

Література:

1. Визначення параметрів процесу інжекційного формування на основі комп'ютерного моделювання / Т.О. Цисар // Вісн. НТУУ «КПІ». Сер. Машинобудування. – 2010. – №58. – С.116-121.
2. Розробка технології інжекційного лиття керамічних виробів з використанням комп'ютерного моделювання / Т.О. Псярнецька, О.Г. Кіркова, О.О. Лещук, М.Б. Штерн, В.В. Івженко // Порошк. металургія, 2021. – №3/4. – С.28-44.
3. Мікротвердість кільцевих виробів з керамічного матеріалу на основі SiC після інжекційного лиття / Т.О. Псярнецька, М.О. Цисар, О.О. Лещук, Т.О. Косенчук, В.В. Івженко, В.І. Шидловський // Інструментальне матеріалознавство, 2021. – вип. 24. – С. 400-407.

Руденький С.О.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**ВПЛИВ TiO_2 НА ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПОЗИТУ
 $Al_2O_3-SiO_2-MgO-TiO_2$ НА ОСНОВІ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ**

E-mail: ruserg@ukr.net

Сучасний стан розвитку техніки і технологій пов'язаний з удосконаленням існуючих і створенням нових матеріалів [1]. Отримання таких матеріалів можливо при застосуванні сучасних технологій, що суттєво відрізняються від традиційних. Тому в роботі застосовувались методи порошкової металургії, що дозволяють отримувати матеріали з складним поєднанням властивостей, які іншими методами отримувати практично неможливо [2].

При наявності, в більшості випадків, переваг у властивостях кераміки на основі Al_2O_3 і доступності вихідної сировини, одним з основних її недоліків залишається велика енергоємність виготовлення, зокрема висока температура спікання – 1650-1750 °С, що потребує значних енерго- і матеріальних затрат при її промислового виробництві. Загальна тенденція по енергозбереженню зумовлює,

при виготовленні такої кераміки, необхідність вибору такого складу матеріалу і застосування вихідних порошків з підвищеною активністю, які давали б можливість знизити температури її спікання і одночасно забезпечити високі фізико-механічні властивості [3].

Тому метою даної роботи є дослідження формування структури композиту $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-TiO}_2$ на основі оксиду алюмінію в від вмісту добавки порошку TiO_2 (2, 4, 6, 8% мас.), впливу нанопорошку MgO і технологічних факторів для отримання композиту з регульованою щільністю при пониженій температурі спікання (менше $1500\text{ }^\circ\text{C}$). А також встановлення його основних властивостей – щільності, пористості, мікротвердості.

Важливим при формуванні структури такого складу композиту є утворення титанату алюмінію – тіаліта Al_2TiO_3 . В кераміці при збільшенні вмісту титанату алюмінію зменшується зменшується температурний коефіцієнт лінійного розширення.

В роботі досліджувався композиту складу $\text{Al}_2\text{O}_3 - 3\%$; $\text{SiO}_2 - 1,5\%$; MgO , TiO_2 при зміні вмісту $\text{TiO}_2 - 2, 4, 6, 8\%$ мас.

Вихідні порошки оксидів $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, SiO_2 , TiO_2 після механічного подрібнення мали розмір частинок порядку 10-15 мкм, а розмір MgO не перевищував 90-100 нм.

Приготування шихти матеріалу проводилось в барабанному млині протягом 3-4 годин. При змішуванні в шихту вводивсь пластифікатор – 2,5% розчин полівінілового спирту (ПВС) в дистильованій воді.

Після змішування шихта просівають через сито 02 з метою її грануляції і покращення текучості.

Формування пресовок діаметром 10 мм і висотою 10 мм проводилось в сталій прес-формі на гідравлічному пресі в інтервалі тисків від 50 до 250 МПа, з кроком 50 МПа.

Після пресування пресовки тримали в сушильній шафі при температурі $80\text{--}90\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 1-2 годин з метою підвищення їх міцності за рахунок полімеризації пластифікатора.

