

Izabela ADAMCZYK-KRÓLAK

Politechnika Częstochowska

AEROŻELE I PIANKI POLIURETANOWE - NOWOCZESNE MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE W BUDOWNICTWIE

W artykule omówiono nowoczesną izolację termiczną obecnie coraz częściej stosowaną w polskim budownictwie mieszkaniowym, dającą możliwość zdecydowanie szczelniejszej izolacji cieplnej niż tradycyjne materiały. Scharakteryzowano najbardziej dostępne na rynku materiały izolacyjne, takie jak aerożele i pianki poliuretanowe.

Słowa kluczowe: energooszczędność cieplna, aerożele, pianki poliuretanowe, izolacyjność cieplna

WPROWADZENIE

Ciepło to główny czynnik wpływający na nasze samopoczucie i wydajność pracy. Utrzymanie prawidłowej temperatury pomieszczeń, czyli zapewnienie odpowiedniego komfortu cieplnego, z uwagi na stale rosnące koszty wpływa w sposób istotny na koszty eksploatacyjne budynku. Dlatego też coraz częściej inwestorzy zwracają uwagę na pojawiające się na rynku nowoczesne materiały, pozwalające uzyskać efektywną izolację przegród budowlanych. Izolacyjność cieplną budynków regulują warunki techniczne, wynikające z Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013, które są wdrażane etapowo: pierwszy etap od 1 stycznia 2014 roku, drugi od 1 stycznia 2017 roku, trzeci od 1 stycznia 2021 roku. Zgodnie z tym rozporządzeniem budynki jednorodzinnej zabudowy mieszkalnej należy tak projektować, by zminimalizować potencjalne straty ciepła przez poszczególne przegrody budowlane, a ilość potrzebnej energii cieplnej na ich ogrzanie była utrzymana na niskim poziomie, tak aby budynki były energetycznie samowystarczalne. Uwzględniając powyższe aspekty, na podstawie ww. warunków technicznych obliczamy wskaźnik EP - rocznego zapotrzebowania budynku na nieodnawialną energię pierwotną zużywaną na ogrzewanie, wentylację, ciepłą wodę bieżącą, chłodzenie, oświetlenie zgodnie ze wzorem [1, 2]:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]} \quad (1)$$

gdzie:

EP - energia pierwotna [kWh/(m²·rok)],

- EP_{H+W} - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$],
 ΔEP_C - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$],
 ΔEP_L - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$].

1. MATERIAŁY IZOLACJI CIEPLNEJ

Zaletą budownictwa energooszczędnego jest przede wszystkim niskie zużycie energii na ogrzewanie domów, które można osiągnąć poprzez prawidłowy dobór ekologicznych i nowoczesnych materiałów o niskim współczynniku przenikania ciepła oraz prawidłowe wykonanie warstwy izolacyjnej. Materiałem izolacji cieplnej powszechnie stosowanym w budownictwie mieszkaniowym jest styropian, czyli spieniony granulowany polistyren, który jest lekki, tani, łatwy w montażu, o współczynniku przewodzenia ciepła rzędu od 0,028 do 0,045 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Materiał ten, niestety, po kilku latach użytkowania (powyżej 8 lat) utlenia się, co wpływa na pogorszenie się właściwości izolacyjności cieplnej całej przegrody. Ściana ocieplona styropianem „nie oddycha”, co może spowodować, że w szczelinach między ścianą a zamontowanym styropianem skrapla się woda, a co za tym idzie - powstaje wilgoć, pleśń i zagrzybienia. Wśród materiałów izolacji cieplnej powszechnie stosowane są również wata szklana, wełna szklana oraz wełna mineralna. Współczynnik przewodzenia ciepła zależy od gęstości powyższych materiałów i mieści się w granicach od 0,032 do 0,050 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Zaletami waty i wełny szklanej oraz wełny mineralnej są przede wszystkim dobra izolacyjność termiczna, niepalność i ognioodporność, zdolność pochłaniania dźwięków, stabilność kształtu i wymiaru, sprężystość i wytrzymałość mechaniczna. Dodatkowym atutem jest odporność biologiczna i chemiczna wraz z wodoodpornością i paroprzepuszczalnością. Wadami są natomiast higroskopijność i nasiąkliwość materiałów oraz większy ciężar własny, co skutkuje zwiększeniem kosztów montażu. Bardziej nowoczesną, a zarazem ekologiczną izolacją cieplną jest wełna drzewna i mata drzewna, która wykonana jest z rozwłóknionego drewna (95% naturalnego materiału) i połączona naturalnym lepiszczem. Takie ocieplenie nie odkształca się pod wpływem wilgoci, nie zawiera toksycznych substancji, ma właściwości hydrofobowe, odporne jest na szkodniki roślinne i zwierzęce, jest paroprzepuszczalne, czyli aktywnie oddychające. Może być stosowane zarówno w budownictwie drewnianym, jak i w zabudowie wnętrza. Styropian, wełny mineralne, szklane i drzewne są powszechnie stosowane, jednak cały czas są prowadzone poszukiwania w kierunku takich materiałów izolacji cieplnej, które pozwoliłyby zmniejszyć koszty zapotrzebowania na energię ogrzewania. Obecnie zaczynają być stosowane nowoczesne materiały pochodzenia mineralnego, tj. aerożele, wytworzone z krzemionki, będące rodzajem sztywnej piany o bardzo małej gęstości (ich masę stanowi ponad 99% powietrza, a 1% to materiał porowaty, który tworzy strukturę), oraz pianki i nanopianki poliuretanowe, czyli sztywne pianki o różnych rozmiarach porów w swojej strukturze [3].

