



Мельник Л. І.



Білоусов О. Ю.



Свідерський В. А.



Черняк Л. П.

Мельник Л. І., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, ✉ luba_xtkm@ukr.net ☎ +38 (063) 723 81 79;

Білоусов О. Ю., здобувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, ✉ belousov-oleg@ukr.net ☎ +38 (050) 546-27-55;

Свідерський В. А., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, ✉ xtkm@kpi.ua ☎ +38 (067) 777 62 42;

Черняк Л. П., доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, ✉ lpchernyak@ukr.net ☎ +38 (067) 298 57 75; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Перемоги, 37, корп. 21, м. Київ, Україна, 03056

Liubov Melnyk, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Composite Materials ✉ luba_xtkm@ukr.net ☎ +38 (063) 723 81 79;

Oleg Bilousov, applicant of the Department of Chemical Technology of Composite Materials, ✉ belousov-oleg@ukr.net ☎ +38 (050) 546-27-55;

Valentin Svidersky, doctor of technical sciences Sciences, Professor, Head of the Department of Chemical Technology of Composite Materials, ✉ xtkm@kpi.ua ☎ +38 (067) 777 62 42;

Lev Chernyak, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemical Technology of Composite Materials, ✉ lpchernyak@ukr.net ☎ +38 (067) 298 57 75; National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Siekorsky», 37 Peremohy Avenue, 21, Kyiv, Ukraine, 03056

ПИТАННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЕМНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

TO THE QUESTION OF REDUCTION OF POWER-HUNGRYNESS OF MAKING OF POROUS COMPOSITION MATERIALS

К ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Анотація. Подано результати досліджень по технології виготовлення пористих композиційних матеріалів на основі систем наповнювач – сополімер. Показано особливості порової структури та властивостей матеріалу при використанні 80-89 мас. % керамічного шамоту і природного цеоліту із Latex 2012 як зв'язуючим.

Ключові слова: композиційний матеріал, наповнювач, сополімер, склад, ліофільність, пористість, властивості.

Abstract. Results of researches on technology of making of porous composition materials on basis of the systems a filler – copolymer are given. The features of pore structure and properties of material at the use of 80-89 % ceramic chamot and natural zeolite with Latex 2012 as connective are shown.

Keywords: composition material, filler, polymer, composition, liophilicity, porosity, properties.

Аннотация. Приведены результаты исследований по технологии изготовления пористых композиционных материалов на основе систем наполнителя – сополимер. Показаны особенности поровой структуры и свойств материала при использовании 80-89 мас. % керамического шамота и природного цеолита с Latex 2012 как связующим.

Ключевые слова: композиционный материал, наполнитель, сополимер, состав, лиофильность, пористость, свойства.

Вступ

Фізико-механічні та експлуатаційні характеристики композиційних матеріалів різного призначення визначаються властивостями різновидів наповнювачів і зв'язуючих, їх кількісним співвідношенням, способами виготовлення [1-3].

Наповнювач є армуючим компонентом композиту, що надає матеріалові міцності, жорсткості, стабільності властивостей в певному температурному інтервалі [4]. Як наповнювачі використовують природні та штучні матеріали різного генезису, складу та властивостей [5], що потребує врахування при визначенні вихідних мас для виробництва композитів.

Ефективність виробництва залежить також від енергоємності обраної технології. Так, підвищена енергоємність керамічних пористих фільтруючих композитів визначається використанням шамоту високотемпературного випалу (1300-1350 °C) та необхідністю випалу при максимальній температурі 900-1200 °C кінцевого продукту на основі системи шамот-зв'язуюче [6-8].

В цьому зв'язку виникає доцільність використання менш енергоємного шамоту низькотемпературного випалу [9], ширше застосування природної сировини, зокрема вулканічного походження [10], впровадження безвипалювальної технології виготовлення композитів на основі систем мінеральний наповнювач-полімерне зв'язуюче [11].

Можливість регулювання структури та властивостей композиційних матеріалів, зменшення енергоємності виробництва при залученні в їх виробництво нових різновидів вихідної сировини визначають актуальність даних досліджень.

Методи та об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження стали композиційні матеріали на основі системи дисперсний наповнювач – сополімер при диференціації різновиду та кількісного співвідношення компонентів.

