

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКОРИСТАННЯ ЦЕОЛІТІВ ДЛЯ АКУМУЛЯЦІЇ
ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Гречановський А. П., аспірант, e-mail: grechanovskyy62@gmail.com
Одеський національний технологічний університет

Актуальність дослідження. Цеоліти мають широке застосування у різних галузях промисловості. Вони використовуються у водоочисних системах як адсорбенти та іонообмінники. Крім того, їх використовують у вакуумних насосах сорбційного типу. Цеоліти також діють як каталізатори для багатьох процесів у нафтохімії та нафтопереробці. Сучасні умови вимагають особливої уваги до енергозбереження та раціонального використання ресурсів. Інноваційним використанням цеолітів є їх використання для термохімічної акумуляції тепла.

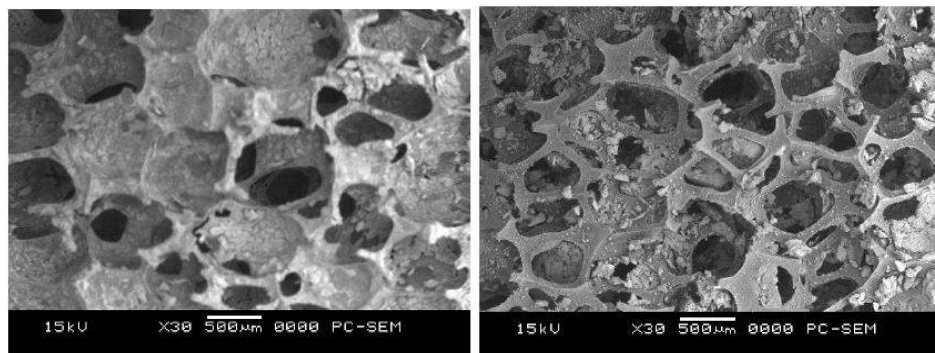
Основні матеріали досліджень. Принцип термохімічної акумуляції тепла за використанням цеолітів ґрунтується на їхній здатності адсорбувати та десорбувати воду. Під час адсорбції води цеоліт виділяє тепло. Для видобутку та використання нагрітого у шарі цеоліту тепла під час процесу адсорбції (виділення теплоти), через його ємність пропускають холодне та вологе повітря. Ця дія дозволяє цеолітам адсорбувати водяну пару з повітря та осушити його. Оскільки адсорбція є екзотермічним процесом, повітря під час цього процесу нагрівається. Після виходу з ємності гаряче повітря може бути використане для обігріву. [1]. Термохімічне накопичення тепла має численні переваги, включаючи тривале зберігання, можливість регулювання температури нагріву, навіть вище, ніж попередня температура зарядки. На сьогоднішній день дослідження показують, [2] що для досягнення цієї мети доцільно використовувати цеоліти типу А та X, завдяки їхній структурі та складу: цеоліти типу А мають низький вміст кремнійоксиду (SiO_2 : Al_2O_3 не вище 2), і в кислому середовищі вони руйнуються. Щодо цеолітів типу X, співвідношення в них становить 2,2-3,3. Існують дані про щільність накопичення енергії в цеолітах, які свідчать про перспективність їх використання як теплових акумуляторів. Наприклад, щільність накопичення енергії в цеоліті типу NaA становить 1370 кДж/кг [3].

Але для ефективного використання цеолітів у термохімічних акумуляторах тепла, потрібно врахувати не лише правильний вибір типу цеоліту, але й організацію процесу регенерації. Етап регенерації пов'язаний із видаленням вологи з цеолітів і зазвичай здійснюється шляхом сушіння. При застосуванні традиційних технологій конвективної десорбції, не лише сам матеріал, але й обладнання нагріваються, що призводить до додаткового споживання енергії та зниження енергоефективності. Дослідження показують, що мікрохвильове сушіння має численні переваги в порівнянні зі звичайними методами. Мікрохвильова енергія може швидко та ефективно проникати в матеріал цеоліту, викликаючи молекулярні коливання і підвищуючи температуру. Це дозволяє значно прискорити процес сушіння порівняно з традиційними методами, такими як природне сушіння або сушіння гарячим повітрям. Мікрохвильове сушіння може бути більш енергоефективним порівняно з іншими методами сушіння та дозволяє використовувати мікрохвильове випромінювання без значного втрати тепла в навколишнє середовище.

