



Білоусов О. Ю.



Свідерський В. А.



Черняк Л. П.



Шнирук О. М.

**Білоусов О. Ю.,**

здобувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,  
☎ +38 050 546-27-55 ✉ belousov-oleg@ukr.net

**Свідерський В. А.,** доктор техн. наук, професор,  
завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,  
☎ +38 067 777-62-42 ✉ xtkm@kpi.ua

**Черняк Л. П.,** доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,  
☎ +38 067 298-57-75 ✉ lpchernyak@ukr.net

**Шнирук О. М.,**  
асистент кафедри хімічної технології композиційних матеріалів,  
☎ +38 097477-82-66 ✉ Shnyruk@gmail.com

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
проспект Перемоги 37, корпус 21, м.Київ, 03056, Україна

**Oleg Belousov,**

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

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

**Lev Chernyak,** Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Chemical Technology of Composite Materials,  
☎ +38 067 298-57-75 p lpchernyak@ukr.net

**Oleg Shnyruk,** assistant,  
Department of Chemical Technology of Composite Materials,  
☎ +38 097477-82-66 ny Shnyruk@gmail.com

National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»,  
37 Peremohy Avenue, 21, Kyiv, 03056, Ukraine

## РІЗНОВИДИ ШАМОТУ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ПОРИСТОЇ КЕРАМІКИ

### DIFFERENT TYPES OF CHAMOT AS FACTOR OF INFLUENCE ON STRUCTURE AND PROPERTIES OF POROUS CERAMICS

### РАЗНОВИДНОСТИ ШАМОТА КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ

**Анотація.** Подано результати дослідження пористих матеріалів на основі продуктів керамічного виробництва - шамоту як фракціонованого наповнювача. Показано особливості утворення порової структури матеріалу при використанні шамоту різного хіміко-мінералогічного складу в умовах швидкісного випалу.

**Ключові слова:** кераміка пориста, шамот, хімічний склад, фазовий склад, ліофільність, випал, пористість.

**Abstract.** The results of research of porous materials on the basis of products of ceramic production - chamot as a fractionating filler are given. The features of formation of structure of material at the use of chamot with different chemical and mineralogical compositions in the conditions of speed baking are shown.

**Keywords:** porous ceramics, chamot, chemical composition, phase composition, liophilicity, baking, porosity.

**Аннотация.** Приведены результаты исследования пористых материалов на основе продуктов керамического производства - шамота как фракционированного наполнителя. Показаны особенности образования поровой структуры материала при использовании шамота различного химико-минералогического состава при скоростном обжиге.

**Ключевые слова:** керамика пористая, шамот, химический состав, фазовый состав, лиофильность, обжиг, пористость.

#### Вступ

Пористі фільтрувальні матеріали та системи застосовуються в різних областях науки, техніки, промисловості, у сільськогосподарстві, медицині. Вони стали вагомим фактором вирішення питань технології, ресурсозбереження, охорони довкілля та забезпечення життєвої діяльності [1,2]. При цьому розширення сфер застосування пов'язане з необхідністю підвищення показників властивостей та експлуатаційної надійності шляхом оптимізації технології виробництва. Базовим елементом технології є вихідні сировинні матеріали, вибір яких потребує поглиблення уявлень про фізико-хімічний склад та властивості.

Практичне розповсюдження в системах фільтрування та очищення отримали керамічні пористі вироби [3,4]. В зв'язку з цим виконано ряд розробок по розширенню асортименту виробів відповідно до напрямків та умов їх експлуатації [3-9].

Кераміку із пористістю 37-42 % для фільтрації та аерації отримують по технології, що базується на регулюванні параметрів пористості шляхом використання шамоту певного гранулометричного складу та спеціальних зв'язуючих. Вироби формують методами напівсухого пресування або трамбування, сушать та випалюють при максимальній температурі 1150-1200°C.

Набув розповсюдження спосіб виготовлення пористих керамічних виробів із суміші шамоту або кварцового піску (84,0-85,5 мас. %) із зв'язуючими на основі розчинного скла (14,5-16,0 мас. %) шляхом формування, сушки та випалу.

Суть способу полягає в використанні наповнювача із заданою гранулометриєю зерен, які після об'ємного розподілу при формуванні утворюють пори необхідного розміру. При цьому

саме характеристики пористості відносять до основних факторів, що визначають фільтраційні властивості матеріалу [10-12].

