

MATERIAŁY SZKLANE W LEKKIEJ OBUDOWIE. CZĘŚĆ 3. CECHY TECHNICZNE I UŻYTKOWE SZYB

Kowalski Dariusz

Politechnika Gdańska, Gdańsk, Polska

Builder, vol. 236, nr 3, 2017, p. 88-91

Abstrakt: Budowlane szkło płaskie stosowane jako przegrody zewnętrzne może spełniać różne funkcje techniczne i użytkowe, które trzeba wykorzystywać odpowiednio do potrzeb każdej inwestycji, jak również do możliwości technologicznych przemysłu. W artykule przedstawiono stosowane w lekkich obudowach materiały szklane i kształtowane z nich wyroby. Omówiono charakterystyczne parametry i różnice technologiczne występujące w produkcji wyrobów szklanych przeziernych. Przedstawiono parametry definiujące właściwości przegród wykonanych ze szkła.

Abstract: Glass materials and products used in lightweight claddings are presented in the paper. The characteristic parameters and technological differences that occur in manufacturing are presented. The parameters defining the properties of walls made of glass are discussed.

Oprócz zagadnień wytrzymałościowych i związanych z bezpieczeństwem użytkowania szkła w obiektach, przedstawionych w poprzednich częściach tej serii [1], [2] istotną grupę cech użytkowych stanowią takie zagadnienia, jak m.in. termoizolacyjność, ochrona przed przegrzewaniem pomieszczeń, dźwiękochłonność i ognioodporność przegród szybowych, i wiele innych.

Termoizolacyjność

Parametr ten jest jednym z podstawowych czynników branych pod uwagę podczas doboru rodzaju oszklenia z uwagi na koszty eksploatacji obiektu, zarówno w okresie zimowym jak i letnim jak również komfortu termicznego użytkownika pomieszczeń.

Na izolacyjność termiczną szkła wpływ mają takie czynniki jak: liczba i grubość zastosowanych tafli szkła, liczba gazowych komór międzyszybowych (1, 2 lub 3), rodzaj zastosowanego w nich gazu (powietrze, argon, krypton), rodzaj zastosowanych przeziernych powłok niskoemisyjnych oraz rodzaj obwodowej ramki dystansowej, która jest liniowym mostkiem termicznym. Ciepło przez szybę zespoloną tracone jest na trzy sposoby:

- o konwekcję (ruch) gazów zawartych pomiędzy szybami przylegającymi do dwóch różnych ośrodków temperaturowych,
- o przewodnictwo cieplne zestawu szybowego i warstwy gazowej usytuowanej pomiędzy dwoma ośrodkami temperaturowymi,
- o promieniowanie cieplne (radiację w postaci fali elektromagnetycznej), które przemieszcza się w ośrodku szybowym i jest wypromieniowywana na zewnątrz.

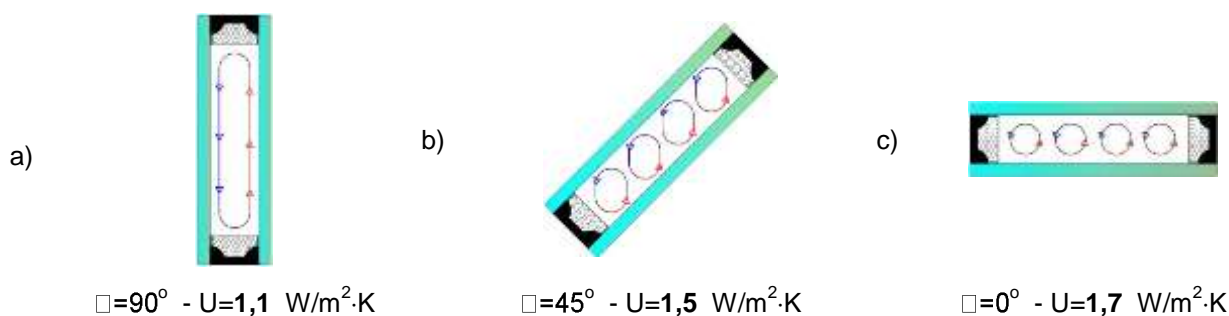
Aż 2/3 energii cieplnej tracone jest przez ostatni z wyżej wymienionych czynników. Zastosowanie przeziernych powłok niskoemisyjnych (Low-E) na powierzchni wewnętrznej jednej z szyb pozwala odbić aż 99% długofalowego promieniowania cieplnego, a tym samym prawie ograniczyć straty z tego tytułu. Powłoki te nie mają żadnego wpływu na dwa pozostałe czynniki powodujące straty. W celu ograniczenia strat w wymienionych zakresach, stosuje się gazy szlachetne, które będąc cięższymi od powietrza spowalniają ruch konwekcyjny oraz mają lepszy współczynnik przewodności cieplnej λ (tab.1). Dodatkowo optymalizuje się rozstaw szyb, poprzez dobór szerokości ramki dystansowej, co ma wpływ na konwekcję. Optymalne wartości szerokości ramek to: 16 mm dla powietrza, 15-18 mm dla argonu i 10-12 mm dla kryptonu.

