

IWONA PIEBIAK*

KLASYFIKACJA MATERIAŁOWA TRANSPARENTNEJ
IZOLACJI TERMICZNEJ I JEJ WPŁYW NA CECHY
FIZYCZNE PRZEGRÓD BUDOWLANYCHCLASSIFICATION OF TRANSPARENT THERMAL
INSULATION MATERIALS. THE IMPACT
OF TRANSPARENT THERMAL INSULATION
ON THE PHYSICAL FEATURES OF FACADES

Streszczenie

Za pomocą poszczególnych materiałów transparentnej izolacji termicznej możliwe jest uzyskanie różnych wartości współczynnika przenikania ciepła oraz różnego stopnia transparentności. Przy każdorazowym zastosowaniu tych materiałów na znaczeniu zyskuje albo ich transparentność, albo właściwości termoizolacyjne. Wybór pomiędzy tymi dwoma czynnikami warunkuje decyzję o zastosowaniu danego materiału.

Słowa kluczowe: transparentna izolacja termiczna, architektura solarna

Abstract

Details on the selection and types of transparent thermal insulation material with the characteristics of sunlight transmittance, as well as determination of the heat transmission coefficient with an indication as to their use, are presented in the paper. The classification of materials analysed shows a broad range of possible applications in partitions according to their functions and expected energetic efficiency.

Keywords: transparent thermal insulation, solar architecture

* Dr inż. arch. Iwona Piebiak, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

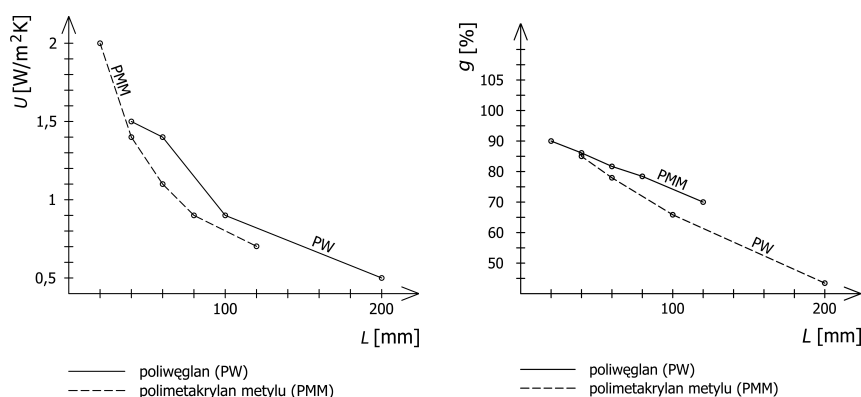
Pojęciem transparentnej izolacji termicznej określa się umieszczony w przegrodach zewnętrznych budynków materiał lub też złożony z wielu komponentów element budowlany, który chroni przed stratami ciepła na zewnątrz oraz uzyskuje energię cieplną z promieniowania słonecznego. Uzysk energii cieplnej zachodzi dzięki tafli szkła, za którą umieszczony jest materiał o dobrych właściwościach termoizolacyjnych, przepuszczający światło słoneczne. Dany materiał można uznać za izolację transparentną, jeśli przy wartości U (współczynnik przenikania ciepła) równej $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ osiąga współczynnik g (stopień całkowitej przepuszczalności energii) wysokości 40%¹. Obecnie do produkcji transparentnej izolacji termicznej używa się: tworzyw sztucznych, szkła, włókna szklanego, acetylocelulozy, celulozy oraz areożelu. Każdy z tych materiałów odznacza się innymi parametrami fizycznymi, wpływającymi w sposób znaczący na parametry przegród budowlanych.

2. Tworzywa sztuczne

Do produkcji transparentnych izolacji termicznych używane są obecnie dwa tworzywa sztuczne: poliwęglan oraz polimetakrylan metylu. Tworzywa sztuczne w izolacjach transparentnych występują w formie płyt złożonych z otwartych lub zamkniętych struktur komorowych o przekrojach: kołowych (kapilar), kwadratowych, prostokątnych, heksagonalnych („plaster miodu”) o ułożeniu prostopadłym oraz równoległym wobec absorbera. Płyty komorowe z poliwęglanu oraz polimetakrylanu metylu charakteryzują się dużym stopniem przepuszczalności promieniowania słonecznego przy jednoczesnym niskim współczynniku przenikania ciepła. Wraz ze wzrostem grubości płyty (L) w sposób znaczący spada współczynnik przenikania ciepła (U) (il. 1), podczas gdy stopień całkowitej przepuszczalności energii (g) obniża się nieznacznie (il. 1). Przy tej samej grubości płyty polimetakrylan metylu wykazuje korzystniejszy współczynnik przenikania ciepła oraz wyższy współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego od poliwęglanu.