Як наповнювачі використовували лубенський шамот (код проб Л) – продукт подрібнення керамічної цегли, виготовленої з легкоплавкої полімінеральної глини та випаленої у кільцевій печі періодичної дії при максимальній температурі 950 °C, та природний цеоліт Сокирицького родовища Закарпатської області (код проб Z).

Наповнювачі мали однакову ступінь дисперсності при розмірі частинок < 0,5 мм.

Як зв'язуючий компонент використовували водну стирол-бутадієнову дисперсію марки Latex 2012 (табл. 1). Концентрація сополімеру у вихідних масах визначалась за масою в сухому залишку.

Спосіб виготовлення зразків композиту включав операції:

- змішування та механоактивація наповнювача і зв'язуючого шляхом спільного розтирання;
- дозування наважок масою 15,0 г;
- формування зразків матеріалу на гідравлічному пресі при однаковому тиску.

Таблиця 1.

Характеристики сополімеру

Показники	Марка сополімеру
	Latex 2012
Зовнішній вигляд	Водна дисперсія білого кольору
Вмістом сухого залишку,%	51,0%
pH	5,5
В'язкість, МПа·с	200
Температура (МТПУ), °С	< 5
Хімічний склад	Стирол-бутадієн
Вміст стиролу, %	30
Вміст бутадієну, %	70
Розмір часток, нм	140

Методика роботи передбачала поєднання фізико-хімічних методів аналізу сировини та композитів з неї з технологічними тестуваннями властивостей матеріалу:

- аналіз хімічного складу сировинних компонентів за стандартними методиками;
- аналіз властивостей поверхні та ліофільності дисперсних частинок при натіканні полярною і неполярною рідиною [12,13];
- рентгенофазовий аналіз (РФА) проводили за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-4-07 (CuKa-випромінювання, Ni-фільтр), підключеного через інтерфейс до комп'ютера, що дозволило проводити зйомку дифрактограм в чисельному вигляді в діапазоні 2-90 2 θ з регулюванням кроку 0,05°; час експонування кожної точки – 6 секунд. В якості зовнішніх стандартів використовували SiO₂ (стандарт 2 θ) і Al₂O₃ (стандарт інтенсивності). При розшифровці фазового складу використовували базу даних Міжнародного комітету порошкових дифракційних стандартів (JCPDS);
- тестування фізико-технічних характеристик зразків матеріалу.

Аналіз складу і властивостей наповнювачів

Досліджувані наповнювачі штучного та природного походження суттєво відрізняються за хіміко-мінералогічним складом.

За хімічним складом при приблизно однаковому вмісті SiO₂ природний цеоліт характеризується кількісним співвідношенням SiO₂ : Al₂O₃ = 5,2 проти 6,1 для шамоту, має менший вміст CaO при більшій кількості лужних оксидів Na₂O + K₂O (табл. 2).

Аналіз мінералогічного складу досліджуваної сировини показав, що основним породотворюючим мінералом цеоліту є кліноптилоліт (65–80 %), а лубенський шамот містить полікристалічний комплекс із переважною кількістю кварцу і польових шпатів (рис. 1, 2).

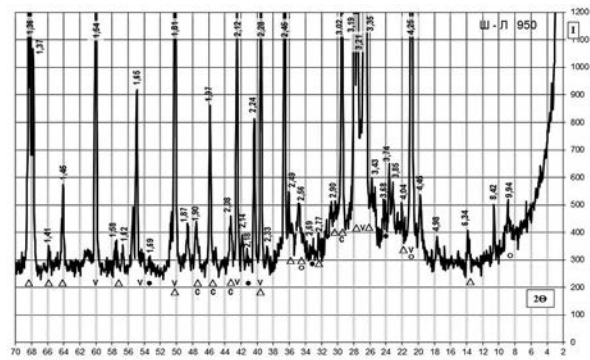


Рис. 1. Дифрактограма проби лубенського шамоту.

