Izolacje AEROŻELOWE

Rosnące koszty wytwarzania energii konwencjonalnej oraz polityka UE zmierzająca do ograniczania zużycia energii i emisji gazów w krajach członkowskich skłaniają do poszukiwania coraz bardziej efektywnych termoizolacji, nawet mimo stosunkowo dużego kosztu ich wytwarzania. Takim materiałem izolacyjnym, który wydaje się spełniać rosnące wymagania, jest aerożel – materiał nanoporowaty, ultralekki i transparentny.

Aerożel został wynaleziony blisko 80 lat temu przez amerykańskiego chemika – Samuela S. Kistlera. Sposób uzyskania aerożelu był pozornie prosty – po kondensacji zolu krzemianowego w żel należało go wysuszyć, aby pozostała sama matryca stała składająca się z tlenku krzemu SiO_2. Suszenie żelu przez odparowanie prowadziło jednak do powstawania pęknięć i ich propagacji, a w konsekwencji do zniszczenia powstającej monolitycznej struktury. Ciecz wypełniająca niejednakowej średnicy pory powodowała nierównomierny rozkład sił pochodzących od ciśnienia kapilarnego, te zaś doprowadzały do wewnętrznych pęknięć. Rozwiązanie, które zaproponował w 1931 r. Kistler, polegało na suszeniu żelu w autoklawie metodą podnoszenia kolejno ciśnienia, a następnie temperatury ponad punkt krytyczny płynu wypełniającego pory. Proces suszenia mógł trwać nawet kilka dni. Materiał, który powstał, zadziwia swoimi właściwościami do dziś. Obecnie najczęściej stosuje się metodę suszenia opracowaną w Lawrence Berkeley Laboratory za pomocą nadkrytycznego CO_2 [1].

Struktura aerożelu składa się ze sztywnego szkieletu przypominającego przestrzenną kratownicę otaczającą pory o wielkości 10–200 nm. Porowatość wynosi od 90 do ponad 99%. Gęstość w zależności od sposobu produkcji waha się od 2 do kilkudziesięciu kg/m³ [2]. Pomimo tak małej gęstości materiał ma dużą wytrzymałość na ściskanie. Na fotografiach NASA można zobaczyć, jak kostka aerożelu o wadze 2 g podtrzymuje cegłę o wadze 2,5 kg (**fot.**).

Materiał w czystej postaci ma właściwości hydrofilowe, które przy kontakcie materiału z wodą powodują pęknięcia wewnętrznej struktury, jednak poddany zabiegom chemicznym staje się hydrofobowy, dzięki czemu doskonale nadaje się do różnorodnego zastosowania. Charakteryzuje się bardzo małą przewodnością cieplną – współczynnik przewodzenia ciepła λ wynosi 0,012–0,030 W/(m·K) [1]. Zawdzięcza to przede wszystkim ograniczonemu strukturą przewodzeniu i konwekcji (wymiary porów są porównywalne ze swobodną drogą cząstek powietrza), a także dużą absorpcją promieniowania przez krzemionkę, którą dodatkowo można zwiększyć przez modyfikację aerożelu związkami węgla. Właściwość ta sprawia, że materiał ten stanowi bardzo dobrą izolację termiczną, której opór cieplny może odpowiadać nawet czterokrotnie grubszej izolacji z materiałów tradycyjnych. Ponieważ przewodzenie ciepła aerożeli uzależnione jest od temperatury pracy, która może się wahać od –270°C do +650°C, produkty końcowe są odpowiednio modyfikowane, aby zachować najlepsze parametry w określonych warunkach. Dostępne na rynku izolacje aerożelowe występują pod wieloma postaciami: granulatu, taśm, płyt.

