

О.Л. Мельник, аспір.  
О.М. Толкач, аспір.  
Є.В. Салогуб, асист.

Житомирський державний технологічний університет

## ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ПІРОФІЛІТОВИХ СЛАНЦІВ ТА ТЕРМІЧНО РОЗШИРЕНОГО ГРАФІТУ

(Представлено д.т.н., проф. Мельничуком П.П.)

*Методом механічного змішування вперше було отримано електропровідні композиційні матеріали на основі термічно розширеного графіту (ТРГ), пірофіліту та каолініту (як зв'язуючий компонент). Показано перспективність застосування пірофілітової сировини як матриці та можливість часткової заміни нею каолініту. Проведено порівняльний аналіз основних функціональних властивостей композита. Обґрунтовано технологію виготовлення електропровідних композиційних матеріалів на основі пірофілітових сланців.*

**Вступ. Аналіз останніх досліджень.** Електрофізичні властивості композитів на основі різних синтетичних полімерних матриць вивчені досить детально, проте властивості композитів на основі мінеральних матриць, зокрема і пірофілітових сланців та ТРГ практично не вивчені [1].

Автори [2] вказують на перспективність застосування пірофіліту як наповнювачів для композиційних матеріалів. Пірофіліт є водним силікатом алюмінію з формулою  $Al_2[Si_4O_{10}] \cdot [OH]_2$  або  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ . В роботах [3–5] досліджені електропровідні композиційні матеріали на основі каолініту та ТРГ. Основні напрямки використання електропровідних графіт керамічних композиційних матеріалів (ЕГККМ) у промисловості – це електронагрівальні елементи з рівномірно розподіленим тепловиділенням, широким діапазоном робочих температур (до 1000 °С) та можливістю гнучкого варіювання потужності приладів для забезпечення необхідних температур робочих, високочутливі тензометричні елементи тощо. Також в роботах [3, 5] виявлено основні недоліки даних матеріалів, а саме: невисоку механічну міцність, високі пористість та анізотропію властивостей залежно від напрямку по відношенню до напрямку пресування. Тому в даній роботі авторами було запропоновано покращання механічних та термічних властивостей ЕГККМ шляхом часткової заміни матеріалу матриці каолініту на пірофіліт.

Важливо підкреслити, що пірофіліт успішно витісняє каолініт з порцелянової промисловості різних країн світу [3]. Це пояснюється тим, що, наприклад, 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 [6].

Літературні джерела [7, 8] свідчать, що муліт надає відпаленим керамічним виробам (в тому числі і композиційним матеріалам на основі керамічної матриці) найбільш цінні властивості: міцність, термостійкість та ударну в'язкість. 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 [6]. Це пояснюється тим, що для кристалізації муліту з каолініту потрібно пройти більший енергетичний бар'єр, ніж це потрібно пірофіліту.

До недоліків використання пірофіліту як керамічної матриці слід віднести такі фактори:

1. Пірофілітові глини в природі існують в менш чистій формі, ніж, наприклад, каолінові.
2. Пірофіліт гідрофобний за рахунок того, що співвідношення тетраедрих і октаедрих 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 (наприклад, з ТРГ)

**Метою представленої роботи** є експериментальне дослідження впливу вмісту пірофіліту на основні функціональні властивості графіт-керамічних композиційних матеріалів на основі ТРГ та вихідного каоліну, часткової заміни каолініту на пірофіліт керамічної матриці; дослідження впливу масової частки пірофіліту на поріг протікання – критичну концентрацію, при якій відбувається фазовий перехід.

**Вихідні матеріали та виготовлення зразків.** За вихідну сировину для виготовлення електропровідних композиційних матеріалів в даній роботі використовували ТРГ, що виготовлений зі сполуки інтеркалювання графіту (СІГ) марки EG-350, каолін Глухівецького гірничо-збагачувального комбінату марки П-1 сухого збагачення, ГОСТ 21285-75 та пірофіліт Кур'янівського родовища РСТ УССР 1343-90. Отримання ТРГ проводилося термоударом СІГ при температурі 1000 °С. Виготовлений ТРГ мав червоподібну форму із довжиною частинок до 10 мм, насипна густина – 15–17 г/л.