Спінання спресованого матеріалу проводилось в камерній печі опору СВК «Емітрон» при температурі 1400 °С при часі ізотермічної витримки 2 години.

Мікроструктуру спеченого композиту складу $Al_2O_3-SiO_2-MgO-TiO_2$ досліджували за допомогою растрового електронного мікроскопа РЕМ-106И, фазовий склад – рентгенівського дифрактометра Ultima IV фірми Rigaku. Мікротвердість матеріалу за Вікерсом, HV, визначали за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 при навантаженні $F = 1$ Н за стандартною методикою. Щільність та пористість зразків композиту визначали за стандартними методиками та з застосуванням гідростатичного зважування.

Мікроструктури спечених зразків композиту наведені на рис.1.

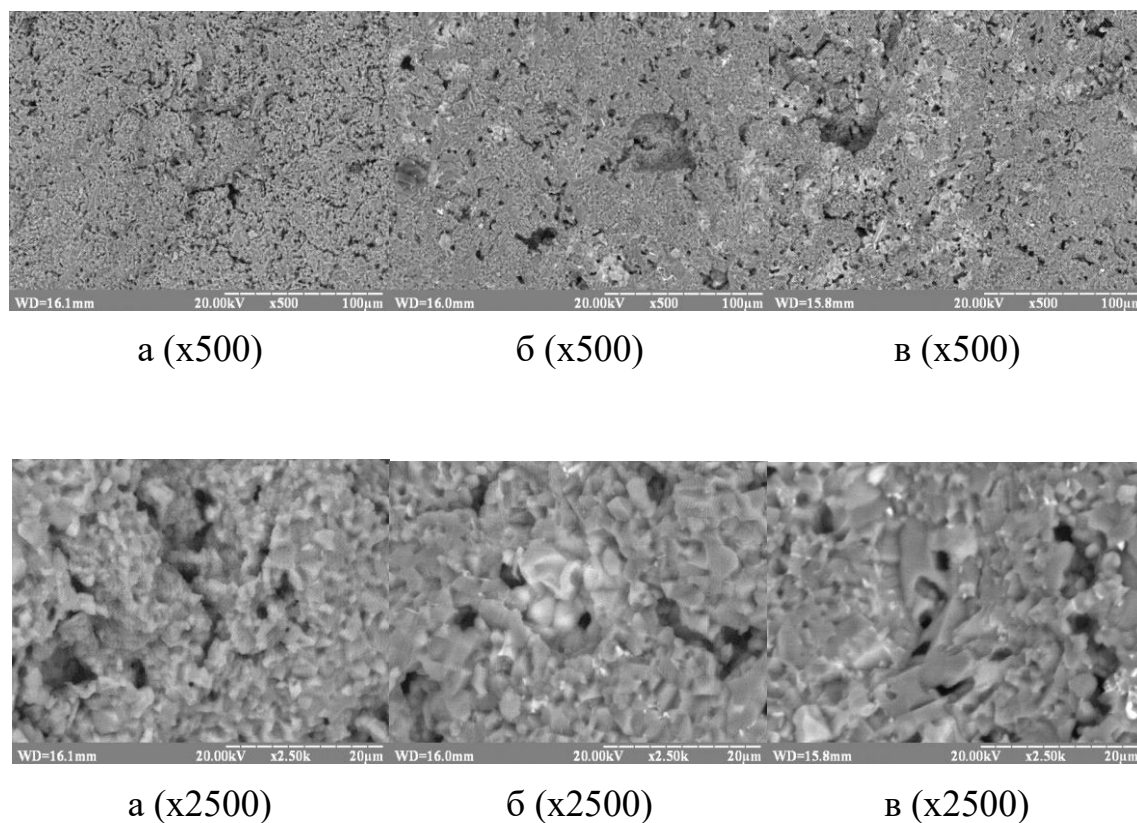
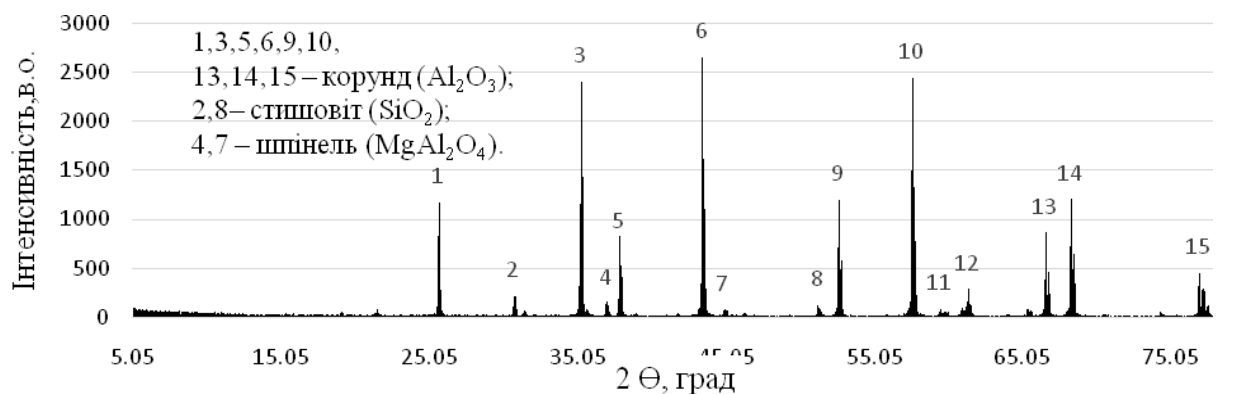
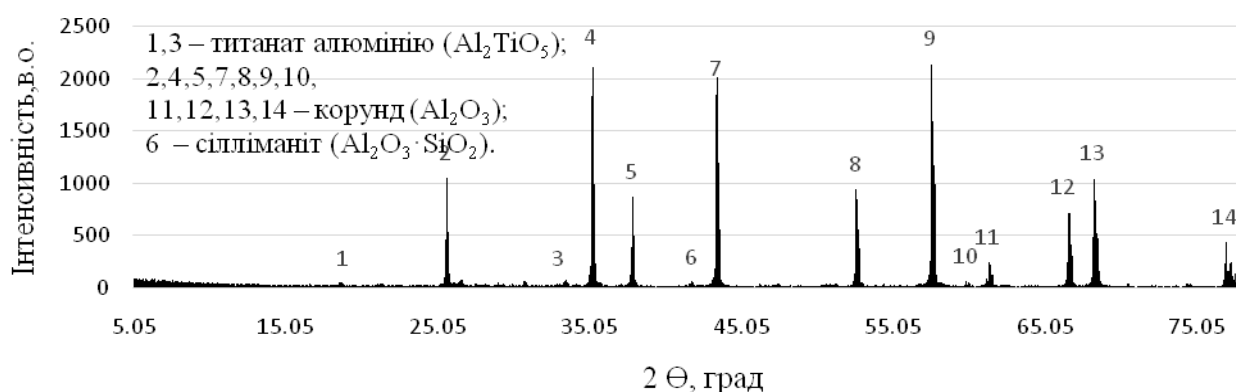


Рис. 1. Мікроструктури зразків спечених композитів $Al_2O_3-SiO_2-MgO-TiO_2$ при вмісті TiO_2 : а – 2%, б – 4%, в – 6%