Разом з тим, з сучасних позицій хімії поверхні та фізичної хімії силікатів [13,14] очевидно, що ефективність використання пористої фільтрувальної кераміки має залежати не лише від оптимізації гранулометрії шамоту та загальної пористості виробів, але й від міри розвитку відкритих пор та властивостей поверхні, в тому числі ліофільності, матеріалів, які застосовують як наповнювач. В цьому напрямку виконано подану роботу.

#### Характеристика об'єктів та методів дослідження

Об'єктами дослідження стали пористі керамічні вироби для фільтрування, очищення рідин і газів, виготовлені на основі різновидів шамоту ТОВ «Керамейя» (м. Суми) та ПАТ «Часівоярський вогнетривкий комбінат» (Донецька область).

Обраний для дослідження шамот відрізняється вихідною сировиною та технологічними параметрами виробництва:

- сумський шамот (проба К) є продуктом подрібнення керамічної цегли, виготовленої з суміші легкоплавкої полімінеральної глини, тугоплавкої глини та суглинку, випаленої у тунельній печі при максимальній температурі 1050 °C;

- часівоярський шамот (проба ЧПК1) є спеціальним продуктом випалу вогнетривкої глини місцевого родовища на максимальну температуру 1150 °C.

Досліджувані вихідні матеріали суттєво відрізняються за хіміко-мінералогічним складом та фізико-хімічними властивостями.

За хімічним складом при близькому вмісті діоксиду кремнію 66,7- 69,0 мас.% проба К сумського шамоту значно відрізняється

від часівоярського ЧПК1 по вмісту оксиду алюмінію та більшим кількісним співвідношенням  $\text{SiO}_2$ :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 3,7 проти 2,6, більшим вмістом  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , лужноземельних і лужних оксидів, сума яких  $\text{RO}+\text{R}_2\text{O}$  становить 5,5 проти 3,7 мас. % (табл. 1).

Результати рентгенофазового аналізу, проведеного з використанням дифрактометра ДРОН-3М, дозволили виявити особливості мінералогічного складу досліджуваних матеріалів. Очевидно, що структурні особливості досліджуваних проб визначаються відмінностями кристалічних фаз, їх кількісному співвідношення та ступенем розвитку склофаз (рис. 1, 2).

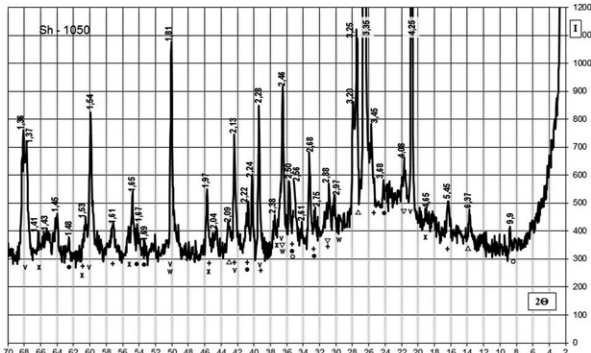


Рис. 1. Дифрактограма проби сумського шамоту. Позначення: v – кварц, ∇ – кристобаліт, + – мулліт, Δ – польовий шпат, o – гідрослюда, ● – гематит, x шпінель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , w – волластоніт

Так, проба К сумського шамоту, виготовленого із суміші легкоплавкої та тугоплавкої глин при випалі на  $1050^\circ\text{C}$ , характеризується розвиненими кристалічними фазами кварцу та різновидів польового шпату, наявністю гематиту, шпінель  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ , волластоніту, залишків гідрослюда.

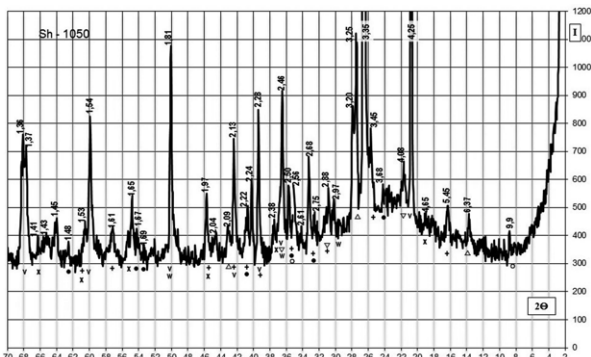


Рис. 2. Дифрактограма проби шамоту ЧПК1. Позначення: v – кварц, ∇ – кристобаліт, + – мулліт

Проба часівоярського шамоту значно відрізняється від сумського наявністю кристалічної фази мулліту  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  та меншим ступенем розвитку склофаз (по площі дифузного гало).

### Енергетичний стан поверхні та ліофільність шамоту

Поверхневі явища, що протікають на границі розділу фаз, є важливим фактором практично всіх природних і технологічних процесів.

