

В.Д. Рудь, д.т.н., проф.

Л.М. Самчук, к.т.н., ст. викладач

Ю.С. Повстяна, асистент

Луцький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВНІ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ НОВИХ ПОРИСТИХ ПРОНИКЛИВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ

На підставі експериментальних досліджень показана можливість виготовлення пористого проникливого фільтрувального матеріалу на основі алюмінію та сапонітової глини для регенерації технічних рідин та мастил. Проведені промислові випробування, які показали, що запропонований фільтрувальний матеріал можна використовувати для регенерації технічних рідин та мастил.

Ключові слова: *фільтрація, СВС – процес, технічне мастило, СВС - реакція.*

Вступ. Останнім часом вирішення проблеми конкурентноспроможності полягає у застосуванні енерго- та ресурсозберігаючих технологій. Якість вихідного продукту пов'язана з якістю вихідної сировини. Значна частка сучасних технологій пов'язана з використанням у виробничому процесі в якості вихідних або витратних матеріалів різного роду рідин та повітряних сумішей. Від їх чистоти хімічного складу залежить надійність та експлуатаційні характеристики виробів. Тому контроль та забезпечення якості основної чи допоміжної сировини при виготовленні відповідної продукції є не тільки актуальною але і вирішальною задачею.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. При використанні рідин та повітряних сумішей якість вхідних та допоміжних продуктів забезпечується фільтрацією [1]. Враховуючи відносно велику вартість фільтрувальних засобів розробкою технологій отримання проникливих фільтруючих матеріалів з природних мінералів є актуальним завданням. Автором [2,3] проведено систематичне вивчення природних сапонітових глин Ташківського родовища з точки зору технологічно-підготовчих заходів до їх подальшого використання у водопідготовці та водоочищенні. На основі комплексного дослідження сапонітових мінеральних покладів Хмельниччини хімічними, рентгенофазовим, термогравіметричним, рентгенофлуоресцентним, мікроскопічним методами визначено, що природна мінеральна бентаноїдна суміш не містить токсичних та радіоактивних компонентів та є прийнятною для очищення забруднених водних систем. У роботі [4] описано можливість застосування сапоніту у якості фільтрувального порошку для очистки забруднених розчинників для хімічної чистки одягу. Однак, крім теоретичних припущень цей процес не був досліджений експериментально, тому його практична ефективність невідома. Тим не менш, в роботі [5,6] розглянуто отримання конструкційних порошкових композиційних матеріалів із застосуванням методів СВС які в даний час розглядаються як найбільш перспективні.

Постановка завдання. Дослідження технології виготовлення пористого проникливого матеріалу на основі алюмінію та сапонітової глини для регенерації технічних рідин та мастил. Матеріали з алюмінієвих порошоків по ряду властивостей перевищують матеріали із залізних порошоків. Алюмінієві порошоків деталі мають більшу питому міцність, ніж деталі з сталевого порошку, завдяки більш низькій щільності. Сучасні галузі промисловості, такі як авіабудування, космічна техніка, приладобудування потребують створення матеріалів, що володіють високими експлуатаційними властивостями, в тому числі зносостійкістю, розмірною стабільністю в поєднанні з низькою щільністю і коефіцієнтом термічного розширення, близьким до сталі. Найбільш перспективними в цьому напрямку є порошкові алюмінієві композиційні матеріали, отримані методами порошкової металургії. Методом порошкової металургії можна отримувати