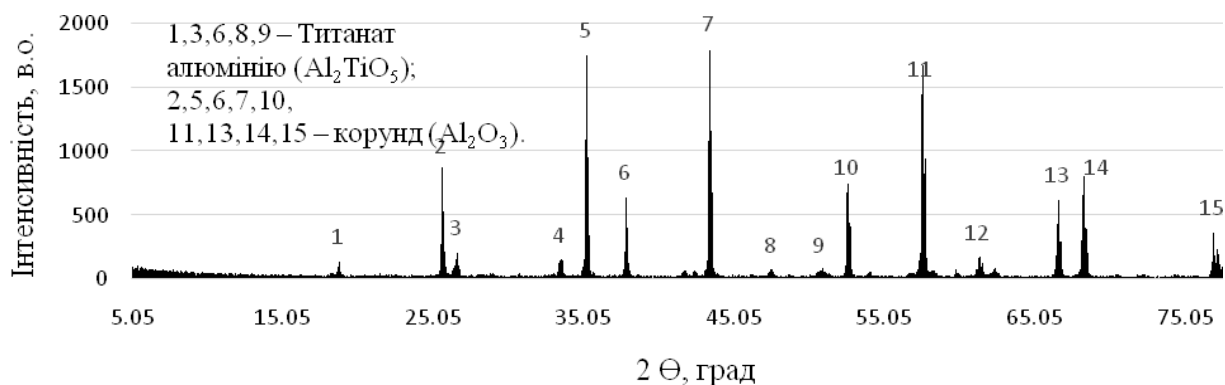
Ренгенофазовий аналіз композиту проводився на рентгенівській установці фірми Rigaku. Його результати приведені на рис. 2.



а



б



в

Рис. 2. Рентгенофазовий склад композиту $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-TiO}_2$ при вмісті TiO_2 : а – 2 %, б – 4% , в – 6%

Як показали результати досліджень в інтервалі тисків 50-250 МПа щільність при спіканні зразків кераміки при температурі 1400 °С зростає, а об'ємна усадка

зменшується зі зростанням тиску пресування в цьому інтервалі тисків. Що відповідає закономірностям формування структури матеріалу в залежності від тиску пресування. При цьому зростає вміст закритої пористості, яка уповільнює усадку і не сприяє ущільненості зразків композиту. Одночасно найкращі властивості по щільності зразки матеріалу мають уже при тисках 100-150 МПа. Як показують результати, для різних складів композиту в залежності від вмісту TiO_2 спостерігається зміна величини об'ємної усадки. При отриманій максимальній щільності композиту вона спостерігалась порядку 35-40%.

З літературних джерел [1, 2] відомо, що TiO_2 в невеликих кількостях зменшує температуру спікання оксидних керамік, що підтверджувалось результатами в роботі. Було встановлено, що TiO_2 в складі зразків композиту суттєво впливає на активізацію ущільнення матеріалу підчас спікання при його вмісті близько 4%. Далі збільшення його вмісту практично не впливає на зростання щільності зразків. При цьому збільшення вмісту TiO_2 сприяє росту зерна. Що, як правило, приводить до зменшення міцності і мікротвердості.

Також на активацію усадки має вплив нанопорошок MgO , який виступає активатором дифузійних процесів. Домішка нанопорошку MgO в кількості 1,5% знижує здатність Al_2O_3 до рекристалізації, підвищує ступінь спікання, однак при цьому мало впливає на зниження температури спікання композиту.

Як видно з результатів електронної мікроскопії мікроструктури (рис. 1, зокрема 1, б), відбувається значне зменшення пористості при вмісті TiO_2 до 4%, та збільшення щільності. Що може бути пов'язано з активним впливом добавки на дифузійні процеси в такій кількості.

Зі збільшенням вмісту TiO_2 більше 4% спостерігається сповільнення усадки і помітний ріст зерна структури композиту. Це може бути пов'язано з тим, що при цьому утворюється твердий розчин TiO_2 в Al_2O_3 – титанат алюмінію (Al_2TiO_5), що викликає спотворення кристалічної решітки корунду і, як наслідок, більш активне спікання і рекристалізацію. Ще однією з причин зменшення усадки і уповільнення зменшення пористості може бути зростання внутрішнього кристалічного тиску

при утворенні більшої кількості закритих пор при застосуванні більшого тиску пресування.

