



УДК 620.1:628.16:669.1

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОРИСТИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПИТНИХ ВОД

Гулієва Н.М.

Луцький національний технічний університет

У статті розглянуто виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів (ПФМ) для очищення питних вод. Показано доцільність використання для формування фільтрувальних матеріалів титану та природного матеріалу – сапоніту. Наведено хімічний склад та фізико-механічні властивості порошків титану ПТС-1 і сапоніту. Доведено, що з метою поліпшення властивостей фільтрувальних матеріалів, їх необхідно формувати вводячи порошки за оптимального вмісту при вибраних пропорціях. Визначено раціональний шихтовий склад реакційної суміші сапоніт-титан 60:40. Розроблено технологію отримання ПФМ на основі сапоніт-титану методом сухого радіально-ізостатичного пресування із спіканням в режимі СВС-процесу.

Ключові слова: сапоніт, титан, пористі фільтрувальні матеріали, сухе радіально-ізостатичне пресування, самопоширювальний високотемпературний синтез.

Постановка задачі. Сучасний стан технологічного і промислового виробництва у сфері матеріалознавства характеризується пошуком нових матеріалів та технологій їх отримання. Одним із конкурентоспроможних та енергоощадних напрямів сучасного матеріалознавства є використання у вигляді вихідних матеріалів природних мінералів. Оскільки для очистки питної води застосовують сорбенти на основі природних мінералів (зокрема, сапоніту) [1], то ефективним методом є виготовлення фільтрів на їх основі з метою здешевлення фільтрувальних елементів із титану з використанням технологій порошкової металургії. Також відомо, що порошки, які отриманні із природних мінералів, застосовують для виготовлення пористих фільтруючих матеріалів (ПФМ) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні відомі роботи щодо розроблення технологій виготовлення ПФМ методом порошкової металургії [3]. Це є перспективний метод, який розширює технологічні можливості та забезпечує необхідні структурні властивості хімічного і фазового складу матеріалу, що дозволяє у багатьох випадках надавати йому нові структурні властивості. Аналіз літературних джерел свідчить про те, що останнім часом застосування ПФМ для очистки питної води набуває все більшого значення. Про це свідчать роботи вчених: С. В. Белова, П. А. Витязя, А. Е. Галкіна, А. А. Гатушкина, О. В. Заболотного, В. М. Капцевича, О. Ю. Повстяного, В. Д. Рудя, В. В. Савича, Л. М. Самчук, В. А. Сичука, А. Н. Сорокіна, В. В. Співак, Л. П. Пилинєвича, В. К. Шелег та ін. [1–8].

Метою роботи є розробка технології виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів для очистки питної води методом сухого радіально-ізостатичного пресуванням із наступним спіканням у режимі СВС-процесу.

Для досягнення вказаної мети поставлені наступні задачі:

1. Розробити методику експериментальних досліджень технології виготовлення порошкових пористих матеріалів на основі природних мінералів в режимі СВС-процесу.
2. Визначити раціональний шихтовий склад реакційної суміші сапоніт-титан.
3. Оптимізувати режими отримання пористих проникливих матеріалів в СВС-процесах.
4. Дослідити структурні, міцнісні та експлуатаційні властивості отриманих матеріалів.
5. Розробити рекомендації з використання фільтруючих матеріалів на основі природних мінералів та визначити галузь їх застосування.

Основні результати дослідження. При виготовленні матеріалів у роботі використано наступні порошки.

Порошок титану марки ПТС-1 (ГОСТ 17746-79). Порошок титану і сплави на основі титану застосовуються у виробництві корозійностійких фільтрів тонкого очищення



технічних рідин у вигляді пористого прокату, в медицині для виготовлення імплантатів, в харчовій промисловості для виготовлення регенеруючих фільтрів, в технологіях виробництва мінеральної води, соків і напоїв, у виробництві піротехнічних засобів високої надійності, пористих нерозпилюючих геттерів (газовбирачів) з високою сорбційною здатністю і швидкістю фільтрації. Порошок титану також застосовують у водному господарстві для водопідготовки питної води в системах централізованого та децентралізованого водопостачання [6]. При проведенні дослідження використовували титан марки ПТС-1, фізико-механічні властивості якого наведено у табл. 1. Хімічний склад титану марки ПТС-1 є наступним, мас. %: N – 0,08; С – 0,05; Н – 0,35; (Fe+Ni) – 0,40; Si 0,10; Cl – 0,004; Ti (основа) – до 100.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості поршку титану марки ПТС-1

Марка	Гранулометричний склад, мас.%, фракції, мкм				Насипна щільність, г/см ³	Ущільнення, г/см ³ , при тиску МПа	
	+280	+100	+45(40)	45(40)		200	600
ПТС-1	≤ 1,0	Не визначається	≥ 25 (35)	Баланс	1,15	2,60	3,24

Зовнішній вигляд порошку титану марки ПТС-1 показано на рис. 1.

