

О.Л. Мельник, аспірант  
 П.В. Семенюк, спец., студ. гр. ОХБ-5, 5 курс ФІМ  
 І.В. Кошмак, бак., студ. гр. ОХБ-7, 3 курс ФІМ  
 Науковий керівник - к.т.н., доц. Гутніченко О.А.  
 Житомирський державний технологічний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ПІРОФІЛІТОВИХ СЛАНЦІВ В ЯКОСТІ МАТРИЦІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ГРАФІТ-КЕРАМІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.

Основними недоліками ЕГККМ є невисока механічна міцність, висока пористість та висока анізотропія властивостей в залежності від напрямку пресування виробів. Відомо, що додавання 5% пірофіліту в керамічні вироби покращує вогнестійкість на 25% та суттєво збільшує механічну міцність за рахунок утворення великої кількості аморфного кварцу, котрий перешкоджає поширенню тріщин в матеріалі. Більше з тим на відміну від каоліну, пірофіліт вміщує менше оксиду алюмінію тому при термообробці утворюється багато аморфного кварцу та муліту. Останній кристалізується швидше і простіше ніж з каолініту. Це пояснюється тим, що для кристалізації муліту з каолініту потрібно пройти більший енергетичний бар'єр ніж це потрібно пірофіліту. З огляду на це актуальним є використання часткове використання пірофіліту в якості матриці ЕГККМ.

Основні напрямки ЕГККМ в промисловості – це електронагрівальні елементи з рівномірно розподіленим тепловиділенням, широким діапазоном робочих температур (до 1000°C) та можливістю гнучкого варіювання потужності приладів для забезпечення необхідних температур робочих, високочутливі тензометричні елементи і т.д.

Пірофіліт являє собою водний силікат алюмінію з формулою  $Al_2[Si_4O_{10}][OH]_2$  або  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ . Пірофіліт гідрофобний за рахунок того, що співвідношення тетраедричних і октаедричних шарів 2:1, крім того пірофілітові шари електрично нейтральні і не мають іонного прошарку. Це пояснює відсутність набухання при заутворенні водою, що в свою чергу вимагає обов'язкового використання зв'язуючого компонента та утруднює змішування з матеріалами котрі мають значно більшу чи меншу насипну густину (напр., ТРГ). В якості зв'язуючого компонента в даній роботі використано пірофіліт.

Відомо, що пористість негативно впливає на механічні властивості кераміки, за рахунок того, що, перше, пори, залежно від їх розподілу за розмірами, геометричної форми та їх об'єднання у канали, відіграють роль швидше концентраторів механічних напружень ніж релаксаторів і, по-друге, керамічні матеріали відрізняються, як правило, високою крихкістю. Тому пористість є однією з найважливіших функціональних властивостей керамічних матеріалів.

Залежність пористості для ЕГККМ від вмісту пірофіліту та ТРГ представлені на рис. 1.

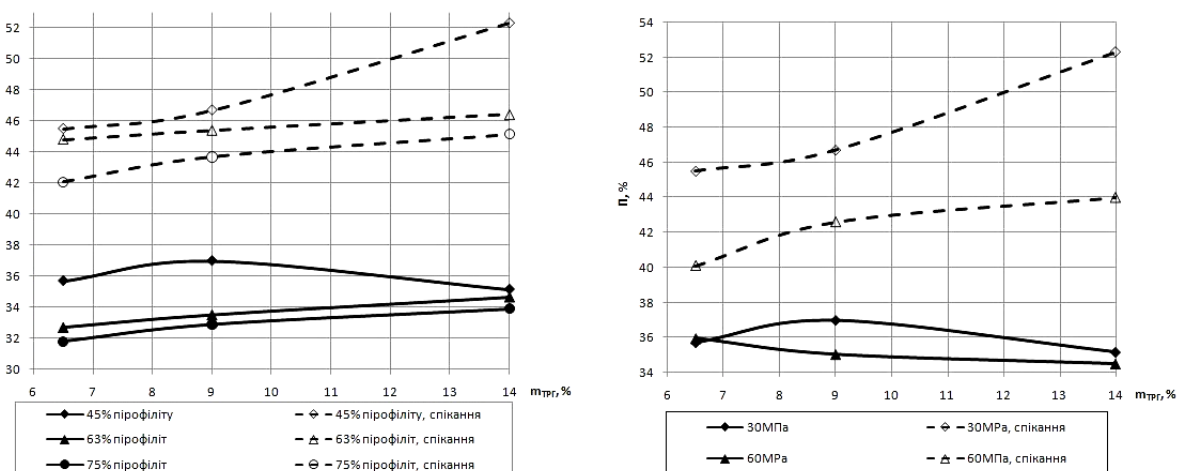


Рис.1. Залежність пористості графіт-керамічних КМ до та після спікання у спец формі а - від концентрації ТРГ для різних масових концентрацій пірофіліту; б- від тиску пресування при 45% мас. пірофіліту.

Отримані залежності показали значну зміну пористості зразків до та після спікання (9-17%), що в більшій мірі є результатом термохімічних перетворень вихідного каоліну та пірофіліту та пружної післядії спресованого ТРГ. Важливо відмітити, що однією з причин пористості ЕГККМ є значна втрата ваги в

наслідок термохімічних перетворень вихідного каоліну. Каолініт у діапазоні температур 500-600°C втрачає 11,9% та загальна втрата ваги становить 13,92%. Пірофіліт втрачає вагу до 1050°C, найінтенсивнішою втрата ваги є в діапазоні температур 700-800°C за рахунок реакції дегідратації – виділення молекулярної води, що описується наступною реакцією  $2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$  і загальна втрата ваги становить 5%, що значно менше ніж для каолініту.