1.1. Aerozele

Czysty aerożel (rys. 1) jest materiałem otwartokomórkowym o małej gęstości, od 1,9 do 150 mg/cm³, oraz najlżejszym stałym materiałem o najniższym współczynniku przewodzenia ciepła λ , od 0,012 do 0,018 W/(m·K) [4].



Rys. 1. Aerozele [5]

Ma bardzo dobre właściwości termiczne i akustyczne wynikające z jego mikrostruktury (pory o wymiarze od 2 do 50 nm), jest niepalny, nietoksyczny, odporny na wysokie temperatury (swoje właściwości utrzymuje do temperatury 500°C, a jego temperatura topnienia wynosi 1200°C). Dodatkowo jest odporny na ściskanie i rozciąganie, wytrzymuje nacisk na gładką powierzchnię 2000 razy większą od masy własnej (rys. 2).



Rys. 2. Cegła ustawiona na aerożelu [3]

Wadą aerożeli jest natomiast brak odporności na działanie wody, która powoduje niszczenie ich wewnętrznej struktury, oraz brak odporności na skręcanie i uderzenia. W celu umożliwienia zastosowania aerożelu w budownictwie i jednocześnie wyeliminowania jego wad stosuje się włókna wzmacniające, które tworzą materiał o bardzo dobrych właściwościach i jednocześnie odporny na uderzenia i skręcanie. Wyróżniamy następujące rodzaje aerożeli: organiczne (uretanowe, poliizocyaniana-

nowe, poliolefinowe, rezorcynowoformaldehydowe), nieorganiczne (aerożel krzemionkowy) i hybrydowe.

Tabela 1. Porównanie parametrów najczęściej stosowanych materiałów do ociepleń budynków z aerożelem [7]