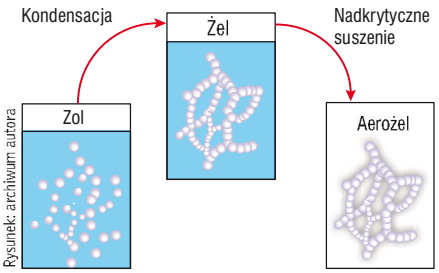
Aerożel obok wymienionych właściwości termoizolacyjnych ma jeszcze jedną cechę, która jest ważna szczególnie dla architektów, a mianowicie materiał ten przepuszcza światło. Cecha ta stwarza nowe możliwości projektowania przegród – dzięki niej materiał ten poza pełnieniem tradycyjnych funkcji (ochrona przed czynnikami atmosferycznymi, zimnem, gorącem, hałasem) umożliwia także doświetlanie pomieszczeń światłem rozproszonym.

Aerożel w kompozycie z szybami znacznie poprawia właściwości izolacyjne (cieplne i akustyczne okna). Przykładowe zastosowanie okien z wkładką z granulatem aerożelowym przedstawiono na **rys. 2**. Współczynnik przenikania ciepła U tego okna wynosi 0,4 W/(m²·K). Rozwiązanie z prototypową fasadą zastosowano w budynku ZAE-Bayern w Würzburgu.

Przykładem wykorzystania aerożelu w obudowie budynku są panele ścienne o grubości 7 cm (**rys. 3**). Są one prześwitujące, ale nie przezroczyste, dzięki czemu doświetlają pomieszczenia i nie powodują efektu oślepienia. Charakteryzują się korzystną wartością współczynnika przenikania ciepła U = 0,28 W/(m²·K). Redukują hałas o 5 dB. Rozwiązanie, gdzie wykorzystano panele wypełnione aerożelem, zastosowano w Jersey, w General Hospital St. Helier.

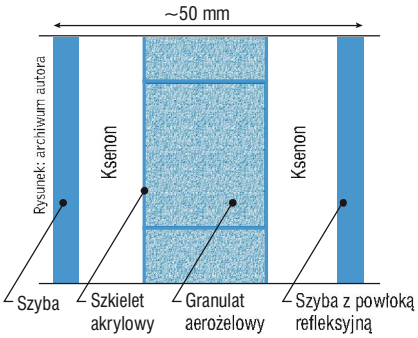
Zdjęcie: Aerogels Poland

Fot. Kostka aerożelu podtrzymująca ważącą ponad 1000-krotnie więcej cegłę



Rysunek: archiwum autora

Rys. 1. Reakcja powstawania aerożelu



Rysunek: archiwum autora

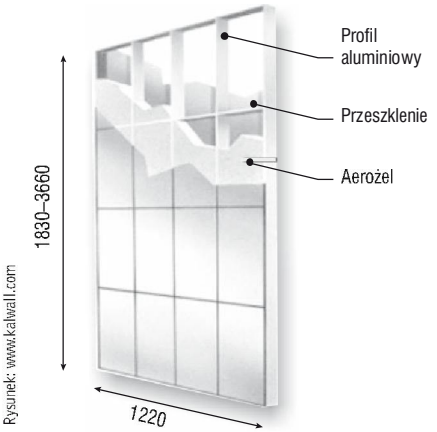
Rys. 2. Schemat przekroju okna z wkładką aerożelową

Aerożel jest także stosowany w instalacjach słonecznych (m.in. kolektorach, ścianach kolektorowo-akumulacyjnych) (**rys. 4–5**). Umieszczony w kolektorach słonecznych w przestrzeni między przeszkleniem i absorberem podnosi ich sprawność dzięki znacznej redukcji strat ciepła od powierzchni czołowej [4].

