УДК 621.762.5: 669: 536.462

Н.М. Гулієва

ПОРИСТІСТЬ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ

У роботі наведені теоретико-експериментальні дослідження пористих проникних матеріалів композитів сапоніт – титану та сапоніт – алюмінію. Визначаються їх якісні й кількісні показники в прикладних програмах PhotoM, Smart-eye. Металографічні зображення представлені комбінацією структурних складових при різному співвідношенні: фазами, формою та кольором, межами зерен. Вивчені межі технологічних параметрів та синтез пористих проникних матеріалів на основі композитів сапоніт – титан та сапоніт – алюміній з необхідним балансом конструкційних функціональних показників та їхнього варіювання при зміні окремих властивостей.

Ключові слова: *композити, сапоніт – титан, сапоніт – алюмінію, структурні складові, синтез.*

Рис. 3. Табл. 1. Літ. 6.

Н.М. Гулиева

ПОРИСТОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ

В работе приведены теоретико-экспериментальные исследования пористых проницаемых материалов композитов сапонит – титана и сапонит – алюминия. Определяются их качественные и количественные показатели в приложениях PhotoM, Smart-eye. Металлографические изображения представлены комбинацией структурных составляющих при различном соотношении: фазами, формой и цветом, границами зерен. Изучены пределы технологических параметров и синтез пористых проницаемых материалов на основе композитов сапонит - титана и сапонит - алюминия с необходимым балансом конструкционных функциональных показателей и их варьирования при изменении отдельных свойств.

Ключевые слова: *композиты, сапонит - титан, сапонит - алюминия, структурные составляющие, синтез.*

N.M. Huliieva

PURITY OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON NATURAL MINERALS

In work the theoretical and experimental studies of porous permeable materials composites saponite – titanium saponite – aluminum. Identify their qualitative and quantitative indicators in applications PhotoM, Smart-eye. Metallographic image presents a combination of structural components at different ratio: phases, shape and color, the grain boundaries. Studied the limits of process parameters and synthesis of porous permeable materials based on composites saponite – titanium and saponite – aluminum with necessary structural balance functional parameters and their variation by changing specific properties.

Keywords: *composites, saponite - titanium, saponite - aluminum, structural components, synthesis.*

Постановка проблеми. За допомогою різних прикладних програм PhotoM 1.21, Smart-eye, ScreenMeter 1.0, Micam та інших можна визначити деякі характеристики, які необхідні для якісної та кількісної оцінки структури будь-якого матеріалу, а зокрема і пористих проникних матеріалів. На сьогоднішній день ставляться високі вимоги щодо забезпечення економії матеріалів при різному виробництві деталей, особливо при використанні дорогих кольорових металів та сплавів. Завдяки даних прикладних програм визначаються їх якісні та кількісні характеристики та забезпечують скорочення втрат металу, зменшення енерговитрат, одержання матеріалів із спеціальними властивостями та ін.

Пористі проникні матеріали отримують методами порошкової металургії. Для їх спікання застосовують традиційні методи або самопоширюючий високотемпературний синтез. Пористі проникні матеріали одержані самопоширюючим високотемпературним синтезом, зазвичай, мають ряд переваг: високу механічну міцність, хімічну і термічну стійкість, пористість, проникність, рівномірність пор та інших властивостей. Для дослідження цих властивостей необхідне застосування сучасних прикладних програм. Аналіз літературних джерел свідчить, що застосування прикладних програм потребує більш глибокого теоретичного та експериментального дослідження. Вагомий внесок, у розвиток даного напряму, вклали такі вчені: R. German, W. Baek, J. Dillar [1], А. Н. Сорокина, В. В. Савич, А. Е. Галкин, В. М. Капцевич, Л. П. Пилиневич [2], В.Д. Рудь, Л. М. Самчук [5] та ін.

Основні результати дослідження. Мета визначити якісні та кількісні характеристики пористих проникних матеріалів за допомогою сучасних прикладних програм.

На сьогоднішній день існує багато різноманітних прикладних програм для аналізу зображень. Найбільш успішними стають продукти, які найбільш зрозумілі в експлуатації.

Зі врахуванням функціональних можливостей серед різноманіття програмного забезпечення для аналізу зображень популярними є наступні прикладні програми – PhotoM 1.21, ScreenMeter 1.0, Micam. Програма PhotoM 1.21 призначена для цитофотометрії. Програма здійснює розрахунок

© Н.М. Гулієва

оптичної щільності фотографій. Можливе завантаження чорно-білих зображень у форматі BMP і JPG і зміна масштабу перегляду. Оптична щільність може розраховуватися з урахуванням фону як по середньому (по виділеній області),так і за окремою фотографії. Крім того, можливо віднімання темнового поля відеокамери. Крім розрахунку оптичної щільності, передбачено інвертування, збільшення контрасту і згладжування зображення, генерація бінарного зображення, визначення відстані між об'єктами і площі області на фотографії. Передбачений режим калібрування для перерахунку всіх координат в метричні одиниці [1].