Zarówno poliwęglan, jak i polimetakrylan metylu są tworzywami odpornymi na uderzenia, nie są narażone na pęknięcia czy zniszczenia w transporcie i obróbce, można je ciąć do odpowiedniego wymiaru na budowie. W systemach transparentnych izolacji termicznych tworzywa sztuczne występują najczęściej jako przezroczyste. Barwione na kolor biały, znajdują zastosowanie w systemach zysków bezpośrednich, w celu uzyskania równomiernie rozproszonego światła w pomieszczeniach. W budownictwie stosowane są również płyty z poliwęglanu oraz polimetakrylanu metylu o strukturach komorowych zamkniętych w kolorach: przezroczystym, białym, brązowym, zielonym, szarym, niebieskim. Różnorodna kolorystyka płyt pozwala uzyskać odmienne wartości stopnia przepuszczalności energii (g) oraz stopnia transmisji światła (τ) przy tym samym współczynniku przenikania ciepła (U).

¹ A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich, *TWD-Transparente Wärmedämmung*, Wiesbaden–Berlin 1998, s. 11.



Il. 1. Zależność współczynnika przenikania ciepła (U) od grubości płyty (L) oraz stopnia całkowitej przepuszczalności energii (g) od grubości płyty (L) transparentnej izolacji termicznej z poliwęglanu oraz polimetakrylanu metylu (źródło: www.okalux.de)

III. 1. Transparent thermal insulation of plastic. The relationship between the thickness of the material (L), the heat transfer coefficient (U) and the solar radiation (g)

3. Szkło

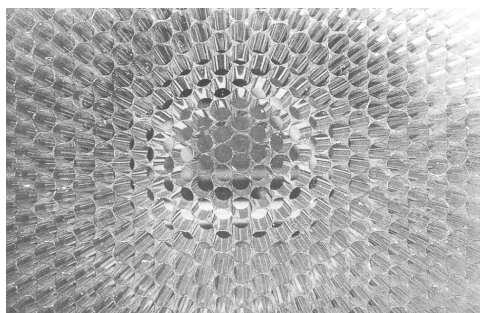
Szkło jest dobrym materiałem do budowy struktur transparentnych izolacji termicznych ze względu na dużą odporność na odkształcenia spowodowane działaniem wysokich temperatur, niepalność, odporność na działanie promieni UV oraz brak zawartości wody.

3.1. Struktury komorowe

W wyniku większej gęstości struktury komorowe szklane odznaczają się lepszą przewodnością ciepła niż struktury komorowe z tworzyw sztucznych. W porównaniu z tworzywami sztucznymi, szkło umożliwia wytworzenie struktur o dużej regularności. Cecha ta wpływa na homogeniczny wygląd struktury oraz umożliwia uzyskanie lepszego efektu wizualnego (il. 2). Ze względu na kruchość materiału obróbka struktur komorowych szklanych nie jest łatwa. Niemożliwe jest cięcie płyt na budowie. Płyty komorowe ze szkła są dostarczane na budowę w zamkniętych zestawach szklanych o określonych wymiarach i nie podlegają na miejscu żadnym modyfikacjom.

3.2. Włókno szklane

Rolę transparentnej izolacji termicznej pełni również włókno szklane układane warstwowo w zamkniętym zestawie szklanym (il. 2). Podobnie jak płyta komorowa ze szkła, włókno szklane nie podlega obróbce na budowie. W porównaniu ze szklanymi strukturami komorowymi, włókno szklane charakteryzuje się niższym stopniem całkowitej przepuszczalności energii (g) oraz niższym stopniem transmisji światła (τ) (tab. 3). Z tego powodu nie wymaga stosowania dodatkowych osłon przeciwsłonecznych.