При зростанні вмісту TiO_2 більше 4% сповільнюється процес усадки. В той же час для зразків композиту з вмістом більше 4% TiO_2 спостерігається уповільнення усадки і при збільшенні тиску пресування. Що може бути пов'язано також з активним ростом зерна (кристалітів) в композиті.

Результати рентгенофазового аналізу представлені на рис. 2. Із рентгенограм видно, що при 2% TiO_2 (рис. 2), наявність шпінелі та стишовіту, які при збільшенні вмісту до 4% і більше, переходять у інші фази такі, як муліт і тіаліт – Al_2TiO_3 . Також помітно, що збільшення вмісту TiO_2 , призводить до збільшення відповідної кількості титанату алюмінію, який впливає на щільність спеченого композиту.

Дослідження мікротвердості показало, що найбільший показник мікротвердості (близько 9,1 ГПа) має зразок з вмістом 4% TiO_2 . Для композиту з цим вмістом TiO_2 спостерігається найбільша відносна щільність 0,92-0,93 та найменша пористість 7-8% за даних умов. Одночасно збільшення його вмісту призводить до поступового зменшення мікротвердості.

Можна стверджувати, що добавка TiO_2 істотно впливає на температуру спікання матеріалу – знижує її. Але її оптимальний вміст при цьому складає не більше 4%. Водночас результати показують, що зі збільшенням вмісту TiO_2 не відбувається помітне збільшення щільності зразків композиту, при цьому спостерігається зменшення усадки. За температури спікання 1400 °C і часі витримки 2 год досягнуто відносної щільності 0,92-0,93 композиту складу $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-TiO}_2$ з вмістом TiO_2 близько 4%.

Одночасно на максимальне ущільнення після спікання зразків композиту має тиск пресування. Тому більш доцільно формувати кераміку в оптимальному інтервалі тисків пресування – 100-150 МПа.

Потребує подальших дослідження як вплив вмісту нанопорошку MgO так і вплив інших компонентів з меншим розміром частинок на спікання композиту і його властивості.

Література:

1. Семченко Г.Д. Конструкционная керамика и огнеупоры. – Харьков: Штрих, 2000, – 304 с.
2. Красулин Ю. Л. Конструкционная керамика / Ю. Л. Красулин, С. М. Тимофеев, С. М. Баринов. – М.: Металлургия, 1980. – 100 с.
3. Лукин С. Е. Оксидная керамика нового поколения и области ее применения / С. Е. Лукин, Н. А. Макаров, А. И. Козлов и др. // Стекло и керамика, 2008. – №10. – С. 27 – 31.

Садовенко С.Г.

*(ВСП «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки» ДВНЗ УДХТУ,
м. Кам'янське)*

**РОЛЬ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ У ПІДВИЩЕННІ КВАЛІФІКАЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ СПЕЦІАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН ТЕХНІЧНОГО КОЛЕДЖУ**

E-mail: svetlana.sad71@gmail.com

У сучасній освіті проблема професійного розвитку, підвищення кваліфікації викладача, зокрема й спеціальних дисциплін технічного коледжу, є нагальною та тісно пов'язана з поняттями формальної, інформальної та неформальної освіти. Точаться дискусії щодо ефективності, доцільності, принципів використання нових можливостей, які надають різноманітні установи, освітянські платформи щодо оволодіння педагогом інноваційними прийомами та методами. Тож розглянемо ознаки кожної цих форм освіти.

Формальна освіта – це освіта, яка «здобувається відповідно до освітніх ліцензованих програм закладів післядипломної освіти і передбачає досягнення здобувачами освіти заздалегідь визначених результатів навчання. Вона розширює й доповнює знання з фаху, методики викладання предмету, психології, які отримав викладач, здобуваючи вищу освіту» [1]. Зазвичай таке підвищення кваліфікації рекомендується вчителям шкіл та викладачам загальноосвітніх дисциплін, а навчальні групи формуються відповідно допредмету, що