Властивості пористих матеріалів залежать від властивостей вихідних порошків і технологічного процесу їхнього виготовлення. Технологічна схема методу самопоширюючуго високотемпературного синтезу Луцького НТУ наведена на рис. 1 [2].

Рис. 1 – **Технологічна схема самопоширюючого високотемпературного синтезу Луцького НТУ**

Для їхнього виготовлення використовуються металеві порошки як зі сферичної, так і несферичною формою часток з розмірами від декількох до тисячі мікрометрів з різних металів і сплавів. Технологія виготовлення пористих металів з металевих порошків містить у собі традиційну для порошкової металургії схему операцій: формування й спікання. Основні вимоги, які і ставляться до формуванню при виготовленні пористих матеріалів, пов’язані з одержанням виробів заданих форм і розмірів з необхідною пористістю й забезпеченням рівномірного або заданого розподілу пористості й відповідно проникливості. Для збільшення пористості й полегшення пресування порошків до металевих порошків додають спеціальні наповнювачі, що задовольняють наступним вимогам: не розкладатися при кімнатній температурі, не вступати в

хімічну взаємодію з металевим порошком під час змішування й пресування, розкладатися при температурі меншої температури спікання, не залишати продуктів розкладання в порах заготовки після спікання. Кількість наповнювача звичайно становить від 3 до 10 % до маси металевого порошку [3].

Роботи з дослідження пористих проникливих матеріалів активуються великими потенційними можливостями їхнього застосування для виготовлення фільтрів, мембран з частковою чи регульованою проникливістю. Перспективними матеріалами для виготовлення пористих конструкцій є титан та алюміній, що характеризуються високою міцністю, корозійною стійкістю та тугоплавкістю. Проведено комплекс досліджень, спрямованих на вивчення можливостей отримання матеріалів з зазначених елементів. Вивчені межі технологічних факторів (склад, гранулометрія, режими відпалу), які є визначальними при формуванні структур з бажаною пористістю та необхідними механічними властивостями, в першу чергу міцністю. Синтез пористих матеріалів на основі титану та алюмінію з необхідним балансом конструкційних функціональних показниках вимагає детального дослідження закономірностей формування зв'язків в системі склад-структура-властивості та їхнього варіювання при зміні окремих технологічних факторів. Для реалізації сформульованих завдань необхідно проаналізувати вплив умов обробки на такі характеристики зразків, як розміри структурних елементів, різновид пор, їхня кількість і розподіл за розмірами.

Вихідні зразки у вигляді циліндрів формували методом радіально-ізостатичного пресування під тиском 760 МПа з початковою щільністю 0,87–1,5 г/см^3.

Наповнювач $CaCO_3$ був вибраний за наступних міркувань:

1. Оптимальними є поро утворюючі добавки, які в процесі спікання розкладаються без утворення рідкої фази при температурі нижче температури спікання, та без утворення компонентів, які забруднюють основний матеріал;

2. Пороутворювач повинен бути змазкою та зв’язкою, зменшуючи вплив тертя при пресуванні, тим самим покращуючи властивості пресування та формування.

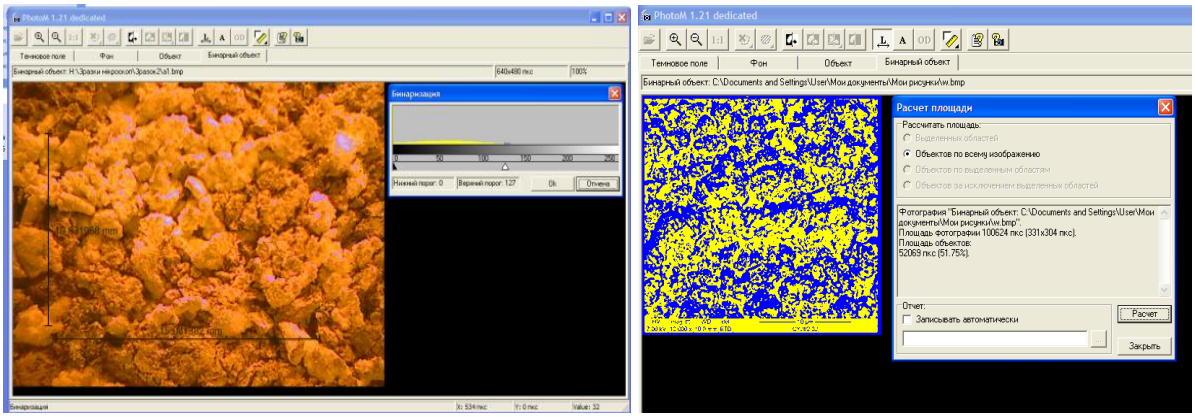
З метою визначення оптимальної кількості пороутворювача, необхідної для доброго формування системи сапоніт – титан та сапоніт – алюміній, нами були проведені експериментальні дослідження по визначенню впливу вмісту $CaCO_3$ на пороутворення даних систем.