У процесі сушіння, згідно з [4], необхідно видалити не лише вільну вологу, але й воду, яка адсорбована матеріалом. Досліди, проведені в [5, 6], показали, що використання мікрохвильової енергії для підготовки та регенерації цеолітів дозволяє досягти цієї мети і, крім того, формує унікальну внутрішню структуру матеріалу. На відміну від мікроструктури, яка формується за допомогою звичайного сушіння, мікрохвильова обробка призводить до утворення дрібніших зерен. Зазвичай це сприяє збільшенню пористості і покращенню механічних властивостей, таких як міцність на вигин [7]. Важливо відзначити, що сорбційна здатність істотно зростає під час мікрохвильового сушіння [8]. Першою компанією, яка використала мікрохвильові печі для синтезу цеолітів, була Mobil Oil Corp. Зазначається, що

використання мікрохвильового нагріву дозволяє проводити процес набагато швидше, чистіше та з меншими енерговитратами порівняно з традиційними методами. Крім того, процес кристалізації значно прискорюється, коли в якості джерела тепла використовується мікрохвильове випромінювання.

На рис. 1 наведено фотографії алюмоцеолітової піни після звичайного сушіння (а) і мікрохвильового сушіння (б).



а)

б)

Рисунок 1 – SEM - фотографії мікроструктури алюмоцеолітової піни після звичайного сушіння (а) і мікрохвильового сушіння (б) [7].

Ще однією перевагою є те, що мікрохвильове сушіння може сприяти зменшенню втрат цеоліту під час процесу сушіння.

Висновок. Традиційні методи, такі як сушіння гарячим повітрям, можуть призводити до витрат матеріалу через пил і випаровування. Використання мікрохвильового сушіння допомагає знизити такі втрати. Крім того, мікрохвильові сушарки можуть бути налаштовані для точного контролю параметрів сушіння, таких як час, потужність і температура. Це дозволяє досягти більш однорідного сушіння і керувати процесом з високою точністю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Zeolite Heat Storage: Key Parameters from Experimental Results with Binder-Free NaY / S. Rönsch et al. *Chemical Engineering & Technology*. 2020. Vol. 43, no. 12. P. 2530–2537.
2. Preparation, hydrothermal stability and thermal adsorption storage properties of binderless zeolite beads / J. Jänchen et al. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 2012. Vol. 7, no. 4. P. 275–279.
3. D. I. Tchernev. Natural Zeolites in Solar Energy Heating, Cooling, and Energy Storage. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*. 2001. Vol. 45(1). P. 589-617.
4. Gabruś E., Witkiewicz K., Nastaj J. Modeling of regeneration stage of 3A and 4A zeolite molecular sieves in TSA process used for dewatering of aliphatic alcohols. *Chemical Engineering Journal*. 2018. Vol. 337. P. 416–427.
5. Вивчення перспектив застосування цеолітів для теплових акумуляторів / І. Л. Бошкова та ін. *Refrigeration Engineering and Technology*. 2021. Т. 57, № 3. С. 196–205.
6. T. Ohgushi, M. Nagae. Microwave Heating of Hydrated Zeolites and Application of Zeolites as a Domestic Reusable Desiccant through its Technique. *Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials*. 2005. Vol. 23. P. 195-198.
7. Rahman, A., Rahmat, N., Shariff, M. Microwave Drying Effects on the Properties of Alumina-Zeolite Foam. *2nd Annual International Conference on Green Technology and Engineering (ICGTE)*, 2009. P. 521-524.
8. Zeolite in tissue engineering: Opportunities and challenges / P. Zarrintaj et al. *MedComm*. 2020. Vol. 1, no. 1. P. 5–34.