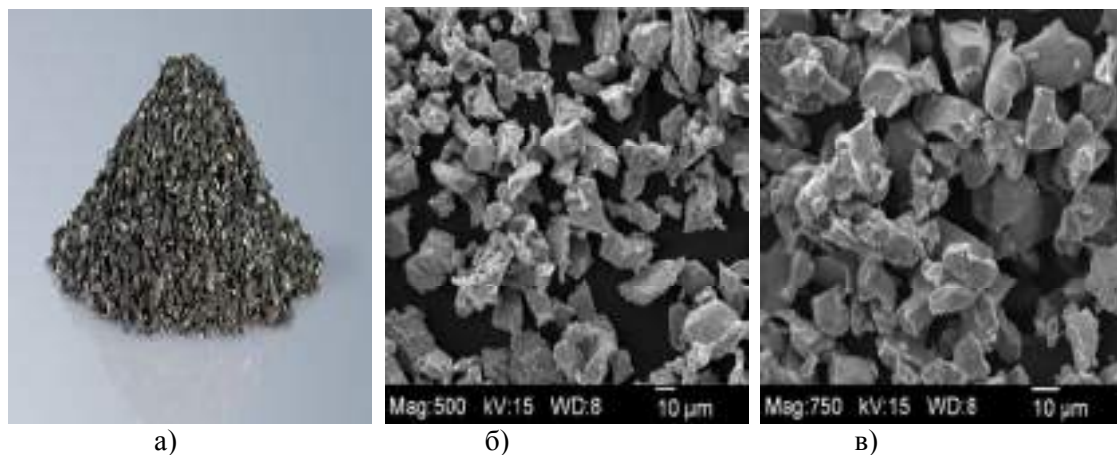


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд порошку титану ПТС-1 фракції (0,1...+0,063): а) зовнішній вигляд порошку, б) металографічний аналіз при ×500, в) металографічний аналіз при ×750

Порошок природного мінералу – сапоніт. Хімічна формула сапоніту (англ. saponite): $Mg[Si_4O_{10}](OH) \cdot nH_2O$. Сапоніт – це мінерал, водний алюмосилікат магнію шаруватої будови. Назва – від лат. sapo – мило (L.F. Svanberg, 1840) [1]. Інша назва: мило гірське, мильний камінь, каткініт, піотин, расуліт, таліт.

Розрізняють: сапоніт алюмінієвий або алюмосапоніт (різновид сапоніту, який містить понад 10 % Al_2O_3); сапоніт залізний або лембергіт, феросапоніт (різновид сапоніту з незначною кількістю Fe_2O_3 який заміщує MgO); сапоніт калієвий або калійсапоніт (різновид сапоніту, який містить до 6,57 % K_2O); сапоніт мідний або купоросапоніт, мідмонтит (суміш хризосоли та слюди); сапоніт нікелевий або нікельсапоніт (різновид сапоніту з незначною кількістю NiO який заміщує MgO); сапоніт цинковий (те ж саме, що й монтморилоніт цинковий, який містить до 39,33 % ZnO); цебедасит (сапоніт з родовища Цебедассі, Італія). В Україні є чотири родовища сапонітових глин, які розташовані на півночі Хмельницької області: Ташківське (I і II), Радошівське і Варварівське. Їх запаси нараховують 10...20 млн.т. У табл. 2 наведені фізико-механічні властивості сапоніту з Ташківського родовища Хмельницької області.



Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості сапоніту

Показники властивостей	Значення
Густина	3,07...3,13 кг/м ³
Насипна маса	0,97 кг/м ³
Гранулометричний склад	>2 мм – 5 %; 1-2 мм – 32 %; 0,5-1,0 мм – 9 %; 0,25-0,5 мм – 14 %; 0,1-0,25 мм – 11 %; < 0,1 мм – 9 %
Збагачення мінералу шляхом диспергування та відмулювання	не більше 6 %
Колоїдність	11,5...12,1 %
Присутність органічних домішок	< 0,16 %
Пластичність	28,3
Набухання	5,5 %
Загальна вологість повітряно-сухого зразка	11...12 %
Кількість зв'язаної води (по А.В. Думанському)	25,8 %
Швидкість капілярного просочування	0,080 см ³ сек ^{-1/2}
Вогнетривкість	1270...1310 °С
Питома поверхня	По азоту – 34 м ² /г По гексану – 41-52 м ² /г По воді – 120-220 м ² /г
Середній радіус пор	1,6...3,2 нм

На рис. 2а зображено порошок природного мінералу сапоніту (×10000) (а) та його кристалічної решітки (б).

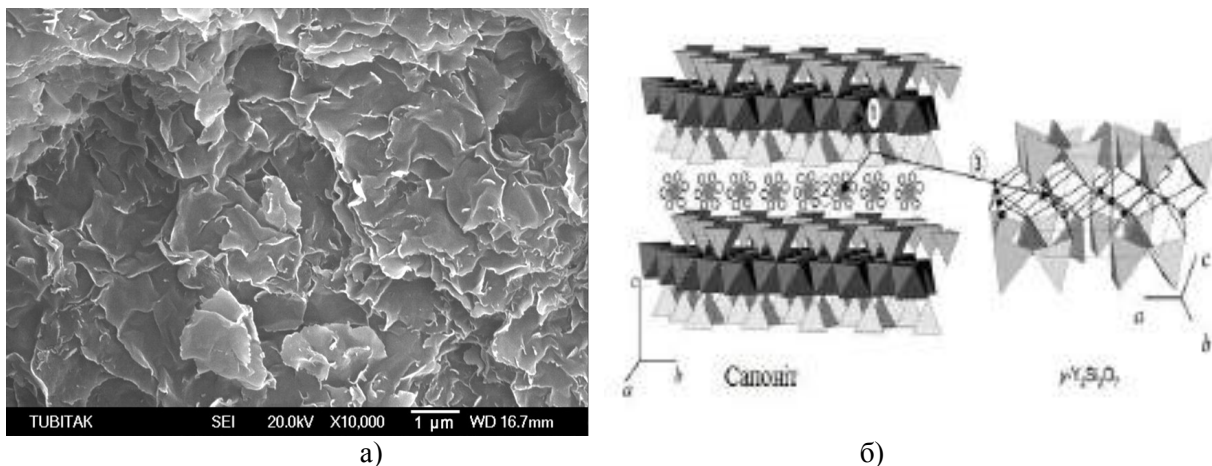


Рисунок 2 – Вигляд порошку природного мінералу сапоніту (×10000) (а) та його кристалічної решітки (б)

Для виготовлення ПФМ використовували порошки сапоніту та титану фракції 0,1...+0,063 мм. Засипання шихти здійснювали в прес-форму діаметром $D = 60$ мм, висотою $h = 254$ мм при товщині зразку $t = 3$ мм. Для забезпечення рівномірної насипної густини по довжині (об'єму) виробу шихту утрушували на барабанному вібротолі. Після засипки шихти проводили процес сухого радіально-ізостатичного пресування при тиску $p = 550...800$ МПа [5]. Перед проведенням СВС-спікання зразки піддавали сушці при 250...300 °С в сушильній шафі для видалення абсорбованих порожков парів. Процес СВС здійснювали в лабораторній установці СВС-спікання при температурі $T = 1200$ °С. Лабораторна установка в режимі СВС-процесу забезпечена



вікнами із кварцового скла та засобами відео- та фотоспостереження. Це дозволяє візуально спостерігати за процесом горіння. На рис. 3а показано спікання ПФМ у режимі СВС-процесу [7]. На рис. 3б показано зовнішній вигляд ПФМ на основі композиту сапоніт-титану виготовлених в режимі СВС-процесу.