Il. 2. Struktury komorowe szklane o przekroju kołowym-kapilarne (źródło: HELIORAN™, Schott Rohrglas)

Ill. 2. Transparent thermal insulation of the glass, Chambered structure, circular glass capillary (source HELIORAN™, Schott Rohrglas)



Il. 3. Włókno szklane w zestawie TIMax GL (źródło: www.wacotech.de)

Ill. 3. Transparent thermal insulation of the glass, Glass fiber included in TIMax GL (source: www.wacotech.de)

Tabela 1

Porównanie parametrów fizycznych zestawów szklanych z transparentną izolacją termiczną ze szkła oraz włókna szklanego

Rodzaj zespolenia	Grubość zestawu	U	g	τ
HELIORAN™	98 mm (szkło)	1,1	67	68
TERMOLUX K-SPECIAL	46–47 mm (włókno szklane)	1,0	34	41



(źródło: Schott Rohrglas, www.wacotech.de, www.termolux.ch)

4. Celuloza

Celuloza słabo przewodzi ciepło, jest dobrym materiałem termoizolacyjnym. Transparentna izolacja termiczna z celulozy lub tworzywa wytwarzanego na bazie celulozy: z acetylocelulozy (octanu celulozy) występuje w formie płyt falistych oraz struktur komorowych otwartych. Płyty faliste łączone i układane są warstwowo (tab. 2).

Tabela 2

Układ płyt falistych transparentnej izolacji termicznej z celulozy oraz acetylocelulozy

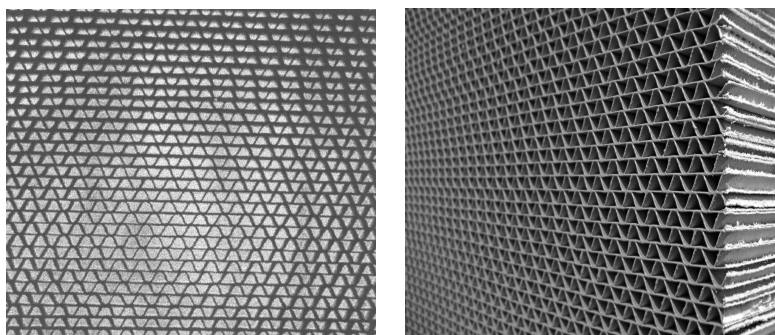
		
MATERIAŁ	celuloza	acetyloceluloza

(opracowanie własne na podstawie: www.gap-solar.at, www.isoflex.se)

4.1. Płyty kartonowe z celulozy

Transparentna izolacja termiczna z celulozy, w formie płyt kartonowych o strukturze falistej, jest materiałem nieprzezroczystym. Najczęściej bywa używana w systemie zysków pośrednich. Ze względu na łatwość transportu i obróbki, transparentna izolacja termiczna z płyt kartonowych może być przycinana i montowana bezpośrednio na terenie budowy. Płyty kartonowe z celulozy można zabarwić na dowolny kolor (il. 3).

W porównaniu z innymi materiałami używanymi do produkcji transparentnych izolacji termicznych, przy dość korzystnym współczynniku przenikania ciepła (U), stopień całkowitej przepuszczalności energii słonecznej (g) płyt z celulozy jest niski (tab. 3). Z tego względu określenie płyt kartonowych z celulozy mianem transparentnej izolacji termicznej jest tylko częściowo uzasadnione. Latem, ze względu na odmienny niż w porze zimowej kąt padania promieni słonecznych, promieniowanie ulega refleksji na zewnątrz. Z tego powodu płyty faliste z celulozy nie wymagają stosowania dodatkowo osłon przeciwsłonecznych.



Il. 4. Transparentna izolacja termiczna w postaci płyt kartonowych z celulozy w kolorze naturalnym oraz zabarwiona na kolor czerwony (źródło: www.gap-solar.at)