Позначення:

- v – кварц,
- Δ – польовий шпат,
- o – гідрослюда,
- – гематит,
- x – кальцит

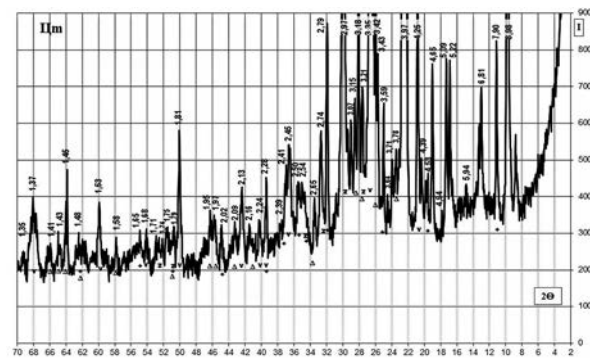


Рис. 2. Дифрактограма проби цеоліту

Сокирницького родовища.

Позначення:

- z – цеоліт,
- v – кварц,
- + – каолінит,
- Δ – польовий шпат

Оцінка енергетичного стану поверхні та ліофільність частинок наповнювачів як фактору взаємодії з водною дисперсією сополімеру свідчить про суттєві відмінності при натіканні полярною і неполярною рідинами (табл. 3).

При цьому очевидно, що навіть при рівних показниках змочування суттєво більша ефективна питома поверхня цеоліту визначає відповідно більшу ступінь взаємодії з сополімером при формуванні порової структури композиту.

Таблиця 2.

Хімічний склад наповнювача

Назва проби	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п
Шамот	66,93	10,90	3,04	0,62	7,96	1,54	0,97	1,96	4,50
Цеоліт	68,02	13,04	1,92	0,30	2,71	1,63	1,57	2,64	16,94

Таблиця 3.

Властивості поверхні природних матеріалів

Матеріал	Змочування при натіканні		Питома ефективна поверхня, м ² /г		Умовний tgδ
	Коефіцієнт фільтрації, К·10 ⁻⁶ см ³ ·с/г		вода	ксилол	
	вода	ксилол			
Шамот лубенський	0,65 1,52	0,47 1,05	9,00	5,45	0,018
Цеоліт	0,71 2,97	0,47 2,10	18,10	12,90	0,025

Порова структура та властивості досліджуваних композитів

Отримані результати тестувань показують наявність загальних закономірностей та суттєві відмінності у поровій структурі та показниках властивостей досліджуваних композитів (табл. 4, рис. 3, 4).

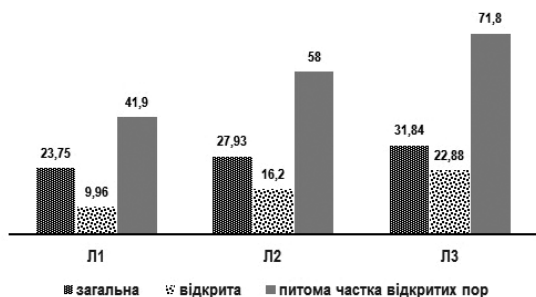


Рис. 3. Співвідношення різновидів пористості композиту на основі шамоту

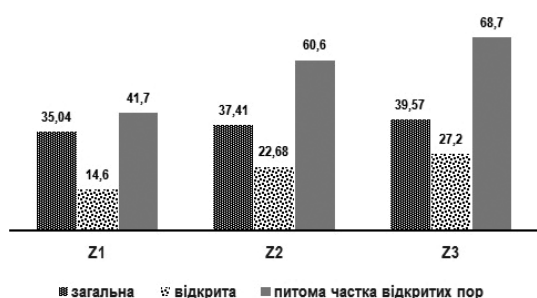


Рис. 4. Співвідношення різновидів пористості композиту на основі цеоліту

Так, до загальних закономірностей при збільшенні концентрації наповнювачів відносяться зростання відкритої та загальної пористості, водопоглинання, пружності та відносної деформації при стиску, зменшення абразивної стійкості.