матеріали з особливими властивостями, наприклад немагнітні, для захисту від нейтронного потоку, високопористі для виготовлення носіїв каталізаторів, фільтрів тонкого очищення газів та рідин. Сучасний рівень технологічного та промислового розвитку машинобудування, що характеризується якісним підвищенням інтенсивності експлуатаційних режимів машин та устаткування, передбачає прискорення темпів розширення виробництва композиційних матеріалів і виробів, в яких забезпечено досягнення оптимальних вимог до експлуатації як окремих елементів, так і виробів в цілому. У зв'язку з підвищеними вимогами до технологічних процесів зростають вимоги до чистоти матеріалів та компонентів, що забезпечують реалізацію процесу. Дана задача розв'язується використанням фільтрації вихідних та робочих середовищ. Різноманіття конструкційних рішень і умов експлуатації пористих проникливих матеріалів припускає наявність різних типів матеріалів цього класу, орієнтованих на оптимальне з технічної та економічної точок зору використання їх для вирішення конкретних завдань. На сьогоднішній день одним з перспективних методів отримання проникливих пористих матеріалів є метод порошкової металургії. Кінцевою технологічною операцією, в даному випадку, є спікання попередньо спресованого фільтра. Застосовують різні методи спікання: пічне, індукційне, високотемпературний синтез. Високотемпературний синтез, один з методів отримання, пористих проникливих матеріалів, що поєднує в собі малу енергоємність, безвідходність і можливість динамічного варіювання структурних і інших властивостей продуктів. Ці передумови дозволяють використовувати економічну та просту технологію отримання пористих виробів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Існуючі в даний час методи одержання пористих проникливих матеріалів (ПММ) є далекими від досконалості. Вони характеризуються значними енергетичними і матеріальними витратами, а також малою продуктивністю. Великими можливостями в цьому плані володіє розроблений метод високотемпературного синтезу (СВС), основоположниками якого є академік Мержанов А.Г. і Боровінская І.П. [7]. СВС визначає структуру одержуваних продуктів та забезпечує можливість отримання цілого ряду продуктів з унікальними комплексами експлуатаційних властивостей. При цьому СВС як метод отримання пористих матеріалів поєднує в собі малу енергоємність, безвідходність і можливість динамічного варіювання структурних та інших властивостей продуктів. Ці передумови дозволяють використовувати економічну і просту технологію отримання пористих виробів.

Велике значення для одержання якісних виробів має підбір шихтових матеріалів. У роботі основу композиційних складових шихти для одержання пористих матеріалів складає природний мінерал-сапонітова глина та порошок алюмінію. В якості матеріалів було вибрано порошок алюмінію (АПВ-90 ТУ 48-5-152-78), порошок сапоніту та пороутворювач (карбонат кальцію). Розрахунок компонентів вихідної суміші (шихти) для синтезу систем (Al-сапоніт) проводився із врахуванням кількості і стехіометричних коефіцієнтів вихідних компонентів, чистоти і насипної густини вихідної шихти. Маса компонентів вихідної суміші, які необхідно взяти для приготування циліндричного зразка Ø4 см, h=22 см. системи (Al-сапоніт), наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Маса компонентів вихідної суміші, які необхідно взяти для приготування циліндричного зразка Ø4 см, h=22 см.[8]

Компонент	Кількість компонентів у вихідній суміші, %	Теоретична маса компонентів у вихідній суміші, г	Маса компонента з врахуванням чистоти реактиву, г
Al	5,64	20,39	20,392
Сапонітова глина ($Mg_3[(OH)_2 Al_{0,33} Si_{3,67} O_{10}] \cdot 4H_2O$)	94,35	341,07	341,62
Σ	99,99	361,46	362,012

Змішування порошків вихідних реагентів проводиться в кульовому млині. Змішування триває протягом восьми годин до утворення однорідної маси. Фільтрувальний елемент виготовлений за допомогою методу радіально-ізостатичного пресування та спечений за рахунок СВС — реакції. Синтез здійснювався в лабораторному реакторі, який був виготовлений в Луцькому національному технічному університеті (Рис.1).

