

О.В.Дуднік,
І.О.Марек,
О.К.Рубан,
О.М.Ященко,
І.І.Дідук,
Т.В.Мосіна

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ НА СПІКАННЯ КОРУНДОВОЇ КЕРАМІКИ

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

Анотація

Для мікроструктурного проектування кераміки на основі α - Al_2O_3 зі зниженою температурою спікання як комплексний мінералізатор застосовано базальтове скло (БС). Визначено особливості спікання кераміки складу (мас. %) 80 α - Al_2O_3 - 20 БС у присутності рідкої фази, яка не зникала до кінця процесу. Одержано матеріали з відносною густиною 0,93 – 0,95. В залежності від терміну витримки при 1500°C, твердість за Вікерсом матеріалів змінювалась від 6,8 ГПа до 8,1 ГПа, а критичний коефіцієнт в'язкості руйнування (K_{IC}) від 5,6 МПа · м^{0,5} до 6 МПа · м^{0,5}. Одержані результати буде використано для створення конструкційної кераміки на основі α - Al_2O_3 з підвищеною в'язкістю руйнування різноманітного призначення.

Ключові слова: α - Al_2O_3 , базальтове скло, температура спікання, рідкофазне спікання, в'язкість руйнування

Керамічні матеріали на основі α - Al_2O_3 виділяє поєднання механічних, термічних, електричних і оптичних властивостей. За співвідношенням «ціна/якість» вказані матеріали є оптимальними, з чим пов'язано значний об'єм їх застосування у промисловості, проте основними їх недоліками залишаються висока температура спікання (1700–1800 °C) та низька в'язкість руйнування. Для зниження температури спікання матеріалів на основі α - Al_2O_3 використовують мінералізатори, які сприяють утворенню рідкої фази в процесі нагріву та ізотермічних витримок. Становить научний та практичний інтерес застосувати до створення кераміки на основі α - Al_2O_3 зі зниженою температурою спікання принципи мікроструктурного проектування складно-композиційних матеріалів. На відміну від високоентропійних матеріалів [1], складно-композиційні відносяться до середньоентропійних, з нееквімолярним співвідношенням компонентів [2]. Дослідження вказаних матеріалів показали, що вони за властивостями можуть переважати високоентропійні [3]. Створенню складно-композиційних матеріалів на основі α - Al_2O_3 сприяє використання при їх виробництві комплексних мінералізаторів природнього походження.

Мета роботи: дослідити спікання кераміки на основі α - Al_2O_3 в присутності комплексного мінералізатора - базальтового скла.

Базальтове скло (БС) вироблено з гірської породи типу базальту. До його складу входять оксиди кремнію, титану, алюмінію, заліза, кальцію, магнію, натрію, калію, марганцю. На відміну від скляних шихт, що складаються із сумішей силікатних компонентів, вивержені гірські породи є багатокомпонентною системою, отриманою в результаті фізико-хімічних процесів, які відбулися при застиганні і кристалізації розплавленої магми. Тому вони мають композиційний склад, до якого входять мінеральні сполуки силікатів.

Досліджено матеріали складу (мас. %) 80 α – Al_2O_3 – 20 БС. Для одержання вихідного порошку композитного складу застосовано змішування у шаровому млині порошоків α - Al_2O_3 та базальтового скла. Заготовки ($d = 2 \cdot 10^{-3}$ м, $h = 0,65 \cdot 10^{-3}$ м) сформовано методом двостороннього холодного одновісного пресування у металевій прес-формі. Спінання проведено при 1500 °С на повітрі у печі Nabertherm LTH08/17. Спінання відбувалося у присутності рідкої фази, яка не зникала до кінця процесу. Термін витримки – 2,4,6 год.