III. 4. Transparent thermal insulation in the cellulose (source: www.gap-solar.at)

Tabela 3

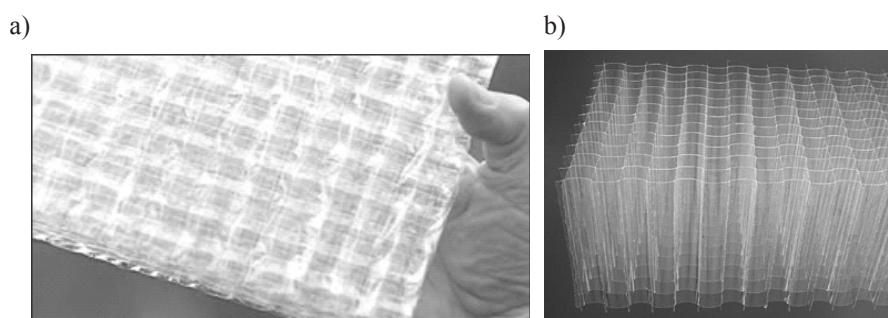
Zestawienie parametrów fizycznych transparentnej izolacji termicznej z celulozy oraz z acetylocelulozy

Transparentna izolacja termiczna	U	g	τ
płyty kartonowe – celuloza Effektpannel gap-solar GmbH	0,78–0,92	11	–
płyty faliste – acetyloceluloza ISOFLEX AB	0,9	brak danych	33
„plaster miodu” – acetyloceluloza Wacotech GmbH & Co. KG	0,6	53	50

(źródło: www.gap-solar.at, www.isoflex.se, www.wacotech.de)

4.2. Acetyloceluloza

W przeciwieństwie do płyt kartonowych z celulozy, acetyloceluloza jest materiałem przezroczystym. Wytwarza się z niej transparentną izolację termiczną w postaci struktur falistych o naprzemianległym układzie warstw oraz struktur komorowych otwartych (il. 4). Transparentna izolacja termiczna z acetylocelulozy charakteryzuje się korzystniejszym stopniem całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego niż z celulozy (tab. 6). W porównaniu ze strukturami komorowymi z tworzyw sztucznych i szkła odznacza się jednak niższymi wskaźnikami przepuszczalności energii oraz transmisji światła.

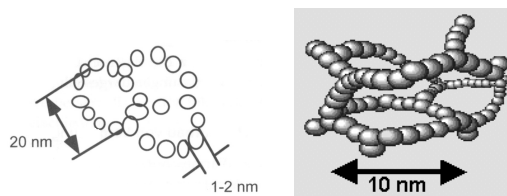


Il. 5. Transparentna izolacja termiczna z acetylocelulozy: a) w postaci struktury falistej o naprzemianległym układzie warstw (źródło: www.isoflex.se), b) w postaci struktur komorowych otwartych (źródło: www.wacotech.de)

Ill. 5. Transparent thermal insulation of the cellulose-ethyne: a) corrugated structure in the form of arrangement of alternating layers, b) ventricular structures in the form of open (source: www.wacotech.de)

5. Aerożel

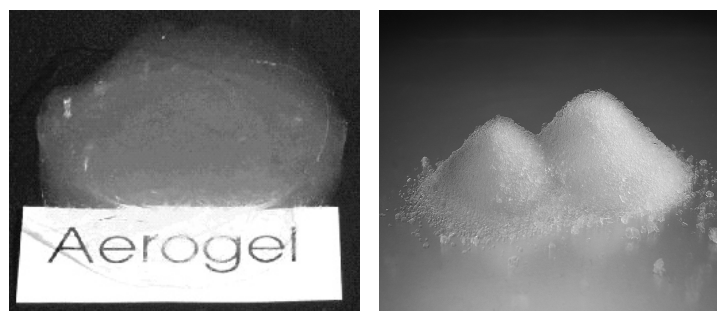
Aerożel to mikroporowata krzemionka, w skład której wchodzi krzem (mniej niż 10%) oraz powietrze (więcej niż 90%). Ze względu na dużą zawartość powietrza w strukturze, aerożel jest doskonałym izolatorem. W przypadku zastąpienia powietrza gazem szlachetnym, współczynnik przenikania ciepła ulega dodatkowo pomniejszeniu.



