

IWONA PIEBIAK*

**WPLYW GEOMETRII MATERIAŁÓW
TRANSPARENTNEJ IZOLACJI TERMICZNEJ BUDYNKÓW
NA ZYSKI ENERGETYCZNE OBIEKTÓW SOLARNYCH**

**INFLUENCE OF GEOMETRY OF TRANSPARENT
THERMAL INSULATION MATERIALS
ON HEAT TRANSFER**

Streszczenie

Zastosowanie w przegrodach zewnętrznych budynku transparentnych izolacji termicznych nie tylko redukuje straty ciepła, lecz stwarza dodatkowe możliwości uzyskiwania energii słonecznej. Celem artykułu jest analiza porównawcza geometrii materiałów transparentnej izolacji termicznej oraz zbadanie wpływu geometrii materiału na zyski energetyczne.

Słowa kluczowe: izolacje transparentne, energia solarna, architektura solarna

Abstract





The use of transparent thermal insulation applied at the external walls or roofs of buildings does not only reduce the loss in transmission heat, but offers additionally the possibility of gaining heating energy through the passive use of solar energy. In the paper were presented types of geometry of transparent thermal insulation materials and influence of geometry on heat transfer.

Keywords: transparent insulation, solar energy, solar architecture

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

1. Wstęp

Pojęciem przezroczystej izolacji transparentnej (ang. TTI *Transparent Thermal Insulation*, niem. TWD *Transparente Wärmedämmung*) określa się tworzywo lub złożony z paru komponentów materiał budowlany, którego zadaniem jest uzyskiwanie energii słonecznej i zamiana jej na ciepło oraz izolacja termiczna ograniczająca przepływ ciepła z wnętrza na zewnątrz budynku [1]. Pozyskiwanie energii odbywa się, tak jak w przypadku przeszkleń tradycyjnych, na zasadzie efektu szklarniowego. Jednak w odróżnieniu od typowych szklanych osłon, przegrody z przezroczystą izolacją transparentną wpływają na stabilizację termiczną pomieszczeń charakterystyczną dla ścian z nieprzezroczystą izolacją tradycyjną. Izolacja transparentna charakteryzuje się zatem wysokim stopniem całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego g [%], przy jednoczesnym niskim współczynniku przenikania ciepła U [W/m^2K].

	<p>Struktury otwarte z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera:</p> <ul style="list-style-type: none"> – zestawy szklane, – struktury komorowe o przekroju kołowym (kapilarne), – struktury komorowe o przekroju kwadratowym, prostokątnym, heksagonalnym („plaster miodu”¹).
	<p>Struktury otwarte z kanałami prostopadłymi do powierzchni absorbera:</p> <ul style="list-style-type: none"> – struktury komorowe o przekroju kołowym (kapilarne), – struktury komorowe o przekroju kwadratowym, prostokątnym, heksagonalnym („plaster miodu”²), – struktury faliste².
	<p>Struktury komorowe zamknięte:</p> <ul style="list-style-type: none"> – struktury komorowe o przekroju kwadratowym, prostokątnym, heksagonalnym, – spienione szkło akrylowe.
	<p>Struktury quasi-homogeniczne:</p> <ul style="list-style-type: none"> – aerozele.

¹Struktury o przekroju kwadratowym, prostokątnym, heksagonalnym, w polskiej literaturze naukowej poświęconej transparentnym izolacjom termicznym, nazywane są również „izolacją ulową” (np. M. Grudzińska, *Możliwości zastosowania w budownictwie izolacji transparentnych z płyt komórkowych*, Przegląd Budowlany, 9/2003). Termin: „plaster miodu” wydaje się jednak bardziej adekwatny do terminologii międzynarodowej (ang. *honeycomb*, niem. *Wabenstrukturen*).

²Nie wszystkie materiały używane do wytwarzania transparentnych izolacji termicznych o strukturach falistych można sklasyfikować jako otwarte z kanałami prostopadłymi do powierzchni absorbera (np. płyty faliste z acetylodelulozy produkowane przez firmę Isoflex AB nie należą do struktur o komorach prostopadłych w stosunku do absorbera, ze względu na naprzemianległy układ płyt).