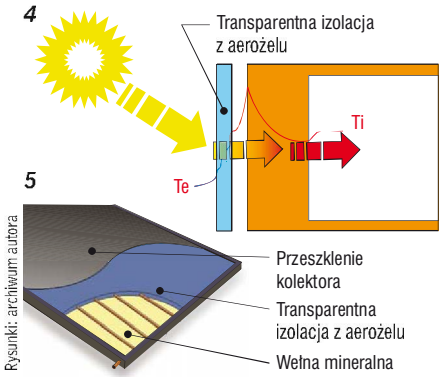
Jeszcze niedawno panowało przekonanie, że aerożel nie zastąpi typowych przezroczystych okien. Badania przeprowadzone w ramach UE projektu HILT (Highly insulating and light transmitting aerogel glazing for window) doprowadziły do opracowania technologii wytwarzania szyb, które obok

*) Politechnika Rzeszowska, Zakład Budownictwa Ogólnego

mgr inż. Jerzy Szyszka*



Rys. 3. Panel ścienny z wykorzystaniem aerożelu



Rys. 4–5. Schemat wykorzystania transparentnej izolacji aerożelowej: w ścianie kolektorowo-akumulacyjnej (4), w kolektorze słonecznym (5)

właściwej dla aerożelu niskiej wartości przewodzenia ciepła λ (0,021 W/(m·K)) cechują się dobrą przezroczystością [5, 6, 7].

* * *

Badania nad możliwościami wykorzystania tego nowego–starego materiału trwają. W artykule przedstawione zostało przede wszystkim jego zastosowanie w budownictwie, jednak możliwości jego wykorzystania są bardzo różnorodne.

Aerożel na bazie siarki lub selenu ma zdolności wchłaniania atomów metali ciężkich z zanieczyszczonej wody. Ponieważ powierzchnia właściwa aerożelu wynosi nawet 1000 m²/g, mała bryłka może oczyścić wiele litrów wody [8]. W pracy „Adsorption and thermal release of highly volatile compounds in silica aerogels" [9] wykazano, iż istnieje możliwość chemicznej modyfikacji wewnętrznej powierzchni aerożelu w sposób umożliwiający cieplną kontrolę absorpcji i desorpcji wysoce lotnych substancji. Właściwości te sprawiają, że aerożel jest szczególnie przydatny do wykorzystania w przemyśle farmaceutycznym lub spożywczym, np. do stabilizacji, wstrzymywania lub oddawania mieszanin smaku i zapachu podczas obróbki termicznej. Dzięki właściwościom elektrycznym stosuje się go jako elektrody w superkondensatorach, elektrody w ogniwach paliwowych, materiał do magazynowania gazów lub cieczy, dejonizowania cieczy itd. Prowadzone są badania nad wykorzystaniem aerożelu do odsalania wody oraz oczyszczania paliwa wodorowego.

LITERATURA

1. J. Fricke, T. Tillotson, „Aerogels: production, characterization and applications", „Thin Solid Films – Elsevier", 1997.
2. LLNL, „Science & Technology Review", no. 10/2003.
3. M. Reim, W. Körner, J. Manara, S. Korder, M. Arduini-Schuster, H.-P. Ebert, J. Fricke, „Silica aerogel granulate material for thermal, insulation and daylighting", „Solar Energy", no. 79/2005.
4. W. Smolec, „Fototermiczna konwersja energii słonecznej", PWN, Warszawa 2000.
5. K.I. Jensen, J.M. Schultz, F.H. Kristiansen, „Development of windows based on highly insulating aerogel glazings", „Journal of Non-Crystalline Solids", no. 350/2004.
6. J.M. Schultz, K.I. Jensen, F.H. Kristiansen, „Super insulating aerogel glazing", „Solar Energy Materiale & Solar Cells", no. 89/2005.
7. J.M. Schultz, K.I. Jensen, „Evacuated aerogel glazings", „Vacuum", no. 82/2008.
8. M. Carmichael, „Newsweek", 26.08.2007.
9. „Adsorption and thermal release of highly volatile compounds in silica aerogels", B.S.K. Gorle, I. Smirnova, M.A. McHugh, „The Journal of Supercritical Fluids", no. 48/2009.

reklama