З огляду на агрегатний стан речовин при фільтрації в системах газо- і водоочищення можна виділити два типи поверхонь розділу фаз: газ – тверде тіло (Г-Тв) та рідина – тверде тіло (Р-Тв). В цьому зв'язку у дослідженнях були використані методи оцінки енергетичного стану поверхні частинок шамоту по змочуванню при натіканні [15].

Характерною особливістю вказаного методу є можливість оцінити одночасно ступінь змочування частинок полярними і неполярними рідинами (відповідно вода і ксілол), коефіцієнт фільтрації і питому ефективну поверхню.

За отриманими експериментальними даними (табл. 2) стосовно змочування водою проба К сумського шамоту характеризується суттєво більшим показником  $V_n$  у порівнянні з ЧПК1: 0,88 проти 0,63.

Неполярними рідинами (ксілол) досліджувані проби шамоту змочуються суттєво гірше, ніж водою. При цьому проби Л і ЧПК1 мають приблизно однакові показники  $V_n=0,37-0,38$ .

Відповідно за значеннями коефіцієнту ліофільності проба К сумського шамоту поступається пробі ЧПК1 – 0,42 проти 0,60.

Показники коефіцієнту фільтрації полярних і неполярних рідин у випадку проби К також є меншими за ЧПК1, проте значення цих відмінностей є різним: по воді  $1,03 \cdot 10^{-6}$  проти  $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3 \cdot \text{с} / \text{г}$  або менше на 23%, по ксілолу –  $0,58 \cdot 10^{-6}$  проти  $0,68 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3 \cdot \text{с} / \text{г}$  або менше на 12%.

За показниками ефективної питомої поверхні по воді та по ксілолу проба К сумського шамоту суттєво перевищує пробу ЧПК1, що становить відповідно  $15,4$  та  $7,2 \text{ м}^2 / \text{г}$  проти  $9,7$  та  $4,2 \text{ м}^2 / \text{г}$ .

### Порова структура кераміки після швидкісного випалу

При виготовленні зразків пористої кераміки на основі шамоту дотримувались технологічного регламенту інституту «НИИСтройкерамика» щодо гранулометрії наповнювача (табл. 3) та складу маси: 85 % шамоту, 15 % зв'язуючого (рідке скло).

Зразки кераміки для випробувань формували на гідравлічному пресі, сушили та випалювали в промисловій роликівій печі за швидкісним режимом: протяжів 55 хвилин при максимальній температурі  $1125^\circ\text{C}$ .

Результати випробувань свідчать, що досліджувані зразки після випалу при приблизно однаковому ступені спікання мають суттєві відмінності у характеристиках порової структури (табл. 4).

Таблиця 1.

Код проби	Хімічний склад шамоту								
	Вміст оксидів, мас.%								
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	в.п.п.
К	68,99	18,80	4,78	0,93	0,89	1,20	1,12	2,27	0,32
ЧПК1	66,70	25,89	1,41	1,17	0,41	0,60	0,67	1,98	0,51

Таблиця 2.

Код проби	Властивості поверхні шамоту				Умовний $\text{tg}\delta$
	Змочування при натіканні		Питома ефективна поверхня, $\text{м}^2 / \text{г}$		
	Коефіцієнт фільтрації, $\text{К} \cdot 10^{-6} \text{ см}^3 \cdot \text{с} / \text{г}$		вода	ксілол	
К	0,88	0,37	15,40	7,23	0,035
	1,03	0,58			
ЧПК1	0,63	0,38	9,7	4,2	0,022
	1,33	0,68			

Гранулометричний склад шамоту

Код проби	Вміст фракцій шамоту (мм), %				
	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,2	< 0,2
К	10	20	25	25	20
ЧПК1	10	20	25	25	20

Таблиця 4.

Характеристики пористої кераміки на основі шамоту після швидкісного випалу на 1125 °С

Код проби	Водопоглинання w, %	Уявна густина, ρ, г/см <sup>3</sup>	Істинна густина, γ, г/см <sup>3</sup>	Пористість, %			
				Відкрита Пв	Закрита Пз	Загальна П	питома частка відкритих пор, ΔПв
К	13,2	1,85	2,51	24,41	1,88	26,29	92,8
ЧПК1	12,8	1,85	2,74	23,70	8,78	32,48	73,0

Очевидно, що при приблизно однакових показниках водопоглинання, уявної густини та відкритої пористості зразки проби К відрізняються від ЧПК значно меншим розвитком закритих пор – 1,9 проти 8,8 %. При цьому зразки кераміки на основі сумського шамоту при меншій від зразків на основі часівоярського шамоту загальній пористості характеризуються більшою питомою часткою відкритих пор, що важливо для практичного використання в системах фільтрації та рідино- і газоочищення.

