

## ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ВОГНЕТРИВКИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАСАДКИ РЕГЕНЕРАТОРА З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ

С.Б. Гойсан<sup>1</sup>, О.В. Кошельник<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> аспірант кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

<sup>2</sup> доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

<sup>3</sup> доцент кафедри фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології, канд. техн. наук, ХНУ ім. В.Н. Каразіна, Харків, Україна

[Stanislav.Hoisan@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Stanislav.Hoisan@ieee.khpi.edu.ua)

Як відомо, одним із методів збільшення ефективності скловарних печей є використання кардинально нових методів утилізації теплоти димових газів. При розгляді в роботі [1] типів та матеріалів насадки стає зрозумілим, що сучасні теплоутилізаційні пристрої досягли максимально можливої ефективності роботи і необхідно змінювати матеріали або габарити даних конструкцій. За умов сучасного виробництва, коли більшість печей вже мають регенератори конкретної конструкції, більш доцільним є саме перший варіант – зміна матеріалів насадки регенератора.

Одним із таких методів є використання теплоакumuлюючих елементів з фазовим переходом. Такими матеріалами можна заповнити порожнини в цеглинах кладки, що призведе до збільшення кількості отриманої теплоти кладкою на величину прихованої теплоти плавлення [2]. Достатньо схожий метод акумуляції теплоти можна спостерігати в «зеленій енергетиці», де в якості плавкої вставки використовують органічні речовини [3]. Проте розглядаючи скловарну піч, де величина температури димових газів значно вища, стає питання які саме матеріали можна застосовувати.

Такі матеріали повинні мати:

- Хороші показники теплоти фазового переходу при високих температурах;
- Мінімальні зміни густини в процесах плавлення/кристалізація;
- Високі показники теплопровідності в обох фазах;
- Відсутність до розшарування
- Хорошу температурну стабільність
- Слабку хімічну активність, безпечність і т.д.

Із перелічених вимог стає зрозуміло неможливість використання в якості теплоакumuлюючих елементів органічні речовини, в силу низької температури застосування (до 100 °С). Для використання плавкої вставки в межах високих температур слід використовувати неорганічні матеріали. Загалом існує безліч неорганічних солей (фториди, хлориди, нітрати, гідроксиди..) котрі володіють хорошими показниками теплоти фазового переходу, проте не мають інших вищеперелічених вимог. Так, наприклад, солі гідратів мають достатньо сильну температурну нестабільність а також схильні до зневоднення, що призводить до розшарування і подальшого руйнування теплоакumuлюючого матеріалу [4].

Окрім чистих сполук на практиці також використовують суміші (так звані бінарні та потрійні сполуки), що відповідають умовам евтектики. Особливість таких сумішей полягає в тому, що евтектична точка завжди є нижчою аніж температура кристалізації кожного із компонентів. Серед переваг використання бінарних та потрійних сполук можна виділити: можливість досягнення високої щільності енергії навіть при низьких температурах; дещо зменшена точка плавлення з високими показниками теплоти фазового переходу; зменшення вартості компонента за рахунок змішування із більш дешевим, при цьому теплова ємність практично залишиться без змін.

Отже, виходячи із всіх вищенаведених умов і критеріїв підбору та особливостей даних матеріалів, слід виділити такі, що зображені на рис. 1.