Ryc. 1. Klasyfikacja geometryczna materiałów używanych do produkcji transparentnych izolacji termicznych¹

Fig. 1. The geometric classification of transparent thermal insulation materials

¹Na podstawie: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich, *TWD Transparente Wärmedämmung. Produkte. Projekte. Planungshinweise*, Wiesbaden und Berlin, 1998, s. 46; J. Mikoś, *Półprzezroczyste izolacje termiczne budynków*, Świat Szkła, 6/1997, s. 2.

Przy doborze transparentnej izolacji termicznej należy zwrócić uwagę nie tylko na rodzaj materiału², z którego została wykonana³, lecz także na jego strukturę. Geometria materiału wpływa na stopień całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego przegrody. Z tego powodu dobór rodzaju struktury jest ściśle związany z funkcją, jaką ma pełnić izolacja w przegrodzie.

Tworzywa, z których powstają systemy transparentnych izolacji termicznych można sklasyfikować ze względu na usytuowanie materiałów w stosunku do powierzchni absorbera (w systemie zysków pośrednich), w stosunku do powierzchni szyby (w systemie zysków bezpośrednich) lub kolektora (w systemach aktywnych). Na podstawie klasyfikacji geometrycznej struktur można wyodrębnić cztery podstawowe grupy transparentnej izolacji termicznej: struktury otwarte z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera, struktury otwarte z kanałami prostopadłymi do powierzchni absorbera⁴, struktury komorowe zamknięte oraz quasi-homogeniczne (ryc. 1).

2. Klasyfikacja struktur

2.1. Struktury otwarte z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera

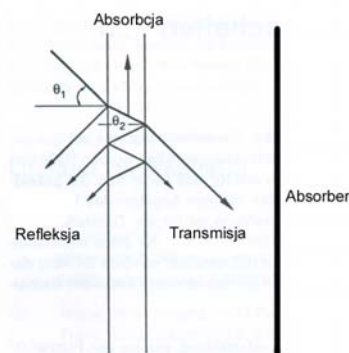
Do struktur otwartych z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera można zaliczyć struktury komorowe oraz zestawy szklane. Straty ciepła w tego typu strukturach powstają w wyniku refleksji i absorpcji promieniowania słonecznego oraz konwekcji ciepła wewnątrz struktur (ryc. 2).

Wpływ na współczynnik przenikania ciepła danej przegrody budowlanej ma sposób transmisji ciepła wewnątrz struktury. Transmisja ciepła może odbywać się na trzy sposoby: na zasadzie kondukcji, radiacji oraz konwekcji. W transparentnych systemach izolacji termicznej o strukturach otwartych z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera kondukcja (przewodzenie) ciepła zachodzi na obrzeżach struktur. Radiacja to oddawanie ciepła w postaci promieniowania długiego podczerwonego. Można jej skutecznie zapobiec, stosując szkło o zmniejszonej emisyjności jednej z powierzchni (powłoki „low-e”). W systemach transparentnych izolacji termicznych o strukturach otwartych z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera układ komór nie ogranicza konwekcji ciepła, sprzyja w związku z tym wymianie ciepła z powietrzem zewnętrznym.

²Rodzaj materiału transparentnej izolacji termicznej ma niewątpliwą wpływ na wielkość zysków energetycznych. Ze względu na rozległość tematu, analiza cech fizycznych materiałów używanych do produkcji transparentnych izolacji termicznych nie stanowi przedmiotu niniejszego artykułu.

³Systemy transparentnych izolacji termicznych wytwarzane są z tworzyw sztucznych (poliwęglanu oraz polimetakrylanu metylu), szkła, włókna szklanego, celulozy, acetylcelulozy, areozeli, spienionego szkła akrylowego.

⁴Oferta firmy L.E.S. Licht- und Energie-Optimierungssysteme GmbH obejmuje również płyty o otwartych strukturach komorowych, przeznaczone do przeszkleń usytuowanych na dachach budynków, w których kanały z tworzywa sztucznego mogą być nachylone w stosunku do powierzchni szyby pod kątem 45°.