Разом з тим, при цьому абсолютні значення показників вказаних характеристик і інтенсивність їх змін суттєво різняться. Для композиту на основі цеоліту у порівнянні з композитом на основі лубенського шамоту при зростанні концентрації наповнювача від 80 до 89 мас. %:

- відкрита пористість збільшується в 1,9 раз і досягає 27,20 % проти відповідно – в 2,3 рази і 22,88 %;
- загальна пористість збільшується в 1,1 раз і досягає 39,57 % проти відповідно – в 1,3 рази і 31,84 %;
- водопоглинання збільшується в 1,8 раз і досягає 19,3 мас. % проти відповідно – в 2,3 рази і 14,0 мас. %;
- відносна деформація при стиску збільшується в 1,5 рази і досягає 58,9 % проти відповідно – в 4,6 рази і 30,6 %;
- втрати маси при стиранні становлять 0,023-0,034 проти 0,003-0,009 г/см².

Висновки

1. На основі результатів комплексного дослідження складу, порової структури та властивостей матеріалу показана можливість виготовлення безвипалювальних пористих композитів на основі системи мінеральний наповнювач-полімерне зв'язуюче.

2. Визначено доцільність використання керамічного шамоту низькотемпературного випалу та природного цеоліту як наповнювачів пористих композитів з метою зменшення енергоємності та підвищення ефективності виробництва.

3. Виявлено відмінності формування порової структури в системі мінеральний наповнювач-сополімер в залежності від ліофільності та розвитку питомої поверхні частинок наповнювача.

Таблиця 4.

Фізико-механічні властивості композиційного матеріалу

Код зразків	Концентрація наповнювача, Сн, мас. %	Водопоглинання, w, мас. %	Середня густина, г/см ³	Відносна деформація при стиску, %	Стираність, г/см ²
Л1	80	6,0	1,66	6,70	0,005
Л2	84	9,8	1,65	9,10	0,006
Л3	89	14,0	1,63	30,57	0,009
Z1	80	11,0	1,46	39,01	0,023
Z2	84	16,2	1,41	54,86	0,028
Z3	89	19,3	1,40	58,93	0,034

Література:

1. Chawla Krishan K. Composite Materials. Science and Engineering. – Springer International Publishing, 2012. – 560 p.
2. Ever J. Barbero. Introduction to Composite Materials Design. 3rd Edition. – CRC Press, 2017. – 570 p.
3. Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Козомазов В.Н. Полимерные композиционные материалы. Уч.пос. для ВУЗов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2013. – 475 с.
4. M.D.Kiran, H.K. Govindaraju, T. Jayaraju, Nithin Kumar. Review-Effect of Fillers on Mechanical Properties of Polymer Matrix Composites // Materialstoday: Proceedings, 2018. – Vol. 5, Is. 10. – Part 3. – pp. 22421-22424.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие / Под ред. Г.С. Каца, Д.В. Милевски. – М.: Химия, 1981. – 255 с.
6. Смирнова К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации. – М.: Стройиздат, 1968. – 172 с.
7. Белоусов О.Ю. Пористая керамика для систем водоочистки / О.Ю. Белоусов // Строительные материалы и изделия. – 2007. – № 1(42). – С.27-28.
8. Hammel E.C. Processing and properties of advanced porous ceramics: An application based review / E.C.Hammel, O.L.-R.Ighodaro, O.I.Okoli // Ceramics International, 2014. – Vol. 40. – Is. 10. – Part A. – pp. 15351-15370.
9. Білоусов О.Ю. Різновиди шамоту як фактор впливу на структуру та властивості пористої кераміки / О.Ю. Білоусов, В.А. Свідерський, Л.П. Черняк, О.М. Шнирук // Строительные материалы и изделия. – 2020. – № 1-2. – С. 40-42.
10. Черняк Л.П. Структурні зміни та властивості магматичних порід Західної України // Кераміка: наука і життя, 2016. – № 4 (33). – С. 4 – 12.
11. Мельник Л.І., Черняк Л.П., Козловець О.В. Композиційний матеріал на основі андезиту Закарпаття // Кераміка: наука і життя, 2020. – № 3 (48). – С. 13 – 17.
12. Пашенко А.А., Крупа А.А., Свідерський В.А. К вопросу определения гидрофобности пористых дисперсных материалов// Докл. АН УССР. – Сер. Б. – 1974. – №10. – С. 913-916.
13. Myronyuk O., Baklan D., Nudchenko L. Evaluation of the Surface Energy of Dispersed Aluminium Oxide Using Owens-Wendt Theory. Technology Audit and Production Reserves, 2020, 2 (1 (52)), 25–27.