

ЕВОЛЮЦІЯ ПОРУВАТОЇ СТРУКТУРИ ОПТИМІЗОВАНОЇ ВОЛОГО-ЧУТЛИВОЇ КЕРАМІКИ $MgO-Al_2O_3$

Клим Г. І., к.ф.-м.н.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Серед значної кількості нанопоруватих керамічних матеріалів, які широко використовують для виготовлення сенсорів вологості, алюмомагнієву кераміку вважають однією з найперспективніших [1]. Перевагою цього матеріалу є здатність кристалографічної структури цієї шпінелі створювати реальну змогу ізотропного росту зерен і формуванню меж зерен у кераміці, а, отже, рівномірнішому поверхневому розподілу вологосорбційних пор. Алюмомагнієва кераміка адсорбційно стійкіша порівняно з іншими видами поруватої кераміки. Сьогодні достеменно відомо, що вологочутливість шпінельної кераміки, яку одержали за різних умов, визначається мікроструктурою її зерен, меж зерен, пор, особливо, нанопор.

Саме поруватість є тим найважливішим фактором, який визначає експлуатаційні властивості сенсорів вологості та сорбентів. Широкий діапазон вимірювання вологості безпечується в кераміці шпінельного типу шляхом формування рівномірної поверхневої поруватої структури, що сприяє ефективній кооперативній адсорбції молекул води. Тому мета даної роботи полягає в дослідженні впливу топології поруватої структури на експлуатаційні характеристики алюмомагнієвої шпінелі $MgO-Al_2O_3$.

Експериментальні зразки одержували методом стандартної керамічної технології [2] з вихідних порошків Al_2O_3 (величина питомої поверхні $67 \text{ м}^2/\text{г}$) та $4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$ (величина питомої поверхні $12,8 \text{ м}^2/\text{г}$) спікаючи при максимальній температурі T_c 1200, 1300 та 1400 °С впродовж 2 год. Порувату структуру кераміки вивчали методом ртутної порометрії. В якості основної експлуатаційної характеристики одержаних елементів використовували залежності їх електричного опору від відносної вологості. Вимірювання проводили при температурі 20 °С в напрямку досягнення максимальної вологості (біля 100 %) та у зворотньому напрямку в вихідних зразках, одержаних безпосередньо після спікання, та після їх витримки впродовж 240 год. при 40 °С та відносній вологості 95 %.

Наші попередні дослідження для волого-чутливої шпінельної кераміки $MgAl_2O_4$ показали, що для цього матеріалу властивий тримодальний розподіл пор за розмірами з макропорами, які адсорбують вологу з навколишнього середовища, транспортні мезо- та мікро- пори та так звані «робочі» нанопори, де відбуваються процеси капілярної конденсації вологи [3]. Встановлено, що для досліджуваних зразків технологічно модифікованої кераміки $MgO-Al_2O_3$, характерний бімодальний розподіл пор за розмірами, і лише в кераміці, одержаній за нижчої температури 1200 °С, прослідковується другий пік. В роботі [3] було показано, що найкращими електричними

ми властивостями, та лінійністю залежності опору від вологості володіють зразки кераміки $MgAl_2O_4$, отримані при 1300 °С протягом 5 год. що пов'язане з близьким до оптимального тримодального розподілу пор за розміром та їх кількості в кожній з областей.

У кераміці $MgO-Al_2O_3$ є достатня кількість відкритих макропор, які забезпечують ефективне протікання адсорбційно-десорбційних процесів, та нанопори, які відповідають за процеси капілярної конденсації. Очевидно, що модифікація кераміки $MgO-Al_2O_3$ шляхом використання сольових вихідних компонентів призводить до покращення чутливості кераміки, збільшується ділянка лінійності залежності електричного опору від відносної вологості з мінімальним гістерезисом характеристики в адсорбційно-десорбційних циклах (на відміну від кераміки $MgAl_2O_4$).

Проте після деградаційних випробувань впродовж 240 год. при 40 °С та відносній вологості 95 % зразки кераміки поступово втрачають вологочутливість на ділянці низьких відносних вологостей (до 40 %). Це зумовлено відсутністю достатньої кількості транспортних пор та незворотнім насиченням дрібних нанопор вологою (особливо чітко прослідковується в кераміці, одержаній при 1400 °С). Встановлено, що найкращими електричними властивостями, та лінійністю залежності опору від вологості на ділянці 30-98 % володіють зразки кераміки, отримані при 1200 – 1300 °С впродовж 2 год. що пов'язане з достатньою кількістю макро- та нанопор.

Однак всі зразки кераміки, одержані при 1200, 1300 та 1400 °С, є стабільними в часі. Залежності електричного опору від відносної вологості після витримки за нормальних умов повторюють попередні результати, одержані після деградаційних випробувань.

Таким чином, одержана високонадійна оптимізована нанопорувата шпінельна кераміка $MgO-Al_2O_3$ може успішно використовуватися для сучасних сенсорів вологості та сорбентів та їх подальшого приладного застосування.

Автор вдячна Національному університету «Львівська політехніка» за підтримку в рамках гранту для молодих вчених.

Література

1. Traversa E. Ceramic sensors for humidity detection: the state-of-the-art and future developments // *Sensors and Actuators*. — 1995. — V. 23. — P.135 — 156.
2. Klym H. Structural studies of spinel manganite ceramics with positron annihilation lifetime spectroscopy / H. Klym, A. Ingram, O. Shpotyuk, J. Filipecki, I. Hadzaman // *Journal of Physics: Conf. Ser.* — 2011. — V. 289. — P. 1 — 5.
3. Винник И. Б. Получение алюмомагниевої кераміки с улучшенными влагочувствительными характеристиками / И. Б. Винник, И. В. Гадзаман, Г. И. Клым // *ТКЭА*. — 2006. — № 2. — С. 60 — 62.