Il. 6. Mikroporowata struktura aerożelu (źródło: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich: *TWD Transparente Wärmedämmung*, Wiesbaden–Berlin 1998, 49)

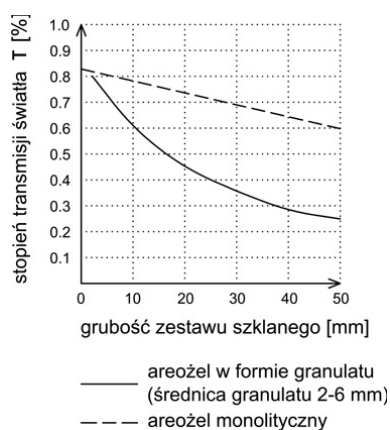
Ill. 6. Transparent thermal insulation of aerogel (source: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich: *TWD Transparente Wärmedämmung*, Wiesbaden–Berlin 1998, 49)

Aerożele występują w formie monolitycznej lub w postaci granulatu (il. 6). Wytworzenie zestawu szklanego wypełnionego aerożelem monolitycznym wymaga zastosowania kosztownych materiałów oraz skomplikowanej technologii. Czynniki te wpływają na stosunkowo wysoki koszt zestawów. Alternatywą finansową jest aerożel w postaci granulatu. Charakteryzuje się on jednak mniej korzystnymi właściwościami termoizolacyjnymi niż monolityczny. Stopień transmisji światła zestawów szklanych wypełnionych aerożelem w postaci granulatu jest niższy niż wypełnionych aerożelem w postaci monolitycznej (il. 7). Ponadto aerożel w postaci granulatu traci swoje właściwości optyczne, nie jest przezroczysty.



Il. 7. Aerożel w postaci monolitycznej oraz w formie granulatu

III. 7. Aerogel – monolithic and granulated forms



Il. 8. Porównanie stopnia transmisji światła zestawów szklanych wypełnionych aerożelem w postaci granulatu oraz aerożelem monolitycznym (źródło: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich: *TWD Transparente Wärmedämmung*, Wiesbaden–Berlin 1998, 50)

III. 8. Aerogel – monolithic and granulated, the relationship between the thickness of the material (L) and the loght transfer coefficient (τ) (source: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich: *TWD Transparente Wärmedämmung*, Wiesbaden–Berlin 1998, 50)

6. Wnioski

1. Za pomocą istniejących materiałów transparentnej izolacji termicznej można osiągnąć różne wartości współczynnika przenikania ciepła oraz różny stopień transparentności. Przy każdorazowym zastosowaniu tych materiałów na znaczeniu zyskuje albo ich transparentność, albo właściwości termoizolacyjne. Wybór pomiędzy tymi dwoma czynnikami warunkuje, ze względu na dalsze aspekty, decyzję o zastosowaniu danego materiału². Korzystnym stopniem całkowitej przepuszczalności energii charakteryzują się takie materiały, jak: tworzywa sztuczne, szkło, acetyloceluloza, areozele. Celuloza w postaci płyt kartonowych odznacza się niski, współczynnikiem całkowitej przepuszczalności energii, ma natomiast dobre właściwości termoizolacyjne.
2. Materiał transparentny umieszczony w zestawie szklanym ma wpływ na jego przezroczystość. Najbardziej korzystną przezroczystością charakteryzują się areozele w formie monolitycznej. Struktury komorowe z tworzyw sztucznych, acetylocelulozy, szkła, włókna szklanego oraz areożel w formie granulatu nie są przejrzyste. Przepuszczają do wnętrza światło białe, równomiernie rozproszone. Celuloza w płytach kartonowych jest całkowicie nieprzejrzysta.
3. Dobór odpowiedniego materiału transparentnej izolacji termicznej uzależniony jest również od systemu uzyskiwania energii słonecznej. Tworzywa sztuczne charakteryzują się niedostateczną odpornością na działanie wysokich temperatur. Z tego względu w kolektorach słonecznych zaleca się wykorzystywanie izolacji transparentnych z kapilar szklanych.
4. Ze względu na łatwopalność polimetakrylan metylu nie może być stosowany na elewacjach budynków wysokich.

Literatura

- [1] Kerschberger A., Platzer W., Weidlich B., *TWD – Transparente Wärmedämmung*. Wiesbaden, Berlin, 1998.
- [2] Piebiak I., *Transparentne izolacje termiczne w kształtowaniu architektury obiektów solarnych*. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2008.
- [3] Voss K., Braun P.O., Schmid J., *Transparente Wärmedämmung. Materialien, Systemtechnik und Anwendung*. Bauphysik 13 (1991).

² K. Voss, P.O. Braun, J. Schmid, *Transparente Wärmedämmung. Materialien, Systemtechnik und Anwendung*, Bauphysik 13 (1991), s. 218.