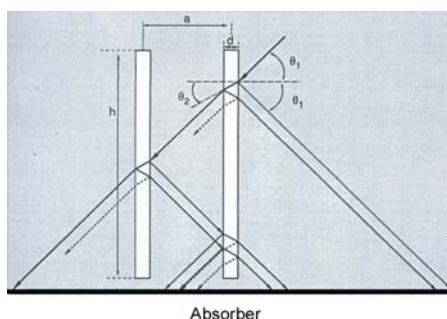


Ryc. 2. Przenikanie promieniowania słonecznego przez struktury otwarte transparentnej izolacji termicznej z kanałami równoległymi do powierzchni absorbera⁵

Fig. 2. Transparent thermal insulation materials – open cells parallel to the absorber.
Transfer of solar energy

2.2. Struktury otwarte z kanałami prostopadłymi do powierzchni absorbera

Promieniowanie słoneczne padające na tego typu struktury prawie w całości zostaje skierowane w stronę absorbera. Odbicie promieniowania na zewnątrz odbywa się tylko i wyłącznie na zewnętrznych, cienkich krawędziach struktur. Można przyjąć, że refleksja promieniowania słonecznego na zewnątrz praktycznie nie zachodzi.



Ryc. 3. Przenikanie promieniowania słonecznego przez struktury otwarte transparentnej izolacji termicznej z kanałami prostopadłymi do powierzchni absorbera⁶

Fig. 3. Transparent thermal insulation materials – open cells perpendicular to the absorber.
Transfer of solar energy

Przy prostopadłym, w stosunku do absorbera, układzie komór konwekcja ciepła jest ograniczona. Ograniczenie konwekcji zależy od odpowiednich proporcji średnicy komór do ich długości. Przyjmuje się, iż stosunek ten powinien być większy niż 1:10⁷. Minimalna

⁵Na podstawie: J. Schmid, *Transparente Wärmedämmung in der Architektur*, Heilderberg 1995, s. 32.

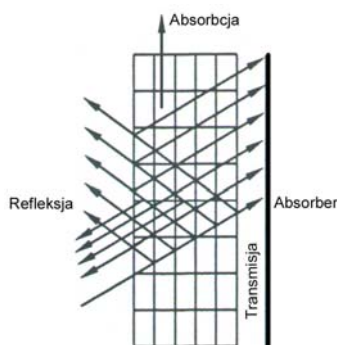
⁶Na podstawie: J. Schmid, *op. cit.*, s. 37.

⁷Za: A. Kerschberger, W. Platzer, B. Weidlich, *op. cit.*, oraz A. Wagner, *Transparente Wärmedämmung an Gebäuden*, Kolonia 2002, s. 13.

kondukcja ciepła spowodowana jest niskim udziałem materiału transparentnej izolacji termicznej w stosunku do powietrza. Absorbpcja promieniowania podczerwonego przez materiał zmniejsza wymianę ciepła pomiędzy absorberem a otoczeniem.

2.3. Struktury komorowe zamknięte

Struktury komorowe zamknięte z tworzyw sztucznych składają się z komór ograniczonych ścianami prostokątnymi i równoległymi w stosunku do absorbera. Straty ciepła w tych strukturach zachodzą w wyniku absorpcji oraz refleksji promieniowania słonecznego. Refleksja promieniowania występuje w warstwach równoległych do absorbera (ryc. 4). Transmisja ciepła wewnątrz struktur zachodzi na zasadzie radiacji, kondukcji oraz konwekcji. Na ograniczenie kondukcji ciepła wpływa nawet najmniejszy udział materiału transparentnej izolacji termicznej w stosunku do powietrza. Konwekcja ciepła w strukturach komorowych zamkniętych jest ograniczona ze względu na prostokąt do absorbera układ ścian komór.