Враховуючи, що характеристикою ущільнення порошку є його здатність зберігати надану йому в результаті пресування форму, при якій зразок після видалення з прес-форми не осипається і не має розшарувань, а також те, що чим більша пористість, тим вища проникливість, нами була вибрана величина міцності на стиск мінімальною ($\sigma_{ст}$ = 1 МПа), а величина тиску пресування лежала в межах 350–760 МПа. Аналіз результатів дослідження показує, що мінімальний вміст пороутворювача значно підвищує властивості пресування досліджуваних порошків, і складає 5–6 %. Тому на основі даних результатів при пресуванні заготовок пористих проникних матеріалів із порошків у вихідну шихту вводили не менше 4 % $CaCO_3$. Важливою структурною характеристикою пористого матеріалу є його регулярність структури, яка залежить від властивостей вихідних порошків та технології виготовлення пористих проникних матеріалів. Об’єктивні результати досліджень будь-яких технологічних режимів виготовлення на властивості пористих проникних матеріалів можна отримати тільки в тому випадку, якщо пориста структура регулярна, а для цього необхідно знати критичну товщину пористих проникних матеріалів, при якій вона досягається. Одним із параметрів регулювання властивостей пористих проникних матеріалів, які отримані пресуванням, є величина тиску пресування. Досліджено, що при тисках вище 300 МПа пористість зі збільшенням тиску практично не змінюється і однакова для порошків різних фракцій. При тисках менше 300 МПа пористість зразків, які виготовлені із крупніших частинок, вища. Це пояснюється тим, що форма крупних частинок порошку менш сферична за форму дрібніших частинок порошку. Чим більший вміст пороутворювача, тим нижча міцність пористих проникних матеріалів.

Для досягнення міцності, зразки, які виготовленні із порошку більшої фракції, повинні містити не більше 25% пороутворювача, а зразки меншої фракції – більше 25% [4]. Це можна пояснити різною формою частинок порошку малого та великого розмірів, яка суттєво впливає на механічну міцність при вмісті пороутворювача менше 25 %. За допомогою пороутворювача можна отримувати задане пороросподілення по січенню зразка фільтруючих пористих проникних матеріалів, що забезпечує високі експлуатаційні властивості. Пороутворювач дозволяє збільшити пористість пористих проникних матеріалів, а, відповідно, і їх проникливість та брудоємність. Тому дослідження впливу пороутворювача на експлуатаційні характеристики фільтруючих пористих

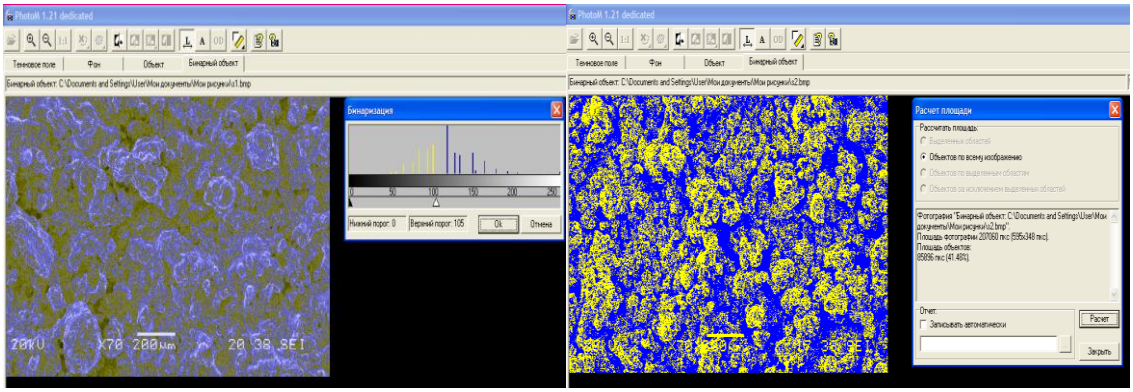
проникних матеріалів дозволяє забезпечити його оптимальну кількість для отримання бажаного поро розподілення [5]. За допомогою програми PhotoM 1.21 показано експериментальні результати зразків композиту сапоніт – титан, спечених методом самопоширюючого високотемпературного синтезу.