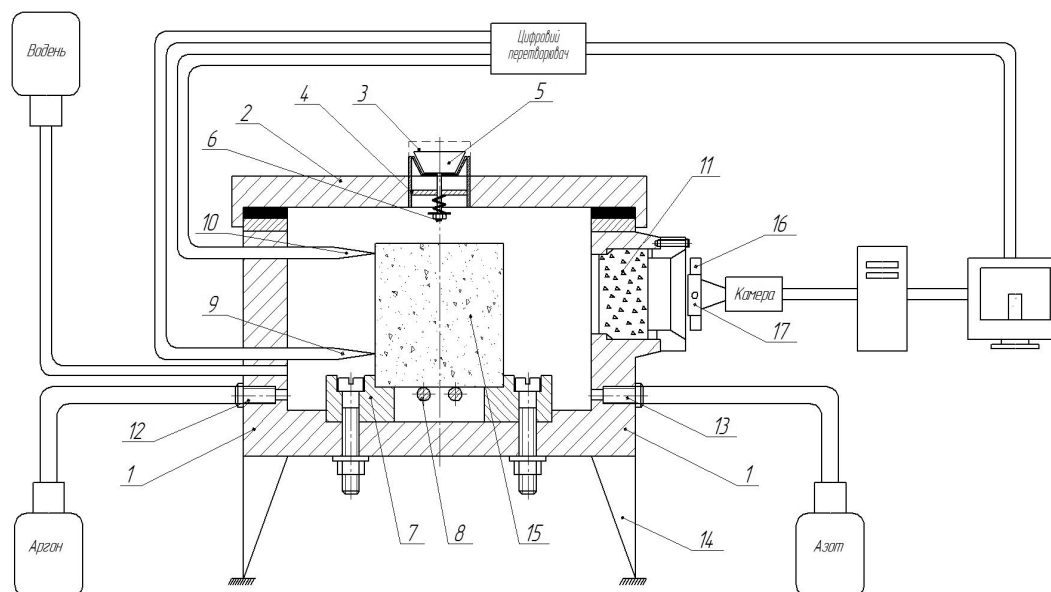


Рис.1 – Реактор для здійснення СВС-процесу

1 – корпус, 2 – роз’ємна кришка, 3 – , 4 – прокладка, 5 – запобіжний клапан, 6 – регульовальна гайка, 7 – підковоподібна підложка, 8 – ніхромові спіраль, 9, 10 – термопари, 11 – вікно спостереження, 12, 13 – штуцер, 14 – стійка, 15 – зразок, 16 – світлофільтр, 17 – тримач.

Технічно реактор виконаний у вигляді термоізолюваної ємності, із роз’ємною кришкою 2, яка дозволяє ставити дослідні зразки на підковоподібну підложку 7 всередині реактора. В кришку вмонтований клапан 5, який складається з корпусу, пружини і регульовальної гайки 6. Клапан служить запобіжником у випадку вибухонебезпечної ситуації. Корпус реактора 1 виготовлений з нержавіючої сталі марки 95Х18 і розміщений на стійки 14. Досліджуваний зразок 15, який знаходиться на підковоподібній підложці, нагрівається за допомогою ніхромової спіралі 8 марки Х20Н80, з діаметром ніхрому 0,8 мм. діаметром стрижня 3 мм та довжиною спіралі 68 см, яка під’єднана до блоку живлення. Фронт горіння розповсюджується по зразку до протилежного боку від ніхромової спіралі. Температура нагрівання зразка контролюється за допомогою вольфрамренийових термопар 9, 10 марки ВР-5 та ВР-20, підключених до комп’ютера через аналого-цифровий перетворювач моделі В7-35. В термоізолювану ємність приєднано балон з воднем, який забезпечує захист поверхні зразка від процесу окислення. Через штуцери 12 і 13 приєднано балони із аргонем та азотом. З одної із бокових сторін розміщено вікно спостереження, в яке вмонтовано кварцове скло 11 товщиною 6 мм. Спостереження за процесом горіння здійснюється за допомогою відеокамери моделі Nikon D5100. Оскільки процес СВС-горіння супроводжується яскравим світінням, для отримання якісного зображення використовується світлофільтр 16 серії ND₄, діаметром 62 мм та товщиною 1 мм. Вибір світлофільтра регламентується моделлю об’єктива Nikon 1855 та його параметрами, зокрема діаметр 62 мм. Фільтр такого типу призначений для зменшення кількості світла, що потрапляє при зйомці на матрицю камери, а також для коригування кольору, яскравості та контрастності. Світлофільтр кріпиться до об’єктива камери різьбовим з’єднанням за допомогою спеціального тримача 17. Камера під’єднана до комп’ютера, за допомогою якого на основі комп’ютерних програм будуються різні графічні залежності: поширення хвилі горіння у дослідному зразку, зміна температури від часу.

Послідовність фотографій процесу взаємодії пресованої стехіометричної суміші із порошків алюмінію та сапоніту при тиску аргону від 0,5 до 4 МПа представлено на рис. 2. Початковою стадією є стадія нагрівання зразка за допомогою ніхромової спіралі при температурі $T = 200^{\circ}\text{C}$, на якій зразок різко спалахує (кадр №1). На наступній стадії яскраве світіння дещо гасне (кадр №2). На слідуючих кадрах зафіксовано горіння зразка, що супроводжується більш яскравим світінням (кадри № 3-8). Загальний час спікання пресованої стехіометричної суміші із порошків алюмінію і сапоніту становить 75,2с.