Подальша підготовка суміші полягала у дозуванні ТРГ, каоліну та пірофіліту в межах концентрацій графіту 6,5–14 % (мас.) та пірофіліту в межах концентрацій 45–75 % (мас.). Змішування проводилося із додаванням дистильованої води ~20 %. Отриману суміш висушували в електричній шафі при температурі 120 °С протягом 24 годин. Орієнтуючись на виробничі потужності та обладнання, напівсухе пресування проводилося ступінчасто – 10, 30, 50 та 100 % від максимального тиску з метою уникнення запресовування повітря. Максимальний тиск пресування становив 30 (пресування) та 60 МПа (гіперпресування). Спінання проводилося із розміщенням зразків у спецформі в електропечі при температурі 1200 °С. Режими спінання визначалися, виходячи з рекомендацій, відповідно до термічних перетворень в каолініті [6] та пірофіліті [9, 10].

**Викладення основного матеріалу. Пористість.** Відомо, що пористість негативно впливає на властивості кераміки (за виключеннями теплоізоляційної кераміки), більшою мірою це стосується механічних властивостей, за рахунок того, що, по-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. Визначення пористості проводилося згідно з ГОСТом 7025-91. Результати представлено на рисунку 1.

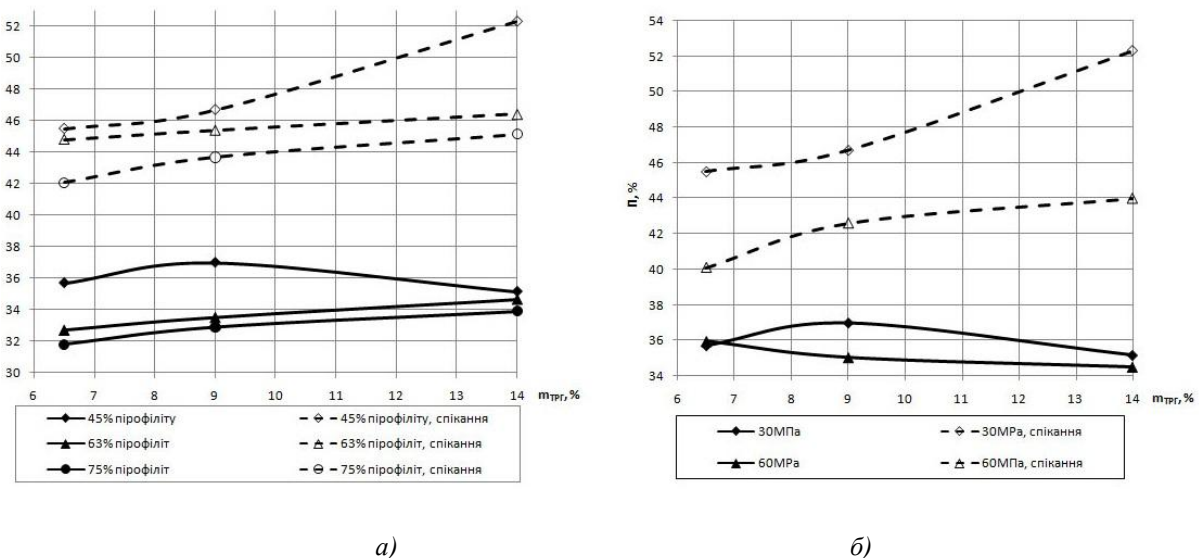


Рис. 1. Залежність пористості графіт-керамічних КМ до та після спікання у спецформі:  
 а – від концентрації ТРГ для різних масових концентрацій пірофіліту;  
 б – від тиску пресування при 45 % мас. пірофіліту

Отримані залежності показали значну зміну пористості зразків до та після спікання

(9–17 %), що є результатом, по-перше, термохімічних перетворень вихідного каоліну та пірофіліту (утворення муліту та силіманіту, дегідратація глинистих мінералів тощо), по-друге, за рахунок значної зміни лінійних розмірів зразка та термічної пружної післядії спресованого ТРГ.