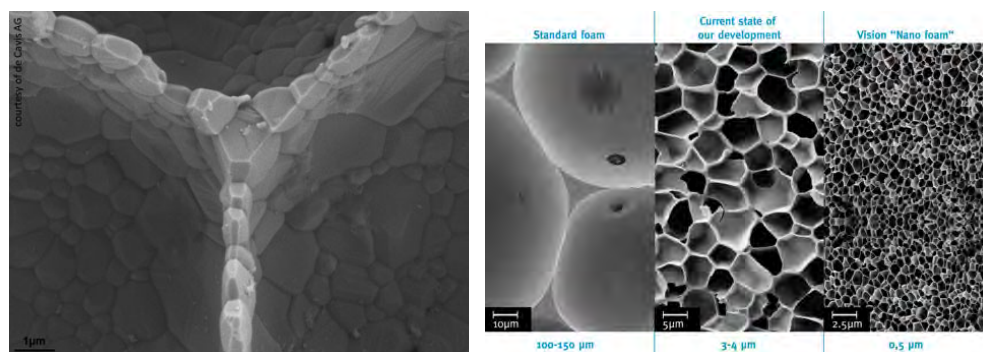
Parametr	Aerożel	Styropian	Włna mineralna
Współczynnik przenikania ciepła deklarowany przez producentów	0,014÷0,016 W/(m·K)	0,031÷0,042 W/(m·K)	0,030÷0,045 W/(m·K)
Gęstość objętościowa	117÷143 kg/m ³	14÷19 kg/m ³	135÷170 kg/m ³
Odporność ogniowa, klasa reakcji na ogień	Klasa A lub D (trudnozapałny, niekapiący i nieodpadający pod wpływem ognia)	Klasa E (samogasnący, gaśnie po usunięciu źródła ognia)	Klasa A (materiał niepalny)
Zakres temperatury stosowania	Zakres temperatury, w którym zachowane są właściwości: od -270°C do +650°C	Powyżej 80°C może ulec odkształceni, powyżej 100°C ulega odkształceni, topi się	Włókna mineralne wytrzymują temperaturę nawet 600°C, powyżej 1000°C topią się
Napężenie ściskające przy 10% odkształceni względny	Powyżej 70 kPa	Powyżej 70 kPa	Powyżej 15 kPa
Wytrzymałość na rozciąganie prostopadle do powierzchni czołowych	W poprzek włókien więcej niż 20 kPa, wzdłuż włókien więcej niż 80 kPa	Nie mniej niż 100 kPa	Nie mniej niż 10 kPa
Izolacyjność akustyczna	Bardzo dobra	Mała	Bardzo dobra
Współczynnik paroprzepuszczalności	Powyżej 45×10^{-9} Pa·m·s	3×10^{-9} Pa·m·s	133×10^{-9} Pa·m·s
Zachowanie w kontakcie z wodą	Wyjątkowo odporny na działanie wody i wilgoci, hydrofobowy, zwilżalny przez oleje	Odporny na działanie wody i wilgoci, nie chłonie wody z powietrza	Mniejsza trwałość w warunkach większego zawilgocenia, higroskopijność i nasiąkliwość
Odporność na związki chemiczne	Odporny	Nieodporny na działanie rozpuszczalników organicznych, pęcznieje pod wpływem benzyny i ropy	Odporna
Wpływ na zdrowie ludzi	Może podrażniać skórę i drogi oddechowe wykonawców ociepleń, nieszkodliwy dla użytkowników ocieplonych budynków	Nieszkodliwy dla wykonawców i użytkowników	Może podrażniać skórę i drogi oddechowe wykonawców ociepleń, nieszkodliwa dla użytkowników ocieplonych budynków

Obecnie produkowane maty izolacyjne na bazie aerożelu charakteryzują się izolacyjnością cieplną U na poziomie $0,014 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pozwala to, zakładając ścianę nośną z bloczków o grubości 215 mm z $U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, osiągnąć wartość

współczynnika dla całej ściany $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ już przy warstwie izolacji termicznej grubości 80 mm. Można dzięki temu zaoszczędzić trochę miejsca oraz łatwiej zlikwidować mostki termiczne, zwłaszcza biorąc pod uwagę giętkość mat na bazie aerożelu, wzmocnionych włóknem szklanym [6]. Na rynku obecnie dostępne są maty o grubościach 5 i 10 mm. W zależności od gęstości i zakresu temperatury ich użycia maty aerożelowe mają różne zastosowanie. W starym budownictwie, wymagającym termoizolacji od środka budynku, w nowoczesnych projektach architektonicznych, rurociągach, systemach solarnych czy przemyśle samochodowym i komputerowym stosuje się Porogel Medium Spaceloft MPS o gęstości $150 \text{ kg}/\text{m}^3$. W przemyśle kolejowym, lotniczym, budowlanym, gazowym, wodociągowym stosuje się Porogel Plus Pyrogel PPP, o gęstości $180 \text{ kg}/\text{m}^3$. W przemyśle chłodniczym, lotniczym, paliwowym stosuje się Porogel Minus Cryogel PMC o gęstości $130 \text{ kg}/\text{m}^3$. W tabeli 1 zestawiono właściwości i parametry aerożeli w porównaniu z typowymi, powszechnie stosowanymi materiałami izolacji cieplnej, jak styropian i wełna mineralna.