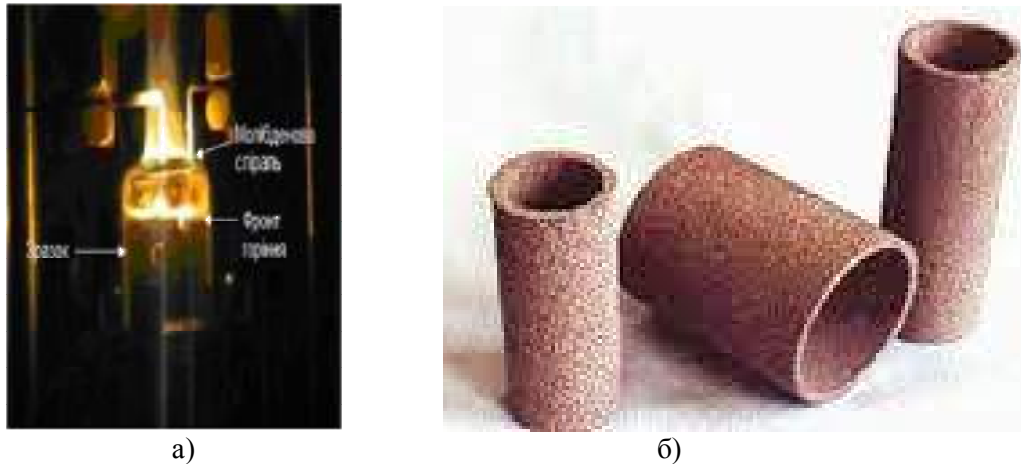


Рисунок 3 – Метод в режимі СВС-процесу: спікання (а), загальний вигляд ПФМ (б)

На останньому етапі проводили рентгеноструктурний аналіз зразків на дифрактометрі ДРОН-2-13. Принцип роботи дифрактометра заснований на тому, що відображення рентгенівських променів на відміну від паралельних кристалічних площин відбувається тільки при певному значенні кута падіння Q , пов'язаного з довжиною хвилі падаючого випромінювання λ і міжплощинною відстанню d законом Брегга:

$$\lambda = 2d \sin Q X. \quad (1)$$

Діафрагмовий пучок лежить у площині, яка містить падаючий пучок за співвідношенням норми до поверхні, що відбиває. Кут між напрямками падаючого і відбитого пучків дорівнює $2Q$. Запис дифракційної структури записували на діаграмну стрічку самописця.

Зразки досліджували в інтервальному режимі зі швидкістю лічильника $\nu = 1..2$ °С/хв та із швидкістю стрічки $\nu = 720$ мм/год в інтервалі кутів $2\theta = 20..100$ °С. Зйомку проводили з обертанням при наявності β -фільтру. На рис. 4 наведено дифрактограму композиційного матеріалу $Mg[Si_4O_{10}](OH) \cdot nH_2O-Ti$. Вміст матеріалів (сапоніт-титан) взято у співвідношенні 60:40.

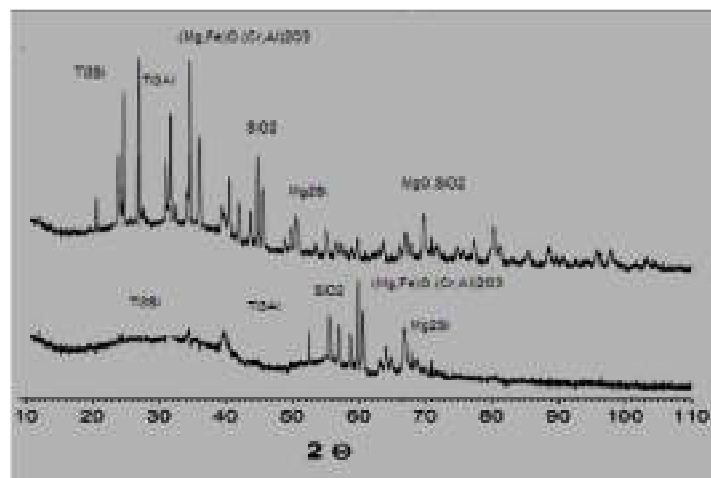


Рисунок 4 – Дифрактограма композиційного матеріалу $Mg[Si_4O_{10}](OH) \cdot nH_2O-Ti$

Розшифрування проводили за допомогою Міжнародної бази структурних даних. Дифрактограма мікроструктури зразків системи $Mg[Si_4O_{10}](OH) \cdot nH_2O-Ti$ свідчить, що у процесі реакцій відбуваються ряд послідовних перетворень кристалічної решітки. Це



сприяє утворенню однорідності структури, а природні поліморфні перетворення, за рахунок перебудови кристалічної решітки, забезпечують активність СВС-процесу [7].

