with high thermal conductivity via digital light processing. *Open Ceramics.* 2022. Vol. 9, art. 100215.
6. Фесенко І.П., Туркевич В.З., Часник В.І., Прокопів М.М., Петруша І.А., Пріхна Т.О., Кайдаш О.М., Бочечка О.О., Сергієнко Н.В., Сербенюк Т.Б., Мошчіль В.Є., Харченко О.В., Свердун В.Б., Лаврінєнко В.І., Ткач В.М., Осіпов О.С., Івженко В.В., Подоба О.П., Марченко А.А., Гадзіра М.П., Давидчук Н.К., Олійник Г.С., Згалат-Лозинський О.Б., Букетов А.В., Туз Ю.М., Кисла Г.П., Струніна Ю.О., Стрельчук В.В., Коломис О.Ф., Подоба Я.О., Відута Л.В., Нечитайло В.Б., Геворкян Е.С., Часник Д.В., Мартинюк Я.В. Теплопровідність надтвердих матеріалів. Теоретична оцінка. Експериментальне визначення. Матеріали на основі алмазу, карбідів, нітрідів, боридів. Довідник. 2 вид. Корсунь-Шевченківський: ФОП Майдаченко І.В., 2018. 68 с.

Надійшла до редакції 08.12.22

Після доопрацювання 08.12.22

Прийнята до опублікування 12.12.22