1.2. Pianki ceramiczne i poliuretanowe, nanopianki

Kolejnym nowoczesnym materiałem izolacji cieplnej, który coraz częściej jest dostępny na rynku, jest pianka ceramiczna o porowatej mikrostrukturze z pęcherzykami powietrza (rys. 3a). Pianki mają dobrą wytrzymałość na ściskanie $f_c = 3,5 \div 4,5 \text{ MPa}$, są odporne na wysoką temperaturę (ponad 1700°C), mają wysoką termoizolacyjność, co zdecydowanie pozwala na mniejsze zużycie energii na ogrzanie mieszkań. Następnym materiałem termoizolacyjnym to poliuretanowe pianki, sztywne pianki o średnicy porów około 150 nm (rys. 3b).



Rys. 3. Porowata struktura pianki ceramicznej (a), struktura poliuretanowych pianek i nanopianek (b) [3]

Im mniejsze są średnice porów pianek, tym jest niższa przewodność cieplna, a co za tym idzie - zwiększa się izolacyjność termiczna, która osiąga dwukrotnie większą wydajność od tradycyjnych pianek stosowanych w budownictwie. Współczynnik przewodzenia ciepła dla pianek poliuretanowych wynosi od 0,02 do 0,03 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Pianki są niepalne, paroprzepuszczalne, nasiąkliwe, łatwe w montażu. Naukowcom udało się stworzyć pianki o średnicy porów 30 razy mniejszej

od tradycyjnych, jednak obecnie trwają badania nad osiągnięciem średnicy porów 300 razy mniejszej niż tradycyjne pianki (nanopianki poliuretanowe). Zdecydowanie poprawiłoby to wydajność izolacji termicznych, a co za tym idzie - zwiększyłoby energooszczędność, która wpłynęłaby na zmniejszenie kosztów eksploatacji i nie byłoby to obciążeniem dla środowiska.

PODSUMOWANIE

Powszechnie stosowane materiały izolacji cieplnej, tj. styropian i wełna mineralna, powoli zastępowane są nowoczesnymi i bardziej efektywnymi materiałami, jak aerozele czy pianki poliuretanowe. Materiały termoizolacyjne o niskim współczynniku przewodzenia ciepła cieszą się coraz większym zainteresowaniem inwestorów z uwagi na szybki rozwój budownictwa energooszczędnego i pasywnego. Powszechne zastosowanie tego typu materiałów jest ograniczone z uwagi na ich wysoką cenę. Obecnie materiały te stosuje się w ograniczonej ilości, jedynie w miejscach, gdzie nie mamy możliwości zastosowania tradycyjnego materiału izolacyjnego o dużej grubości.

LITERATURA

- [1] Adamczyk-Królak I., Analiza oszczędności energii cieplnej w budownictwie mieszkaniowym jednorodzinym, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym 2014, 1(13), 9-14.
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013, DzU 2013, poz. 926.
- [3] www.ecosquad.pl (10.05.2015 r.).
- [4] www.termoswiat.pl (16.05.2015 r.).
- [5] www.novet.poznan.pl (22.05.2015 r.).
- [6] Prezentacja Aerogels Poland Nanotechnology: Aspen Aerogels.
- [7] Zastawna-Rufin A., Izolacja aerożelowa na tle izolacji tradycyjnych, Izolacje 2010, 9, 32.
- [8] Czarnecki L., Nanotechnologia w budownictwie, Przegląd Budowlany 2011, 1, 40-53.
- [9] Czarnecki L., Nanotechnologia - wyzwaniem inżynierii materiałów budowlanych, Inżynieria i Budownictwo 2006, 9, 465-469.

AEROGELS AND POLYURETHANE FOAMS - MODERN BUILDING INSULATION MATERIALS IN BUILDING INDUSTRY

In the article there has been presented modern thermal insulation used more and more often in Polish single-family housing, which gives the opportunity to insulate tighter with thermal insulation than traditional materials. The most accessible insulation materials on the market, such as aerogels and polyurethane foams, have been characterized.

Keywords: energy efficiency thermal, aerogels and polyurethane foams, thermal insulation