Висновок. Було розроблено технологічну схему виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів на основі природного мінералу – сапоніту методом сухого радіально-ізостатичного пресування та спікання в режимі СВС-процесу. Визначено раціональний шихтовий склад реакційної суміші сапоніт-титан 60:40. Досліджено структурні, міцнісні та експлуатаційні властивості отриманих матеріалів. Розроблено рекомендації з використання пористих фільтруювальних матеріалів на основі композиту сапоніт-титан та здійснено апробацію в КП «Луцькводоканал» м. Луцьк.

В майбутньому планується дослідити фізико-механічні властивості розроблених матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Співак В. В., Бабчук М. М. Сапонітові глини – новий мінеральний сорбент для водопідготовки та водоочищення / Збірка тез доповідей XII Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство». – Київ, 2009. – С. 74-75.
2. Рудь В. Д. Використання порошкових композиційних матеріалів на основі природних мінералів для водопідготовки питної води / В. Д. Рудь, Н. М. Гулієва // Вода в харчовій промисловості. – Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів. – Одеса, 2013 – С. 53-54.
3. Пористые проницаемые материалы : справочник / [С. В. Белов, П. А. Витязь, Шелег В. К. и др.]. – М. : Металлургия, 1987. – 332 с.
4. Гатушкин А. А. Исследование фильтрующих свойств пористых материалов из несферических порошков / А. А. Гатушкин // Порошковая металлургия. – 1988. – № 9. – С. 49-54.
5. Удосконалення обладнання для отримання виробів методом сухого радіально-ізостатичного пресування ущільнювальних матеріалів / [Повстяной О. Ю., Заболотний О. В., Сомов Д. О., Сичук В. А.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2/1 (20). – С. 74-78.
6. Рудь В. Д. Шляхи підвищення властивостей порошкових фільтруючих матеріалів. / В. Д. Рудь, Н. М. Гулієва // Наукові нотатки : міжвузівський збірник. – Луцьк, 2013. – Випуск 40. – С. 124-127.
7. Рудь В. Д. Использование СВС-процесса для получения композиционных материалов / В. Д. Рудь, Л. М. Самчук, Н. М. Гулиева. // Порошковая металлургия : Инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка : сборник докладов 8-го Международного симпозиума. – Минск, 2013 – С. 496-500.
8. Разработка пористых порошковых материалов и изделий из них экологического назначения / [Сорокина А. Н., Савич В. В., Галкин А. Е., Капцевич В. М., Пилиневич Л. П.] // Достижения науки и техники в области ресурсосбережения и экологии : тез. докл. межд. конф. – Гомель, 1989. – С. 50-51.

Гулієва Н.М. ТЕХНОЛОГІЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ ВОД

В статье рассмотрен процесс изготовления пористых фильтрующих материалов (ПФМ) для очистки питьевых вод. Показана целесообразность использования для формирования фильтровальных материалов титана и природного материала – сапонита. Приведен химический состав и физико-механические свойства порошков титана ПТС- 1 и сапонита. Доказано, что, с целью улучшения свойств фильтровальных материалов, их необходимо формировать вводя порошки при оптимальном содержании при выбранных пропорциях. Определен рациональный шихтовый состав реакционной смеси сапонит : титан – 60:40. Разработана технология получения ПФМ на основе сапонит-титана методом сухого радиально-изостатического прессования с спеканием в режиме СВС-процесса.



Ключевые слова: сапонит, титан, пористые фильтровальные материалы, сухое радиально-изостатическое прессование, самораспространяющий высокотемпературный синтез.

Gulieva N.M. TECHNOLOGY PRODUCTION OF POROUS FILTER MATERIALS FOR THE PURIFICATION OF DRINKINGS WATERS

The article describes the process producing porous filter material (PFM) for the purification of drinking water. The expediency of the use of filter materials for the formation of titanium and natural material - saponite. Shows the chemical composition and physical properties of titanium powders PTS- 1 and saponite. It is proved that, in order to improve the properties of the filter material, they should be formed by introducing the powder at optimal content when the selected proportions. The rational part of the reaction mixture leads charge saponite: Titanium – 60:40. The technology of PFM based saponite titanium by dry radial isostatic pressing and sintering in the SHS process.

Keywords: saponite, titanium, porous filter materials, dry radial isostatic pressing, samoposhyryuyuche high temperature synthesis.

Статтю прийнято
до редакції 15.05.14.