Після спінання у всіх зразках ідентифіковано виключно α - Al_2O_3 . Підвищення терміну витримки при температурі спінання практично не впливає на відносну густину матеріалів, яка змінювалась від 0,95 (після 2 год) до 0,93 (після 4 год та 6 год). Мікроструктура зразків складається з зерен двох типів : багатокутних (з заокругленими кутами або у формі табличок, розміром до 5 мкм) та округлої форми (розміром від 1 мкм до 3 мкм). В залежності від терміну витримки зразків при температурі спінання, твердість за Вікерсом (при навантаженні 30 кг) змінювалась від 6,8 ГПа до 8,1 ГПа, а K_{Ic} від 5,6 МПа $\text{м}^{0,5}$ до 6 МПа $\text{м}^{0,5}$.

Одержані результати буде використано при мікроструктурному проектуванні конструкційних матеріалів на основі α - Al_2O_3 з підвищеною в'язкістю руйнування різноманітного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Ch.Rost, E. Sachet, T. Borman, A. Moballeggh, El. C. Dickey, D. Hou, J. L. Jones, S. Curtarolo, M. Jon-Paul Entropy-stabilized oxides. *Nature Communications*. 2015. Vol. 6. P. 8485. DOI: [10.1038/ncomms.9485](https://doi.org/10.1038/ncomms.9485).
- 2.Wright A.J., Luo J. A step forward from high-entropy ceramics to compositionally complex ceramics: a new perspective. *J Mater Sci*. 2020. Vol. 55. P. 9812 – 9827 <https://doi.org/10.1007/s10853-020-04583-w>.
3. Monteverde F., Gaboardi M. Entropy-driven expansion of the thermodynamic stability of compositionally complex spinel oxides. *Journal of the European Ceramic Society* 2024. Vol. 44. P. 7704–7715 <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.05.028>

Дуднік Олена Вікторівна

доктор хімічних наук, завідувач відділом

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail : dudnikelena@ukr.net

Марек Ірина Олегівна

кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail : Mega_marekirina@ukr.net

Рубан Олексій Костянтинович

науковий співробітник

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail : elenaalexey2@gmail.com

Яценко Ольга Михайлівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail : olgiza77@ukr.net

Дідук Ірина Іванівна

кандидат технічних наук, в.о. завідувача лабораторією

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail : diduk2@gmail.com

Мосіна Тетяна Вячеславівна

кандидат технічних наук, завідувач відділом

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

E-mail: mosinatv@ukr.net

INFLUENCE OF COMPLEX MINERALIZATION ON THE SINTERING OF CORUNDUM CERAMICS

Abstract

Basalt glass (BS) was used as a complex mineralizer for microstructural designing of ceramics based on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ with a reduced sintering temperature. The sintering features of ceramics with a composition (wt. %) 80 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ - 20 BS were determined in the presence of a liquid phase that did not disappear until the end of the sintering. Ceramics with a relative density of 0.93 - 0.95 were obtained. Depending on the holding time at 1500°C, the Vickers hardness of ceramics varied from 6.8 GPa to 8.1 GPa, the fracture toughness (K_{Ic}) varied from 5.6 MPa·m^{0.5} to 6 MPa·m^{0.5} also. The investigation results will be used to create the structural ceramics based on $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ with increased fracture toughness for various applications.

Keywords: $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, basalt glass, sintering temperature, liquid phase sintering, fracture toughness.

Dudnik Olena Viktorivna

Doctor of Chemical Sciences, Head of Department

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail : dudnikelena@ukr.net

Marek Iryna Olegivna

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail : Mega_marekirina@ukr.net

Ruban Oleksiy Kostyantynovich

Researcher

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail : elenaalexey2@gmail.com

Yashchenko Olga Mykhailivna

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail: olgiza77@ukr.net

Diduk Iryna Ivanivna

Candidate of Technical Sciences, Acting Head of Laboratory

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail: diduk2@gmail.com

Mosina Tetyana Vyacheslavivna

Candidate of Technical Sciences, Head of Department

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science NASU, Kyiv

E-mail: mosinatv@ukr.net