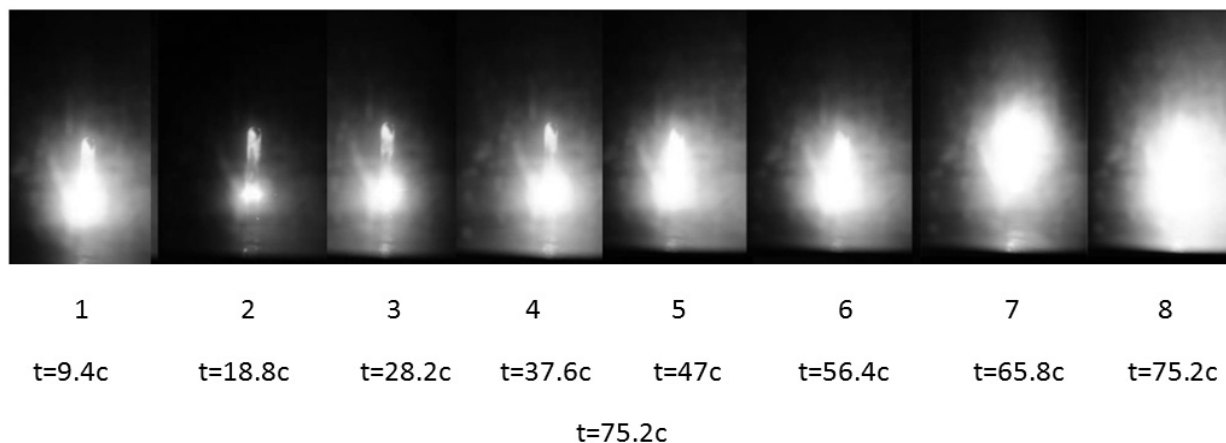


Рис.2 – Фотографія процесу горіння стехіометричної порошкової суміші алюмінію з сапонітом

Вимірювання швидкості поширення хвилі горіння проводились на основі відеозапису процесу синтезу. Металографічні дослідження проводились на мікроскопі ММР-4. Зразки для металографічних досліджень готувалися за стандартною методикою з метою отримання чіткого зображення границь зерен протравлювали 4% сірчаною кислотою. За допомогою програми РНОТОМ визначена площинна пористість, для системи Al-сапоніт вона рівна 30%. Це дає можливість стверджувати про те, що виготовлений фільтрувальний елемент може використовуватись для регенерації мастил. На ПАТ „СКФ – Україна“ проводились дослідно-промислові випробування із регенерації технічного масла. В якості експериментальних рідин були обрані водяна МОР (ЛЗ-СОЖ-1МІО), масляна МОР (МР-8). На підприємстві є укомплектована установка для регенерації технічних рідин та мастил. Метою дослідження була заміна фільтрувального елемента на основі металеві сітки на фільтрувальний елемент виготовлений з відходів виробництва. Експериментально доведено, що робочий тиск $P=0,6$ МПа, тонкість очищення 20 мкм, розхід 250 л/хв, розміри дослідного фільтра становили: висота – 220 мм, діаметр – 40 мм, товщина стінки – 3 мм. Фільтри з порошкових матеріалів спечені методом СВС в порівнянні з іншими пористими виробами володіють рядом переваг: високою мірою очищення, високою жаростійкістю, міцністю.

Регенерацію фільтрів проводили зворотним промиванням чистою рідиною до постійного значення перепаду тиску. Потім повторювали процес фільтрування. Результати експериментів, що відображають залежність коефіцієнта відновлення фільтра від числа циклів регенерації представлені на рис.3.

З рис.3. видно, що відновлюваність фільтрів при очищенні масляних МОР нижче, ніж у водних. Це пояснюється наявністю смолистих речовин в цих середовищах. Для їх видалення використовували інший метод регенерації. В якості робочої рідини використовували водну МОР, в яку були внесені частки металів з розмірами від 10 до 30 мкм. Експериментально встановлено, що для забезпечення повноти фільтрування (99,8%) робочу МОР необхідно фільтрувати через пористий матеріал з діаметром пор 30 мкм.