Зразки з найменшим вмістом пірофіліту (45 % мас. 30 та 60 МПа) змінюють характер залежності пористості від концентрації ТРГ від низхідного до спікання і до висхідного після спікання, що добре узгоджується з отриманими результатами в роботах [3–5]. Зменшення пористості зі збільшенням концентрації ТРГ для зразків 45 % мас. пірофіліту може бути пояснене тим, що пірофіліт, на відміну від графіту, має відносно невеликий коефіцієнт стискання. Саме тому з відносним збільшенням вмісту графіту за масою відбувається зниження пористості до спікання. Даний фактор підтверджується тим, що при рівних умовах зразки матеріалу з більшим вмістом графіту мають менші геометричні розміри за рахунок кращого сумарного ефекту ущільнення. Зростання пористості після спікання пояснюється пружною післядією термічно ТРГ – чим більше ТРГ, тим більша сумарна пружна післядія при термообробці, тим більша кінцева пористість зразків матеріалу.

Зі збільшенням масової концентрації пірофіліту має місце висхідна залежність пористості від збільшення вмісту ТРГ за масою. Пояснення даної закономірності, на нашу думку, впливає з домінуючої ролі коефіцієнта спресованості пірофіліту за рахунок значного вмісту останнього в складі (63–75 %).

Взагалі, пористість, за даних умов проведення експерименту, змінюється у межах 32–36 % до спікання та 42–52 % після спікання і більшою мірою залежить від концентрацій пірофіліту та графіту.

Рисунок 1, б показує незначну різницю пористості зразків до спікання (до 1 %) при тисках пресування 30 та 60 МПа та відносно більшу різницю пористості після спікання (до 8,3 %). Така закономірність може бути пояснена тим, що при гіперпресуванні (60 МПа) відбувається зростання відсотка пластичної деформації часток матеріалу по відношенню до пружної і таким чином зменшується сумарна пружна післядія після термообробки. Крім того, при 60 МПа має місце часткове поверхнєве руйнування глинистих мінералів та витискання води з глибинних шарів з подальшим зв'язуванням частинок між собою водою з розчиненими в ній колоїдами. Це, в свою чергу, зменшує пружну післядію за рахунок більшої зв'язності частинок.

З огляду на наявні термохімічні перетворення, у процесі виготовлення композита, в даному випадку на основі каоліну та пірофіліту, варто звернути увагу на наступні особливості. Згідно із термогравіметричною кривою каоліну, найбільші втрати маси відбуваються у діапазоні температур 500–600 °С, що пов'язані з видаленням із каоліну, відповідно хімічно зв'язаної води, що супроводжується деякою усадкою матеріалу внаслідок утворення метакаолініту  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ . В інтервалі температур 900–1000 °С  $\gamma$ -глинозем переходить у  $\alpha$ -глинозем і починає викристалізовуватися муліт ( $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ), вміст якого зростає при підвищенні температури до 1100 °С [7].

Вказані структурні зміни в матеріалі спричиняють зміну об'єму керамічної складової та зменшення маси зразків, що, у свою чергу, викликає зміну пористості матеріалу. Наприклад, густина муліту становить  $3,1 \text{ г/см}^3$  і відрізняється від густини вихідного каолініту  $2,6 \text{ г/см}^3$  та пірофіліту  $2,7 \text{ г/см}^3$ , за рахунок чого збільшується об'єм пор у матеріалі за умови незмінності об'єму зразка. З іншого боку, варто звернути увагу на наявність кварцу у вихідному каоліні та пірофіліті, якого може міститися до 40 %, який при вказаному температурному діапазоні має ряд поліморфних перетворень, що, як правило, супроводжується зростанням об'єму. При температурі 575 °С  $\alpha$ -кварц переходить у  $\beta$ -кварц зі збільшенням об'єму на 2,4 %. Небезпека такого переходу полягає у тому, що він протікає занадто швидко і може стати причиною розтріскування виробів. При температурі 870 °С  $\beta$ -кварц перетворюється в  $\alpha$ -тридиміт зі збільшенням об'єму на 12,7 %, окрім того, частина  $\alpha$ -кварцу переходить у  $\alpha$ -кристобаліт при 1300–1350 °С зі збільшенням об'єму на 17,4 %. Оскільки вказані перетворення протікають дуже повільно, а температурні умови змінюються швидко, у черепках виробів, відпалених при 1350–1410 °С, будуть знаходитися зерна  $\beta$ -кварцу, на поверхні яких у вигляді тонкого шару розміщуються зерна  $\alpha$ -кристобаліту, а також кристали муліту, склоподібна фаза і пори. Об'ємні зміни таких переходів представляють меншу небезпеку розтріскування черепка виробу, ніж модифікаційні перетворення

кварцу при 575 °С. При охолодженні виробів відбуваються зворотні перетворення β-кварцу і α-кристобаліту, які протікають із великою швидкістю внаслідок подібності кристалічних ґраток модифікацій α-, β- та γ-форм [8].