#### Висновки

1. Досліджене у відомих роботах регулювання гранулометричного складу шамоту є необхідним, але недостатнім фактором оптимізації характеристик пористої фільтрувальної кераміки. Поряд із гранулометриєю шамоту мають враховуватись його хіміко-мінералогічний склад та енергетичний стан поверхні, що в свою чергу залежать від особливостей виготовлення: глинистої сировини та параметрів випалу.

2. При однаковій гранулометрії досліджувані проби шамоту суттєво відрізняються за енергетичним станом поверхні та хіміко-мінералогічним складом. Як наслідок, більший вміст лужних оксидів і Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та більша питома ефективна поверхня шамоту на основі суміші полімінеральної та тугоплавкої глини обумовлюють підвищення реакційної здатності при випалі, інтенсифікацію спікання в містах контактів частинок наповнювача із відповідним зменшенням загальної пористості. Проте при цьому переважаючою є питома частка відкритих пор, що важливо для якості фільтрувальних виробів.

3. Отримані результати досліджень вказують на доцільність використання та врахування особливостей різновидів шамоту для регулювання ступеню ліофільності, коефіцієнта фільтрації та характеристик пористості кераміки відповідно до експлуатаційного призначення в системах рідино- і газоочищення.

#### Література:

- Кузнецов Л.К. Технология фильтрования в физико-химических процессах водоподготовки / Л.К. Кузнецов, А.И. Габитов // Башкирский химический журнал, 2009. – т. 16. – № 2. – с. 84-92.
- Зуборев А.И. Перспективы применения новых фильтрующих материалов в технологиях предупреждения и ликвидации ЧС / А.И. Зуборев, Р.С. Старосто // «Пожежна безпека: теорія і практика», 2013. – №15 – с. 80-86.
- Смирнова К.А. Пористая керамика для фильтрации и аэрации. – М.: Стройиздат, 1968. – 172 с.
- 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/
- Родина Т.И. Фильтрующая керамика для очистки промышленных серных кислот / Т.И. Родина, П.Г. Трунов // Труды института НИИстройкерамика. – 1968. – вып. 29. – С. 99 – 108.
- Фарсиянц С.Ю. Новые виды фильтрующих изделий / С.Ю. Фарсиянц, Л.С. Опалейчук, В.И. Романова // Стекло и керамика. – 1989. – № 8. – С. 17-18.
- Khemakhem Sabeur. New ceramic membranes for tangential waste-water filtration / Sabeur Khemakhem, R. Ben Amar, R. BenHasen, A.Larbot, M.Medhioub, A. BenSalah, L.Cot // Desalination, 2004/ – Vol. 167. – pp. 19-22.
- Zhigang Zhou, Jinxie Chen. A new material design method on porous ceramics in chemical sensors / Sensors and Actuators B: Chemical, 1993. – Vol. 13. – Is. 1-3. – pp. 132-134.
- Белоусов О.Ю. Пористая керамика для систем водоочистки / О.Ю. Белоусов // Строительные материалы и изделия. – 2007. – № 1(42). – С.27 -28.
- Смирнова К.А. Факторы, определяющие основные свойства пористых материалов для фильтрации и аэрации.// Труды института НИИстройкерамика. – 1968. – вып. 29. – С. 108 – 120.
- Черепанов Б.С. Взаимосвязь структуры и свойств пористой керамики / Б.С. Черепанов, Д.И. Давидович, С.Ю. Фарсиянц // ВНИИЭСМ. Сер. Керамическая промышленность. – 1986. – Вып. 1. – С. 2 – 4.
- Yoshio Sakka, Fengqiu Tang, Hiroshi Fudouzi, Tetsuo Uchikoshi. Fabrication of Porous Ceramics with Controlled Pore Size by Colloidal Processing / Yoshio Sakka, Fengqiu Tang, Hiroshi Fudouzi, Tetsuo Uchikoshi // Science and Technology of Advanced Materials, 2005. – No 6 (8). – pp. 915-920.
- Куковский Е.Г. Роль поверхности глинистых минералов во взаимодействии с дисперсионной средой // Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – К.: Наукова думка. -1968. – С. 14 – 19.
- Свідерський В.А. Фізико-хімічні властивості поверхні каолінів і каолінтвмісних глин та їх водних дисперсій / В.А. Свідерський, В.Г. Сальник, Л.П. Черняк. – К.: Знання, 2012. – 166 с. – (Сучасна наука).
- 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.