Ryc. 4. Przenikanie promieniowania słonecznego przez struktury komorowe zamknięte transparentnej izolacji termicznej

Fig. 4. Transparent thermal insulation materials – closed cells. Transfer of solar energy

2.4. Struktury quasi-homogeniczne

Przedstawicielem struktur quasi-homogenicznych transparentnej izolacji termicznej jest areożel występujący w formie monolitycznej lub granulatu. Ze względu na rozmiar mikroporów (ok. 2–200 nm), w materiale tym nie występuje refleksja promieniowania słonecznego. Na stopień transmisji światła w strukturze wpływa jedynie absorpcja promieniowania słonecznego przez dany materiał. Areożel charakteryzuje się dużą porowatością, zawiera ponad 90% powietrza. Z tego powodu jest doskonałym izolatorem. Areożele mają bardzo niską przewodność cieplną. Kondukcja ciepła w strukturze jest ograniczona. Zastąpienie powietrza gazem szlachetnym powoduje, iż termoizolacyjność zestawu wypełnionego areożelem wzrasta.

3. Podsumowanie i wnioski

Ze względów energetycznych najkorzystniejszą geometrią charakteryzują się struktury otwarte transparentnej izolacji termicznej z komorami prostokątnymi do powierzchni absor-

bera oraz quasi-homogeniczne. Wpływ na wysoką efektywność energetyczną tych struktur mają przede wszystkim następujące czynniki:

- a) ograniczona konwekcja ciepła,
- b) niska kondukcja ciepła,
- c) brak refleksji promieniowania słonecznego.

Wybór geometrii oraz materiału transparentnej izolacji termicznej jest ściśle związany z funkcją, jaką ma spełniać w przegrodzie. Niektóre struktury wpływają na zwiększenie termoizolacyjności przegrody, inne charakteryzują się korzystniejszymi cechami estetycznymi oraz większą przejrzystością. Jeżeli zadaniem transparentnej izolacji termicznej w zestawie szklanym jest ograniczenie konwekcji ciepła, należy zastosować struktury z komorami prostopadłymi do powierzchni szyby o stosunku średnicy do długości komór większym niż 1:10. Przekrój komór ma drugorzędne znaczenie pod warunkiem zachowania tych proporcji. Jeżeli transparentna izolacja termiczna ma ograniczać straty ciepła spowodowane konwekcją oraz kondukcją, to średnica komór powinna być większa, a ściany komór cieńsze. Zagęszczenie komór, zwiększenie grubości ścianek, duży udział tworzywa transparentnej izolacji termicznej w objętości struktury powoduje absorpcję promieniowania słonecznego, daje efekt ekranu pochłaniającego promieniowanie ciepłe⁸. Większa ilość materiału transparentnej izolacji termicznej w strukturze powoduje jednak zmniejszenie stopnia całkowitej przepuszczalności energii oraz transmisji światła, sprzyja stratom ciepła przez przewodzenie. Ograniczenie stopnia transmisji światła wiąże się z mniejszą przezroczystością danej struktury, wpływa na jej cechy estetyczne oraz umiejscowienie w przegrodzie⁹.

Literatura

- [1] Kerschberger A., Platzer W., Weidlich B., *Transparente Wärmedämmung. Produkte. Projekte. Planungshinweise*, Bauverlag, Wiesbaden, Berlin 1998.
- [2] Grudzińska M., *Możliwości zastosowania w budownictwie izolacji transparentnych z płyt komórkowych*, Przegląd Budowlany, 9/2003.
- [3] Mikoś J., *Półprzezroczyste izolacje termiczne budynków*, Świat Szklą, 6/1997.
- [4] Schmid J., *Transparente Wärmedämmung in der Architektur*, Heilderberg 1995.
- [5] Wright D., *AIA Natural Solar Architecture. The Passive Solar Primer*.
- [6] Hollands K.G.T., Iynkaran K., Ford C., Platzer W.J., *Manufacture, solar transmission and heat transfer characteristics of large-celled honeycomb transparent insulation*, Solar Energy, 49, 1992.

⁸K.G.T. Hollands, K. Iynkaran, C. Ford, W.J. Platzer, *Manufacture, solar transmission and heat transfer characteristics of large-celled honeycomb transparent insulation*, Solar Energy 49, 1992, s. 381.

⁹W systemie zysków bezpośrednich transparentna izolacja termiczna o ograniczonej przezroczystości jest umieszczana w przegrodach szklanych powyżej lub poniżej poziomu wzroku człowieka.