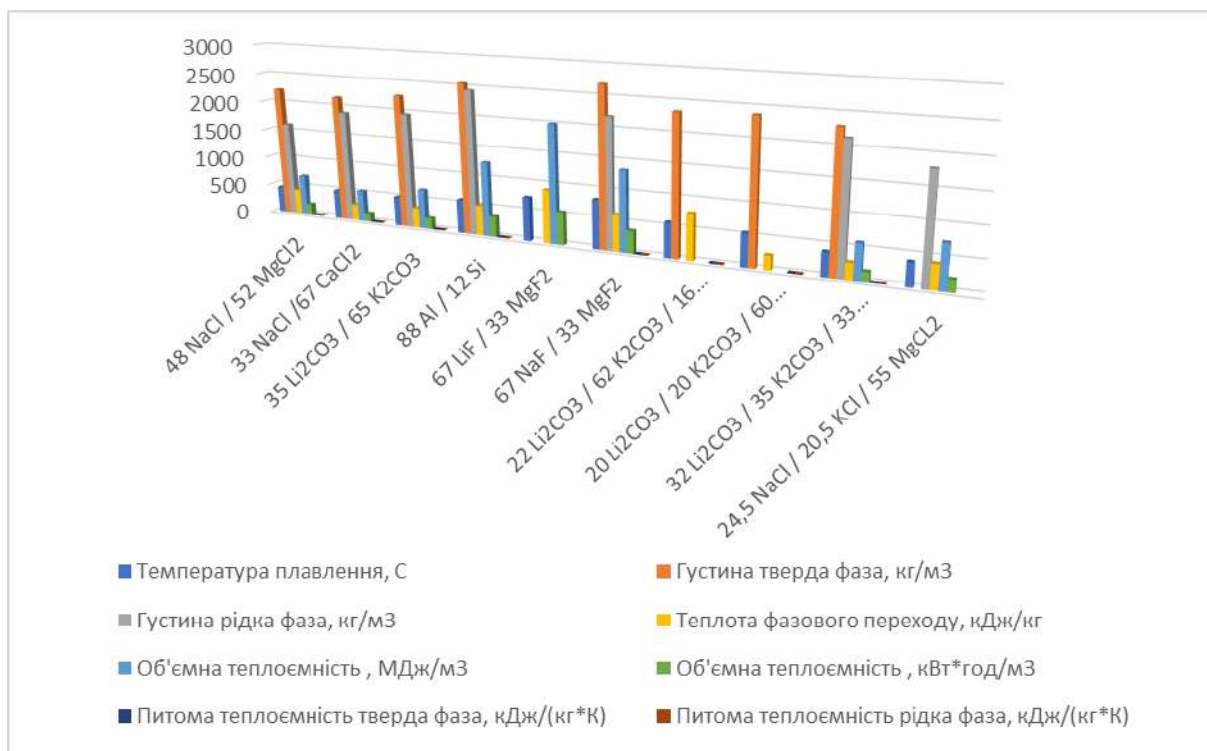


Рис. 1 – Теплотехнічні властивості основних неорганічних елементів

Беручи до увагу роботи та дослідження різних вчених [2-4] щодо проблеми використання високотемпературних матеріалів з фазовим переходом, можна зробити декілька висновків. На сьогоднішній момент відомо велика кількість потенційних елементів, які можливо застосовувати в температурному діапазоні до 1000 °С, однак невелика кількість з них відповідає більшості вимогам та має необхідні характеристики. В більшості випадків не аналізується сумісність їх із іншими матеріалами, особливо вогнетривами (як правило перевіряють тільки сумісність із металевими конструкціями, рідше з бетоном). Часто розглядають той чи інший елемент, не враховуючи його тривалу експлуатацію, особливо при достатньо агресивних умовах. Таким чином, для застосування запропонованого методу підвищення ефективності регенераторів скловарних печей необхідно проведення додаткових досліджень матеріалів для вогнетривких елементів насадки.

#### Список літератури:

1. Koshelnik O.V. Improvement of efficiency of regenerative heat exchangers for glass-melting furnaces / O.V. Koshelnik, T.N. Pugacheva, O.V. Kruglyakova, O.V. Dolobovskaya // Glass and Ceramics. – 2019. – V. 76, №1-2. – P. 68 – 71.
2. Кошельнік О.В. Перспективні типи насадок регенеративних теплообмінників скловарних печей / О.В. Кошельнік, С.Б. Гойсан // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2021. – № 1. – С. 3 – 10.
3. Бекман Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гилли. – Москва: Мир, 1987. – 272 с.
4. Kenisarin M. High-temperature phase change materials for thermal energy storage / M. Kenisarin // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – V. 14. – P. 955 – 970.