У роботі [9] було досліджено термохімічну поведінку пірофіліту під час нагрівання. Було виявлено пік ендотермічного ефекту при 760 °С, котрий спричинений дегідратацією пірофіліту, що завершується при 840 °С. Варто зазначити ширший ендотермічний пік, порівняно з каолінітом. Екзотермічні піки спостерігаються при температурах 1215 і 1325 °С, що пов'язані з термічним розкладанням пірофіліту та кристалізацією муліту та кристобаліту. Дослідження за допомогою рентгеноструктурного аналізу в роботі [10] показують, що в інтервалі температур 1150–1200 °С кількість пірофіліту зменшується дуже швидко за рахунок кристалізації муліту та кристобаліту. В роботі [2] вказується на утворення муліту при 950 °С та кристобаліту при 1120 °С. На нашу думку, така розбіжність результатів досліджень може бути пояснена впливом домішок. Також на даний факт має вплив розмір частинок та вплив способу помелу матеріалу: помел може змінювати координацію частинок; може спричинити ковзання шарів один відносно одного та деформацію самих шарів; може відбуватися значна дифузія матеріалу помольного обладнання.

Важливо зазначити, що пірофіліт втрачає вагу до 1050 °С, найінтенсивнішою втратою ваги в діапазоні температур 700–800 °С за рахунок реакцій дегідратації – виділення молекулярної води, що описується реакцією  $2\text{OH}^- = \text{O}^{2-} + \text{H}_2\text{O} (\text{г})$ . В цьому інтервалі температур повинна бути невелика швидкість нагрівання для поступового виділення води без створення додаткових напружень в матеріалі. Загальна втрата ваги пірофіліту становить 5 %. Для порівняння: каолініт у діапазоні температур 500–600 °С втрачає 11,9 % та загальна втрата ваги становить 13,92 % [7]. Відповідно швидкість нагрівання в інтервалі температур 500–600 °С також повинна бути невисокою для виділення води. Ці два обмеження частково визначають режим відпалу у вказаних діапазонах.

Звідси можна зробити висновок, що термохімічні перетворення в пірофіліті мають менший вплив на зміну пористості після спікання, ніж перетворення каолініту. Це одна із причин зменшення пористості після спікання зі збільшенням вмісту пірофіліту.

**Електричний опір графіт-керамічних КМ.** Вимірювання електричного опору виготовлених зразків КМ проводилося у двох напрямках – паралельно та перпендикулярно осі пресування. Результати вимірювань представлено на рисунку 2. Для вимірювання підбиралися лише спечені матеріали внаслідок значної чутливості електричного опору зразків до зміни напружено-деформованого стану.

Важливо зазначити, що у роботі [13] результати комп'ютерних модельних експериментів чітко вказують на залежність ефективної провідності композитів від форми включень, в тому числі і діелектричних. Це пояснюється тим, що обтікання електричним струмом непровідної частки подібне до обтікання ідеальною рідиною непрохідної перешкоди тієї ж форми. Тому можна зробити висновок про прогнозований вплив масового вмісту пірофіліту на поріг протікання.

Аналізуючи отримані графіки, варто зазначити наступні особливості.

По-перше, з графічних залежностей (рис. 2, а) випливає, що масовий вміст пірофіліту впливає на граничну концентрацію ТРГ перколяційної системи, що узгоджується з результатами роботи [13].

По-друге, збільшення вмісту пірофіліту за масою знижує питомий електричний опір композита, 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.

