УДК 620.3:699.86

О.І. ВАЛОВОЙ, д-р техн. наук, проф., М.О. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц.,
Є.О. ГОРБАЧЕВСЬКА, бакалавр
Криворізький національний університет

ПРОЗОРІ НАНОГЕЛІ (АЕРОГЕЛІ) ДЛЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

Наногель або аерогель (від лат. aer - повітря та gelatus - заморожений) - це новий клас матеріалів, що являє собою гель, у якому рідина повністю замінена газоподібною фазою. Саме тому аерогель часто називають «замороженим димом», що повністю відповідає його напівпрозорому, легкому та пористому зовнішньому вигляду. Завдяки своїм унікальним фізико-хімічним характеристикам ці матеріали були занесені до Книги рекордів Гіннеса. Аерогелі характеризуються надзвичайно низькою густиною, яка лише приблизно в півтора рази перевищує густину повітря, а також комплексом інших унікальних властивостей: високою питомою міцністю, прозорістю, термостійкістю, хімічною інертністю та наднизькою теплопровідністю, що робить їх одними з найефективніших теплоізоляційних матеріалів сучасності [1].

Додатково слід зазначити, що структура аерогелів є нанопористою, причому розміри пор знаходяться в діапазоні від кількох нанометрів до десятків нанометрів. Така структура забезпечує мінімальну теплопередачу як за рахунок конвекції, так і теплопровідності, оскільки рух молекул газу в порах суттєво обмежений. Крім того, аерогелі мають дуже велику питому поверхню, що може сягати сотень квадратних метрів на грам матеріалу, що відкриває широкі можливості для їх використання не лише як теплоізоляторів, але й як сорбентів або каталізаторів.

На сьогодні процес виробництва аерогелю є складним, багатостадійним та трудомістким. Спочатку за допомогою хімічних реакцій відбувається полімеризація вихідного розчину з утворенням гелю, в результаті чого отримується желеподібний продукт. Ця стадія може тривати від кількох годин до кількох діб залежно від складу та умов синтезу. Далі проводиться процес заміщення рідини в порах гелю, зазвичай за допомогою спирту, який витісняє воду. Цей етап є надзвичайно важливим, оскільки на ньому забезпечується підготовка матеріалу до сушіння без руйнування його пористої структури.

Наступним ключовим етапом є так зване «суперкритичне» висихання, яке здійснюється в автоклаві за умов підвищеного тиску та температури із застосуванням скрапленого вуглекислого газу. У цьому режимі відсутня межа поділу між рідиною та газом, що дозволяє уникнути капілярних сил, які могли б зруйнувати тендітну наноструктуру матеріалу. Саме завдяки цьому етапу формується характерна високо пориста структура аерогелю з мінімальною густиною.

Аерогель характеризується дуже низькою теплопровідністю, яка може бути значно нижчою за традиційні теплоізоляційні матеріали, а також високим коефіцієнтом поглинання інфрачервоного випромінювання. Це дозволяє ефективно використовувати його для зменшення тепловтрат у будівлях, технологічних установках та транспортних засобах. Крім того, матеріал демонструє високу вогнестійкість та здатність витримувати значні температурні навантаження без втрати своїх властивостей [1].

Завдяки своїм унікальним характеристикам аерогелі знаходять застосування у багатьох галузях народного господарства. У будівництві вони використовуються як високоефективні теплоізоляційні матеріали для стін, покрівель, фасадів і віконних конструкцій, зокрема у вигляді прозорих теплоізоляційних панелей [1].

Таким чином, аерогелі є перспективним напрямом розвитку сучасного матеріалознавства, оскільки поєднують у собі унікальні фізичні властивості та широкі можливості практичного застосування. Подальші дослідження спрямовані на здешевлення технології їх виробництва, підвищення механічної міцності та розширення сфер використання, що дозволить ще активніше впроваджувати ці матеріали у різні галузі техніки та будівництва.

Список літератури

1. **Заячук Д.М.; Якименко Ю.І.; Співак В.М.; Орлов О.В.; Богдан О.В.; Коваль В.М.:** Основи наноелектроніки: у 2 кн. Кн. 2, част. 1 Матеріали і наноелектронні технології: підручник. - Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», 2016. - 400 с.