

---

# VII. ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

---

УДК 621.998.77

## ПОРИСТИЙ ПРОНИКНИЙ МАТЕРІАЛ, ОТРИМАНИЙ МЕТОДОМ СВС ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ КУВАЛЬНО-ШТАМПУВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

**В. Д. РУДЬ**, доктор технічних наук, професор;

**Ю. С. ПОВСТЯНА**;

**Л. М. САМЧУК**, кандидат технічних наук;

**І. В. САВЮК**

(Луцький національний технічний університет)

***Анотація.** У статті наведені результати створення та дослідження фільтрувального матеріалу, основу якого становить дешева природна сировина у поєднанні з відходами машинобудування. Використано методи лабораторного дослідження, логічного та порівняльного аналізу. Основу композиційних складових шихти для отримання пористих матеріалів становлять промислові відходи машинобудівного виробництва, які являють собою оксиди металів і металічні порошки. Доведено можливість практичного використання цих матеріалів для фільтрації рідин із забезпеченням усього комплексу властивостей і необхідних характеристик. Створений пористий проникний матеріал є економічно доцільнішим для застосування у порівнянні з відомими за рахунок використання енергозберігаючої технології та відходів виробництва.*

***Ключові слова:** СВС, сапоніт, шихта, фільтрація, металографічний аналіз.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Найбільш розповсюдженим процесом у багатьох промислових виробництвах є

фільтрація рідини. Фільтрувальні матеріали в процесі експлуатації можуть піддаватись механічному та хімічному впливу, що знижує

ресурс, термін служби, а в деяких випадках їх потрібно періодично замінювати. У процесі використання розроблених матеріалів до них висувається ряд експлуатаційних вимог, основними з яких є механічна міцність і здатність до багаторазової хімічної регенерації. Для відновлення фільтрувальної здатності проникливих матеріалів при термічній регенерації потрібні високі показники термічної стійкості (не менше 200 °С), для хімічної регенерації досить важлива стійкість фільтрів до дії неорганічних кислот. На сьогодні існує цілий ряд матеріалів для фільтрації, з яких найбільш розповсюджені та довгострокові є керамічні фільтрувальні матеріали [1]. Недоліком керамічних матеріалів, не враховуючи їх довгостроковий термін служби та ресурс, є енерговитратна технологія виробництва.

Із попередніх результатів дослідження встановлено, що одним із перспективних методів отримання керамічних матеріалів є самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС). Мета СВС-процесу полягає не у керуванні температурою та швидкістю хвилі горіння, а в отриманні мікроструктури кінцевого продукту. Пористі проникливі матеріали, отримані методом СВС, мають такі переваги: висока механічна міцність, хімічна стійкість, економічний метод виготовлення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження пористих проникливих блоків каталітичних нейтралізаторів, отриманих методом СВС, наведені у праці [5], показали, що використання цих фільтрувальних матеріалів для очистки газів має ряд переваг над ППМ отриманими традиційними методами як із боку технології виготовлення, так і експлуатаційних властивостей. Однак уміст основних компонентів, що входять у склад фільтрувального елемента, є дороговартісними. Конструкція цього фільтра звужує сферу його застосування, що призводить до збільшення вартості його обслуговування та заміни.

Використання відходів машинобудівних підприємств для виготовлення фільтрувальних елементів суттєво зменшує їх вартість, збільшує довговічність і надає можливість для відновлення фільтруючих властивостей.

У праці [4] наведено технологію виготовлення фільтру для очистки технічних рідин та газових сумішей на основі залізної окалини сталі 18Х2Н4МА. Результат випробувань показує високі фільтрувальні властивості цього матеріалу, на порядок нижчу вартість у порівнянні із традиційними матеріалами та високі техніко-експлуатаційні властивості.

Незважаючи на високі досягнення у цьому напрямі, робота над удосконаленням ППМ триває. Науковці кафедри КПВ і ТМ Луцького НТУ працюють над створенням фільтрувального матеріалу, основою якого є дешеві природні матеріали у поєднанні з відходами машинобудування.

**Формування цілей статті.** Створення та дослідження пористого проникного матеріалу, основою якого є дешева природна сировина та відходи машинобудування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Велике значення для отримання якісних виробів має підбір шихтових матеріалів. Основу композиційних складових шихти для отримання пористих матеріалів становлять промислові відходи машинобудівного (кувально-штампувального) виробництва, які являють собою оксиди металів і металічні порошки.