Коефіцієнт відновлення

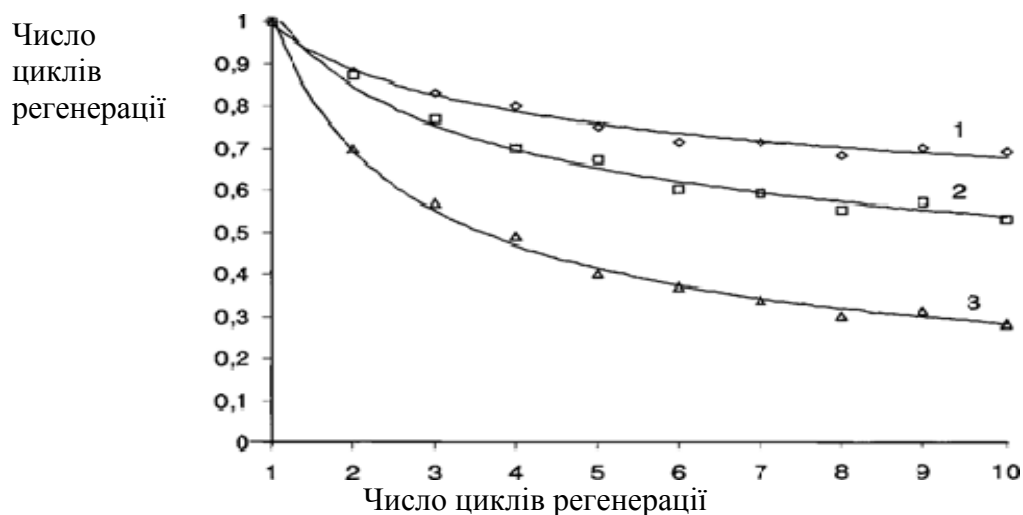


Рис.3. Залежність коефіцієнта відновлення фільтрувальних властивостей від числа циклів регенерації (1 - робоча рідина - водяна МОР; 2 - масляна МОР (МР-8); 3 - масляна МОР МР-10).

Висновок. Виробничі випробування довели, що запропонований пористий фільтрувальний матеріал на основі природних мінералів можна використовувати для регенерації технічної рідини та технічних мастил. Створення фільтрів із відносно дешевої та доступної сировини із забезпеченням всього комплексу властивостей та характеристик, необхідних для тривалої і якісної їх роботи, робить їх конкурентоспроможними в умовах ринкової економіки.

Література

1. Huppmann W.J. *The Technical and Economic Development of Powder Forging [Текст]* // *Powder Metallurgy International -1992. -Vol.24, №3. - P. 186-193.*
2. Spivak, V. Astrelin I., Tolstopalova N., Atamaniuk I. *Ecological sorbent which is mainly consist of saponite mineral from Ukrainian clay-field [Текст]* // *Chemistry & Chemical Technology. – 2012. – Vol. 6. – No.4. – P. 451-457.*
3. Ganzjuk, A.Ya., Kulakov, O.I. *Research of sorbcyynikh processes is on a natural and acid activated saponite [Текст]* // *Visnyk of Khmelnytsky national university. –2009. - № 2. – P. 85 – 90.*
4. Paraska O. A., Karvan S. A., Stopchak V. O. *Vykorystannia pryrodnykh sorbentiv dlia ochishchennia organichnykh rozchnykiv. [Текст]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. 2011. – No 5. – pp. 87 – 91.*
5. Рудь В.Д., Гулієва Н.М. *Використання порошкових композиційних матеріалів на основі природних мінералів для водопідготовки питної води. [Текст]* // *Вода в харчовій промисловості. – Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів. – Одеса, 2013 – С. 53-54.*
6. Рудь В.Д., Самчук Л.М., Гулієва Н.М. *Использование СВС-процесса для получения композиционных материалов. [Текст]* // *Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. – Сборник докладов 8-го Международного симпозиума. – Минск, 2013 – С. 496-500.*
7. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И., Боровинская И.П. *Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. М.: Бином, 1999. — 176 с.*
8. Геллер Ю.А., Рахитад А.Г. *Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы [Текст] / Учебник.- М.: Металлургия., 1989. – 456 с.*

© В.Д. Рудь, Л.М. Самчук, Ю.С. Повстяна

УДК 621.467

*В.Д. Рудь, д.т.н., проф.
Л.М. Самчук, к.т.н., ст. преподаватель
Ю.С. Повстяная, ассистент
Луцкий национальный технический университет*

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ
ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ**

На основании экспериментальных исследований показана возможность изготовления пористого проницательного фильтрующего материала на основе алюминия и сапонитовой глины для регенерации технических жидкостей и масел. Проведены промышленные испытания, которые показали, что предложенный фильтрующий материал можно использовать для регенерации технических жидкостей и масел.

Ключевые слова: *фильтрация, СВС - процесс, техническое масло, СВС – реакция.*

UDC 621.467

*V. Rud', Doctor of Technical Sciences
L. Samchuk, Candidate of Technical Sciences
I. Povstiana, Assistant*

**PROMISING OPPORTUNITIES FOR INSIGHTFUL NEW POROUS
MATERIAL USING NATURAL MINERALS**

On the basis of experimental studies demonstrated the possibility of making a porous filter material discerning based on aluminum and saponite clay for the regeneration of industrial liquids and oils. Industrial tests, which show that the proposed filter material can be used for regeneration fluids and oils.

Keywords: *filtration, SVS - process, oils, SVS - reaction.*