В якості прикладу та для перевірки методик визначення пористості, нами приводяться результати досліджень розподілу пористих проникних матеріалів композитів, який виготовлений із порошків сапоніт – титан рис. 2 та сапоніт – алюміній 3, за допомогою оптичного мікроскопу eScope [6].



а) б)

Рис. 2. – **Сапоніт – титан „PhotoM 1.21” бінаризація (а), негатив (б)**



а) б)

Рис. 3. – **Сапоніт – алюміній „PhotoM 1.21” бінаризація (а), негатив (б)**

Результати досліджень наведені у таблиці 1. Достовірність методики оцінювали шляхом порівняння з відомими результатами [7].

Таблиця 1

Пористість зразка, виготовленого із композитів сапоніт – титан та сапоніт –алюміній

Зразок	Методика визначення пористості, мкм					
	метод вихрових струмів	Δ, %	Porous Materials, Inc	Δ, %	металографічний метод	Δ, %
Сапоніт – титан	0,344	5,5	0,378	6,0	0,367	4,0
Сапоніт – алюміній	0,373	5,0	0,415	7,0	0,399	3,8

Δ – похибка вимірювання (у порівнянні з ГОСТ 25281–82**)**

Висновок. Дані прикладні програми PhotoM, Smart-eye дозволяють забезпечувати якісні й кількісні показники пористих проникних матеріалів. На підставі результатів досліджень

сформульовано і обґрунтовано режими формування композитів сапоніт – титан та сапоніт – алюміній. Для пресування зразків висотою 220 мм та діаметром 40 мм застосовували сухе радіально-ізостатичне пресування при тисках в межах 500 … 700 МПа. Загальний час спікання в режимі СВС-процесу для сапоніт – титану 80 с при температурі 1350 ºС та сапоніт – алюмінію 75,2 с при температурі 1300 ºС. Процес швидкості горіння отриманого матеріалу в межах 0,46–3,67 мм/с та інтервалі тиску аргону 0,5…4 МПа. Пористість для композиту сапоніт – титану лежить в межах 35–40 % та сапоніт – алюмінію 40–45 %. Запропонована та випробувана ресурсозберігаюча технологія впроваджена на підприємствах КП „Луцькводоканал”, ПАТ „СКФ – Україна” м. Луцька, яка передбачає виготовлення композитів сапоніт – титан для очистки питних вод та сапоніт – алюміній для очистки стічних, технічних та технологічних вод.

Література

1. German R. Microstructure and property development in transient liquid phase sintered iron-titanium alloys / R. German, W. Baek, J. Dillar // Progress in Powder Metallurgy. – 1985. – V. 41. – P. 765–790. – ISSN 1339-4533

2. Рудь В.Д. СВС – технологія виготовлення фільтрувальних матеріалів на основі композиту титан-сапоніт для очистки води / В.Д. Рудь, Л.М. Самчук, Н.М. Гулієва // Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Одеса: ОНАХТ, 2014. – С. 109-111.

3. Сорокина А. Н. Разработка пористых порошковых материалов и изделий из них экологического назначения / А. Н. Сорокина, В. В. Савич, А. Е. Галкин, В. М. Капцевич, Л. П. Пилиневич // Достижения науки и техники в области ресурсосбережения и экологии: Тез. докл. межд. конф. – Гомель, 1989. – С. 50–51.

4. 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 докл. 8-го Международного симпозиума: (10-12 апреля 2013г.). – Минск, В 2 ч. Ч. 1, 2013. – С. 496–500. – ISBN 978-985-08-1548-4

5. Гулієва Н. М. Технологія виготовлення пористих фільтрувальних матеріалів для очищення питних вод / Н. М. Гулієва // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2014. – №1 (10). – С. 170–175. – ISSN 2313-4763

6. Рудь В.Д. Структурные характеристики заготовок при заполнении пресс-форм частицами нерегулярной формы / В. Д. Рудь, Л. М. Самчук, Н. М. Гулиева, В. В. Шиберко // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Science and Education – Our Future (November 24-26, 2014) Abu Dhabi”. – Dubai.: Rost Publishing, 2014. – P. 18–24. – ISBN 978-966-316-360-4

7. Rud’ V. D. Determination of drinking water quality using new information technology / V. D. Rud’, N. M. Guliieva // Actual Problems of Economics: Scientific economic journal. Kyiv, 2014. – V. 4 (154). – C. 481–488. – ISSN 1993-6788

Стаття надійшла до редакції 23.03.2018

© Н.М. Гулієва