Ми використали такі вихідні матеріали: окалина сталі 18Х2Н4МА, порошок оксиду алюмінію ТУ (48-5-22-87), природний мінерал – сапоніт Ташківського родовища та проутворювач – карбомід. Головні напрями використання сапонітових мінералів пов'язані з багатофункціональністю та ефективністю дії цих мінералів у різних галузях промисловості. Наприклад, у хімічній промисловості сапонітові глини використовуються як адсорбенти. В легкій промисловості бентонітову сировину використовують в очищенні стічних вод. Враховуючи високі сорбційні та цінні фізико-хімічні властивості, можливе застосування сапонітів як безпечних і недорогих сорбентів для очистки розчинників. Використання сапонітів при фільтрації розчинників дозволить покращити якість очистки останніх, підвищити екологічну безпеку процесу, зменшити кількість шламових відходів [2].

Отримання матеріалу методом СВС проводилося за схемою:

- змішування порошків вихідних реагентів згідно із стехіометричним розрахунком за відповідними рівняннями реакції;
- сушка вихідної шихти реагентів в умовах захисного середовища;
- пресування вихідної шихти реагентів у циліндричні заготовки різного діаметра і висоти при варіації значення густини матеріалу отриманих зразків шляхом зміни тиску пресування;
- здійснення процесу СВС у лабораторній установці й отриманні зразків функціональних матеріалів;
- аналіз структурних характеристик.

Змішування порошків вихідних реагентів проводилося в кульовому млині, який являє собою горизонтально розміщений циліндр, що обертається, з набором сталевих кульок діаметром 20 мм усередині. Змішування триває протягом восьми годин до утворення однорідної маси. Пресування вихідної шихти відбувається за допомогою гідравлічного преса моделі ПСУ 500. Формування зразків здійснювалось у різному співвідношенні, наприклад (30 %  $Al_2O_3$ , 30 %  $Fe_3O_4$ , 30 % порошок сапонітової глини, 10 % пороутворювача-карбонату; 25 %  $Al_2O_3$ , 35 %  $Fe_3O_4$ , 30 % порошок сапонітової глини, 10 % пороутворювача-карбонату тощо).



Рис. 1. Експериментальні дослідні зразки в різному співвідношенні

Процес спікання здійснювався в лабораторному реакторі, який був розроблений у Луцькому НТУ. При горінні в простішому та найбільш важливому стаціонарному режимі точки фронту рухаються з постійною в часі й однаковою швидкістю. Коли стаціонарний режим втрачає стійкість, можуть виникнути нестійкі режими розповсюдження фронту [3]:

- плоскі автоколивання швидкості фронту горіння (пульсуюче горіння);
- локалізація реакції горіння у вогнищах, що рухаються рухомо по хвильовій траєкторії (спінові хвилі);
- хаотичний рух горіння.

Хвиля горіння не поширюється по шихті у випадку сильних тепловтрат у навколишнє середовище (малі діаметри шихтових зразків,

низькі адіабатичні температури взаємодії реагентів) [4]. Процес поширення хвилі характеризують:

1. межею згасання (зв'язок між параметрами системи, що розділяють дві ситуації: поширення хвилі та відсутності горіння за будь-яких умов ініціювання);
2. межею втрати стійкості (зв'язок між параметрами системи, що розділяють режими стаціонарного та нестійкого горіння);
3. швидкістю поширення фронту горіння;
4. максимальною температурою і темпом нагріву речовини у хвилі стаціонарного горіння;
5. у нестійких процесах – частотою пульсацій, швидкістю руху вогнища по гвинтовій траєкторії, величиною адіабатного ефекту та ін.;

6. глибиною хімічного перетворення вихідних реагентів у кінцеві продукти (повнота горіння);

7. залежністю недогорання від відносної щільності зразка;

8. залежністю недогорання від розмірів частинок металу.

Останнє положення перевірялося в серії експериментів. Було проведено декілька серій дослідження з порошками, частки яких мали розміри 100–200 мкм, 50–100 мкм, 50–80 мкм. Під час проведення дослідження на зломах зразків було встановлено, що заго-

товки з розмірами частинок 100–200 мкм, 50–100 мкм недогорають. Заготовки з розмірами частинок 50–80 мкм визначаються високою щільністю. Тому для подальших досліджень використовувалися частки з оптимальними розмірами 50–80 мкм.