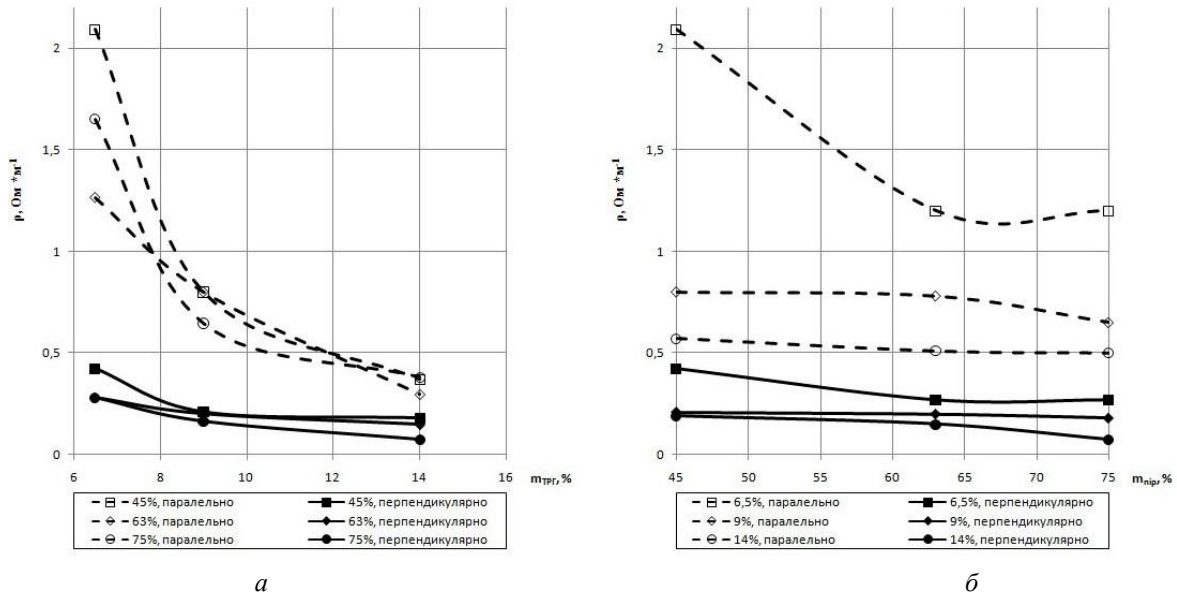


Рис. 2. Питомий електричний опір ЕГККМ:

а – залежно від масової концентрації ТРГ; б – залежно від вмісту пірофіліту

Результати експериментального дослідження тиску пресування та властивості КМ показано на рисунку 3.

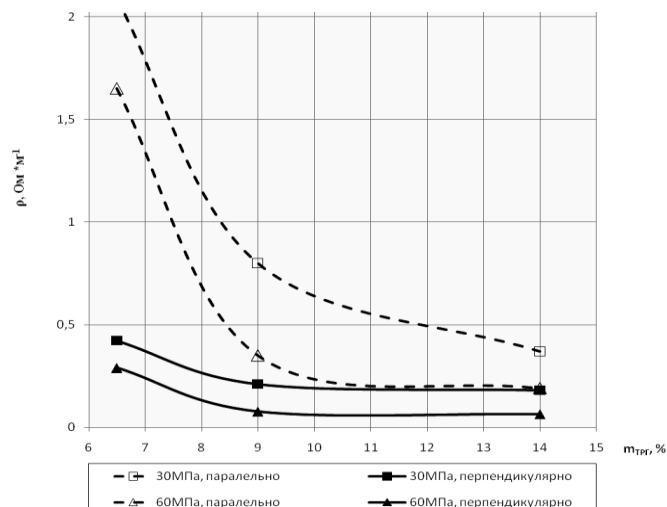


Рис. 3. Залежність питомого електричного опору від тиску пресування

Вплив тиску пресування на поведінку питомого електричного опору отриманої графіт-кераміки подібний у напрямках вздовж та впоперек осі пресування. Тобто зростання тиску сприяє зниженню опору в напрямку як вздовж осі пресування, так і впоперек. Цей факт не узгоджується з результатами представленими в роботі [5], де стверджується, що збільшення тиску сприяє утворенню плоскіших агломератів графіту, що зменшує провідність. На нашу думку, це може бути пояснено впливом форми та властивостей пірофіліту на процес спресовування графіту, а саме: пірофіліт менш пластичний, ніж каолінит [14] і дана особливість перешкоджає утворенню плоскіших агломератів ТРГ за рахунок неподатливості пірофілітового «каркаса».