Рис.1,б показує незначну різницю пористості зразків до спікання (до 1%) при тисках пресування 30МПа та 60МПа та відносно більшу різницю пористості після спікання (до 8,3%). Така закономірність може бути пояснена тим, що при гіперпресуванні (60МПа) відбувається зростання відсотку пластичної деформації часток матеріалу по відношенню до пружної і таким чином зменшується сумарна пружна післядія після термообробки. Також при 60МПа має місце часткове поверхнєве руйнування глинистих мінералів та витискування води з глибинних шарів. Результати вимірювання електричних характеристик ЕГККМ представлені на рис.2.

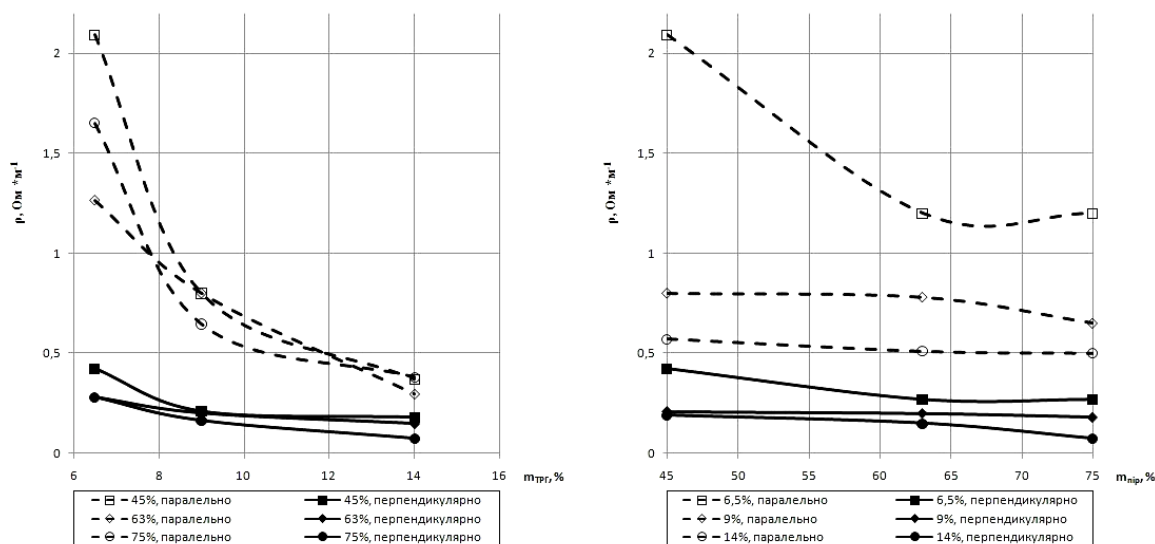


Рис. 2. Питомий електричний опір ЕГККМ

а-в залежності від масової концентрації ТРГ; б-в залежності від вмісту пірофіліту

З графічних залежностей на рис. 2. а випливає, що масовий вміст пірофіліту впливає на граничну концентрацію ТРГ перколяційної системи. Також варто відмітити, що збільшення вмісту пірофіліту по масі знижує питомий електричний опір композиту, особливо це помітно в напрямку паралельно осі пресування при концентрації ТРГ 6.5%, тобто в околиці порогу протікання. Питомий електричний опір перпендикулярно осі пресування мало залежить від вмісту пірофіліту. Зі збільшенням концентрації ТРГ суттєво зменшується анізотропія питомого опору.

Отже, по результатах роботи можна зробити наступні висновки:

1. пірофіліт являється нетрадиційною та перспективною сировиною для покращення основних властивостей існуючих ЕГККМ на основі каолінітової матриці. Вказані покращення досягаються за рахунок: інтенсивнішої та швидшої мулітизації пірофіліту порівнюючи з каолінітом за рівних умов; меншої усадки при спіканні (4,33% пірофіліт та 15 % каолініт), що дозволяє зменшити зміну лінійних розмірів виробів при спіканні; нечутливості до сушки, що дозволяє використовувати менш енергоємний процес сушки без створення внутрішніх напружень у матеріалі; утворення значної кількості аморфного кремнезему котрий підвищує ударну в'язкість та механічну міцність.

2. збільшення вмісту від 45% до 75% (мас.) пірофіліту в зразках матеріалу в середньому зменшує пористість на 3,08% до спікання та 4,52% після спікання за рахунок значно меншої деструкції пірофіліту при виділенні адсорбційної та молекулярної води, значно меншої втрати ваги (5% пірофіліт та 13,92% каолініт). Це має велике значення в зв'язку з тим, що збільшення щільності (зменшення пористості) забезпечує не лише зменшення відстані між частинками, а й збільшення контактів між частинками, що призводить до більшої кількості зв'язків, кращому спіканню керамічної матриці та як наслідок кращих механічних і термічних властивостей. Зростання тиску сприяє зниженню опору у напрямку як вздовж осі пресування так і впоперек.