Фронт горіння розповсюджувався за зразком до протилежної сторони від ініціюючої спіралі. Електричний сигнал від термопар фіксувався за допомогою датчиків (термопар), підключених до комп'ютера через аналого-цифровий перетворювач. Дослідні зразки, отримані методом СВС, наведені на рис. 2.



Рис. 2. Нова пориста прониклива кераміка отримана методом СВС

Зразки для металографічних досліджень готувалися за стандартною методикою [4]. Шліфи зразків досліджували за допомогою мікроскопу моделі ММР-4 при збільшенні  $\times 400$ . З метою отримання чіткого зображення меж зерен шліфи протравлювали 4 %  $H_2SO_4$ . Площинну пористість визначали за мікрофо-

тографіями шліфів за допомогою програми Smart-eye. Встановлено, що пористість становить 15–20 %. Об'ємну пористість визначали ваговим методом за геометричними параметрами зразків. Структура отриманого матеріалу наведена на рис. 3:

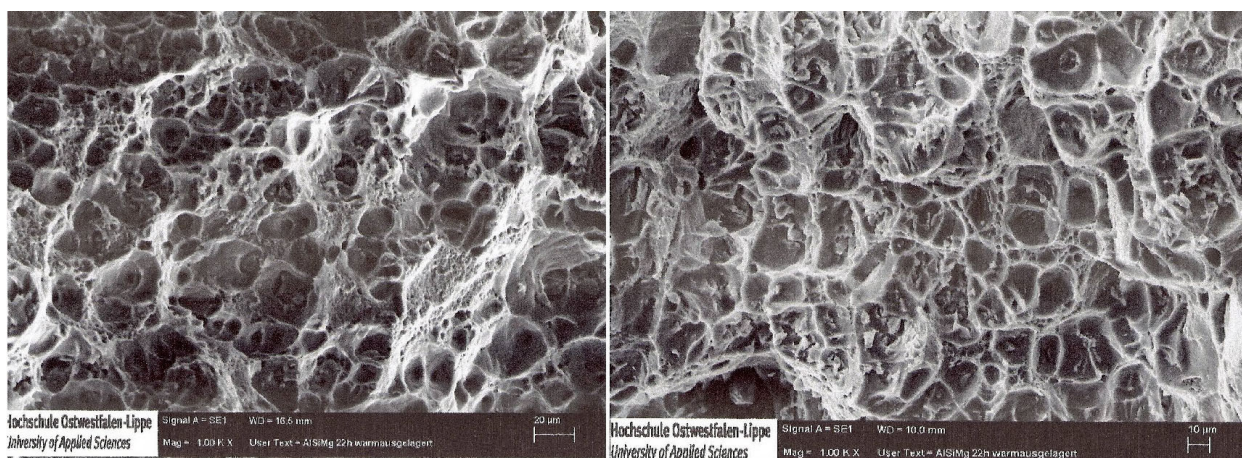


Рис. 3. Мікроструктура пористого проникливого матеріалу

Як показує аналіз літературних джерел існує лише уявлення про механізм формування структури пористих СВС матеріалів. Щоб потримати пористі матеріали із заданою проникливістю, розмірами пор, хімічною, механічною стійкістю, потрібно провести цикл експериментальних досліджень із режимів температури, швидкості охолодження, механічної обробки і т. ін.

**Висновки.** Експериментальні дослідження показали, що розроблений пористий матеріал на основі відходів кувально-штампувального виробництва можна рекомендувати для фільтрації рідин із забезпеченням усього комплексу властивостей і характеристик. Створений матеріал є економічно доцільнішим для використання, ніж відомі, за рахунок використання енергозберігаючої технології та відходів виробництв.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Батаев А. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебник / А. А. Батаев, В. А. Батаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
2. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В. В. Евстигнеев, Б. М. Вольпе, И. В. Милукова, Г. В. Сайгутин. – Москва : Высшая шк., 1996. – 274 с.
3. Изучение некоторых свойств материала СВС-фильтров / В. В. Евстигнеев, В. Н. Краснов, Н. П. Тубалов, О. А. Лебедева, Г. Ю. Филиппов // Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: материалы и технологии : сб. науч. тр. АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Новосибирск : Наука, 2001. – С. 40–43.
4. Получение пористых керамических материалов с использованием отходов машиностроения на основе термохимического синтеза / В. В. Евстигнеев, Н. П. Тубалов, О. А. Лебедева, В. И. Верещагин // Новые материалы. Ползуновский вестник. – 2003. – № 1–2. – С. 158–161.
5. Использование СВС-технологий для получения пористых проницательных блоков каталитически нейтрализаторов / Д. С. Печенникова, А. А. Жуйкова, А. А. Новоселов, А. В. Унгефук // Развитие технического наследия. Ползуновский Альманах. – 2011. – № 2. – С. 136–138.