#### Висновки:

1. Аналіз літературних джерел вказує на те, що пірофіліт є нетрадиційною та перспективною

сировиною для покращання термічних, електричних та механічних властивостей існуючих ЕГККМ на основі каолінітової матриці. Вказані покращання 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, що підвищує ударну в'язкість та механічну міцність.

2. Характер зміни пористості до спікання зі збільшенням концентрації ТРГ змінюється від низхідної для вмісту пірофіліту 45 % мас. до висхідної для вмісту пірофіліту 63 та 75 % мас. Це може бути пояснене тим, що при вмісті пірофіліту 45 % мас. більший вплив на сумарний ефект ущільнення зразка має каолініт та ТРГ, що мають більший коефіцієнт стискання, ніж пірофіліт, тому при збільшенні ТРГ пористість до спікання зменшується. На нашу думку, при цьому має місце втискування твердих частинок пірофіліту в більш пластичні частки ТРГ до утворення жорсткого пірофілітового «каркаса». Зі збільшенням масової частки пірофіліту змінюється співвідношення пластичних складових (ТРГ, каолініт) до непластичних (пірофіліт), що, в свою чергу, зменшує явище «втискування» непластичних часток у пластичні і сприяє відносно меншій зміні розмірів під час пресування. Крім того, зміна концентрацій спричиняє зміни пропорцій між окремими фракціями матеріалів і таким чином змінюється співвідношення розмірів різних частинок, що змінює щільність укладки [15–17]. Разом із тим, гранулометричний склад має вплив і на характер розподілу частинок, тому при зміні концентрацій складових матеріалів композита має місце певна переорієнтація частинок зі зміною щільності упаковки частинок.

3. 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 вологи, 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.

4. З аналізу графічних залежностей питомого опору залежно від масової частки ТРГ та пірофіліту можна зробити висновок, що масовий вміст пірофіліту впливає на граничну концентрацію ТРГ перколяційної системи. Це пояснюється відмінністю форми частинок пірофіліту від каолініту, що, в свою чергу, викликає переорієнтацію електропровідних часток та відповідно змінює протікання струму.

#### Список використаної літератури:

1. Электропроводящие композиты на основе термически расширенного графита / И.М. Афанасов, В.А. Морозов, А.Н. Селезнев, В.А. Авдеев // Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Неорганические материалы. – 2008. – Т. 44, № 6. – С. 689–693.
2. Толкач О.М. Визначення основних критеріїв пірофілітових сланців / О.М. Толкач, Р.В. Соболевський // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – Житомир, 2011. – № 2 (56). – С. 100–106.
3. Перколяційно-фрактальні матеріали: властивості, технології, застосування : монографія / І.Г. Грабар, О.І. Грабар, О.А. Гутніченко, Ю.О. Кубрак. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 354 с.
4. Стельмах О.І. Электроопір композиційних матеріалів на основі терморозширеного графіту / О.І. Стельмах, Л.Ю. Мацуї, Л.Л. Вовченко / Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка / Фізико-математичні науки. – 2007. – С. 408–412.
5. Гутніченко О.А. Структура та властивості графіт-керамічних композиційних матеріалів при спіканні у закритих формах / О.А. Гутніченко, О.Л. Мельник // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – № 1 (56). – С. 3–9.
6. Mukhopadhyay T.K. Pyrophyllite as raw material for ceramic applications in the perspective of its pyro-