#### REFERENCES

1. Bataev, A. A., Bataev, V. A. (2002). *Kompozitsionnye materialy: stroenye, poluchenye, primeneniye* [Raw. Composite materials: structure, obtaining, application and determine the angle and the net weight]. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 384 p. [in Russian].
2. Yevstigneev, V. V., Volpe, B. M., Milyukova, I. V., Saygutin, G. V. (1996). *Integralnye tekhnologii samorasprostranyayushchegosya vysokotemperaturnogo sinteza* [Integral technology SHS]. Moscow: Vysshaya shkola, 274 p. [in Russian].
3. Yevstigneev, V. V. *Izuchenie nekotorykh svoystv materiala SVS-filtrov*. Sb. nauch. tr. AltGTU im. Polzunova. *Samorasprostranyayushchiysya vysokotemperaturniy sintez: materialy i tekhnologii – SHS: Materials and Technologies: Sat. scientific. tr. AltSTU them. Polzunov*. Novosibirsk: Nauka, 2001, pp. 40–43. [in Russian].
- Yevstigneev, V. V., Tubalov, N. P., Lebedeva, O. A., Vereshchagin, V. I. *Poluchenye poristikh keramicheskikh materialov s ispolzovaniyem otkhodov mashinostroyeniya na osnove termokhimicheskogo sinteza* [Preparation of porous ceramic materials using wastes of engineering based on thermochemical synthesis]. *Novyye materialy. Polzunovskiy vestnik – New materials. Polzunovsky Gazette*, 2003, № 1–2, pp. 158–161.
4. Pechennikova, D. S., Zhuykova, A. A., Novoselov, A. A., Ugnefuk, A. V. *Ispolzovaniye SVS-tekhnologiy dlya polucheniya poristyx pronitsatelnykh blokov kataliticheskikh neytralizatorov*. *Razvitiye*

*tekhnicheskogo naslediya. Polzunovskiy Almanakh – Development of technical heri-*

*tage. Polzunovsky Almanac, 2011, № 2, p. 136–138 [in Russian].*

**В. Д. Рудь**, доктор технических наук, профессор; **Ю. С. Повстяна**; **Л. М. Самчук**, кандидат технических наук; **И. В. Савюк** (Луцкий национальный технический университет). **Пористый проницаемый материал, полученный методом СВС с использованием отходов ковочно-штамповочного производства.**

**Аннотация.** В работе приведены результаты создания фильтрующего материала, основу которого составляют дешевые природные материалы в сочетании с отходами машиностроения. Используются методы лабораторного исследования, логического и сравнительного анализа. Основу композиционных составляющих шихты для получения пористых материалов составляют промышленные отходы машиностроительного производства, которые представляют собой оксиды металлов и металлические порошки. Доказана возможность практического использования данных материалов для фильтрации жидкостей с обеспечением всего комплекса свойств и необходимых характеристик. Созданный материал является экономически целесообразным для использования по сравнению с известными за счет энергосберегающей технологии и отходов производства.

**Ключевые слова:** СВС, сапонит, шихта, фильтрация, металлографический анализ.

**V. Rud, Dc. Tech. Sci., Professor; Y. Povstyana; L. Samchuk, Cand. Tech. Sci.; I. Savyuk** (Lutsk National Technical University). **Porous material insightful obtained by SHS method using waste malleable-stamping production.**

**Summary.** Today there are a number of materials for filtration, most of which are long-term distribution and ceramic filter materials. The disadvantage of ceramic materials is energy-intensive production technology. To create the filter material which is based on cheap natural materials combined with waste machinery. Methods: laboratory studies, logical and comparative analysis. In this paper the basis of composite components for the mixture of porous material is industrial waste engineering production, which are metal oxides and metal powders. The possibility of the practical use of these materials for filtration of liquids with providing the entire complex properties and the required characteristics necessary for life. Are given components and technology for material created does cost more reasonable to use in comparison with known through the use of energy-efficient technologies and waste production.

**Keywords:** SHS, saponyt, charge, filtering, metallohrapy analysis.