- chemical properties / *T.K. Mukhopadhyay, S.Ghatak, H.S. Maiti*. Central Glass & Ceramic Research Institute, Council of Scientific & Industrial Research, Kolkata (India), *Ceramics International*. – 2010. – № 36. – Pp. 909–916.
7. *Юшкевич М.О.* Технология керамики / *М.О. Юшкевич, М.И. Rogовой*. – М. : Изд-во литературы по строительству, 1969. – 339 с.
  8. *Балкевич В.Л.* Техническая керамика / *В.Л. Балкевич*. – М. : Стройиздат, 1984. – 256 с.
  9. *Sanchez P.J.* Thermal analysis of pyrophyllite transformation / *P.J. Sanchez* // *Institute de Recursos Naturales y Agrobiologia, C. S. I. C., Sevilla (Spain)*. *Thermochimica Acta*. – 1989. – № 138. – Pp. 267–276.
  10. The effect of firing temperature on properties of natural steatite and pyrophyllite / *B.Joe, R.C. Kersey, Jerner, J.Mater.* – *Sci. 7 (1972)*. – Pp. 621–626.
  11. The influence of ultrasound on the thermal behaviour of clay minerals / *J.L. P'erez-Rodr'iguez, J.Pascual, F.Franco and al.* // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2006. – № 26. – Pp. 747–753.
  12. Preparation of nano-pyrophyllite: Comparative study of sonication and grindin / *J.L. Perez-Rodrigueza, A.Wiewiorab, V.Ramirez-Vallea and al.* // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 2007. – № 68. – Pp. 1225–1229.
  13. *Балагуров Б.Я.* О влиянии формы включений на проводимость двухмерных моделей композитов / *Б.Я. Балагуров* // *Журнал технической физики*. – 2011. – Т. 81, Вып. 5.
  14. *Якупова Л.В.* Технология безобжиговых композитов строительного назначения на основе пиррофиллитового сырья : дис. к.т.н. / *Л.В. Якупова*. – Уфа, 2009.
  15. *Furnas C.C.* Relations Between Specific Volume, Voids and Size Composition in Systems of Broken Solids of Mixed Sizes / *C.C. Furnas* // *U.S. Bureau of Mines Report of Investigations*. – 1928.
  16. *Dinger D.R.* Predictive Process Control of Crowded Suspensions / *D.R. Dinger, J.E. Funk*, // *JEFCO Ceramic Consultants, Seneca*. – 1993.
  17. *Funk J.E.* Predictive Process Control of Crowded Particulate Suspensions Applied to Ceramic Manufacturing / *J.E. Funk, D.R. Dinger* // *Kluwer Academic Publishers, Boston*. – 1994.

МЕЛЬНИК Олександр Леонідович – аспірант кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- електропровідні композиційні матеріали;
- математичні моделі для прогнозування механічних властивостей композитів.

ТОЛКАЧ Олександр Миколайович – аспірант кафедри геотехнологій ім. проф. М.Т. Бакка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- технологія видобування корисних копалин.

САЛОГУБ Євген Вікторович – асистент кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- властивості поверхневого шару металевих конструкційних матеріалів.

Стаття надійшла до редакції 25.07.2012

**Мельник О.Л., Толкач О.М., Салогуб Є.В.** Електропровідні композиційні матеріали на основі пірофілітових сланців та термічно розширеного графіту

**Мельник А. Л., Толкач А.Н., Салогуб Е.В.** Электропроводящие композиционные материалы на основе пирофиллитовых сланцев и термически расширенного графита

**Melnik O.L., Tolkach O.M., Salogub E.V.** Electroconductive composite materials based on pyrophyllite schists and thermally expanded graphite

УДК 620.168:621.763:661.666.2

**Электропроводящие композиционные материалы на основе пирофиллитовых сланцев и термически расширенного графита / А.Л. Мельник, А.Н. Толкач, Е.В. Салогуб**

Методом механического смешения впервые были получены электропроводящие композиционные материалы на основе термически расширенного графита (ТРГ), пирофиллита и каолинита (в качестве связующего компонента). Показана перспективность использования пирофиллитового сырья в качестве матрицы и возможность частичной замены ею каолинита. Проведен сравнительный анализ основных функциональных свойств композита. Обосновано технологию изготовления электропроводящих композиционных материалов на основе пирофиллитовых сланцев

УДК 620.168:621.763:661.666.2

**Electroconductive composite materials based on pyrophyllite schists and thermally expanded graphite / O.L. Melnik, O.M. Tolkach, E.V. Salogub**

By mechanical mixing first had been obtained of electroconductive composite materials based on thermally expanded graphite (TEG), pyrophyllite and kaolinite (as binder). It has been shown the perspective by use of pyrophyllite raw material as the matrix and the possibility of partial replacement of kaolinite by it. A comparative analysis had been conducted of the main functional properties of the composite. A manufacturing techniques of electroconductive composite materials based on pyrophyllite schists have been justified.