Tabela 1. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła dla gazów wg PN-EN 12524 [3]

Rodzaj gazu	Gęstość ρ [kg/m ³]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
Powietrze	1,23	0,025
Argon	1,70	0,017
Krypton	3,56	0,009

Elementem dodatkowym wpływającym na globalne straty ciepła przez zestaw szybowy są ramki dystansowe, które wykonywane są coraz częściej z bardziej zaawansowanych materiałów. Odpowiadają one za obwodowe mostki termiczne, ale również za przypadki rosznienia szyb w okresach zimowych, w przypadku dużej wilgotności powietrza w pomieszczeniach.

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż wartości przewodności cieplnej szyb podawane są najczęściej dla przegród pionowych. W przypadku występowania szklanych powierzchni pochyłych lub wręcz poziomych, współczynniki przenikania ciepła dla tych samych elementów ulegają znacznemu pogorszeniu, co jest związane ze zmianą warunków cyrkulacji gazów w przestrzeni międzyszybowej (rys. 1).



Rys. 1. Zmian sposobu cyrkulacji gazów w strefie międzyszybowej a współczynnik U (DK na podstawie [4])

Ochrona przed przegrzewaniem pomieszczeń

Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie szkła przeciwsłonecznego, które minimalizuje efekt nagrzewania się pomieszczeń w okresie letnim ograniczając zarówno efekt cieplarniany, a także znacznie redukując zapotrzebowanie na energię do ochładzania/klimatyzowania pomieszczeń. Jest to szczególnie ważne w przypadku wielkoformatowych fasad szklanych wystawionych na kierunki działania intensywnej operacji słonecznej.

Szyby termoizolacyjne przepuszczają niemal bez ograniczeń krótkofalowe zakresy promieniowania słonecznego, jednak większa część długofalowego promieniowania cieplnego jest odbijana. Ten efekt umożliwia pozyskiwanie z zewnątrz darmowej energii do ogrzewania w chłodnych porach roku, jednakże w lecie prowadzi do przegrzewania pomieszczeń.

Pierwotnym rozwiązaniem na ograniczenie ilości energii dostającej się do pomieszczeń było zastosowanie szkieł barwionych w masie (odcienie zielone, brązowe, szare), lecz wraz ze wzrostem grubości ograniczana była istotnie przepuszczalność światła przez przegrody. Poziom redukcji parametru L_t wynosi wówczas 50-60%. Samo barwienie powodowało zmiany w odbiorze kolorów przy patrzeniu przez szybę. Współczesnym rozwiązaniem tego problemu są powłoki napyłane na szkła, podobnie jak wcześniej opisane powłoki niskoemisyjne (część druga nr 2 Builder 2017 [2]). Powłoki przeciwsłoneczne stosuje się na wewnętrznej powierzchni szyby zewnętrznej, która zazwyczaj dodatkowo jest szybą grubszą. W zależności od potrzeb architektonicznych mogą być stosowane powłoki o niskim odbiciu na zewnątrz, powłoki zwierciadlane lub z barwnym refleksem. Możliwe jest też zastosowanie technologii druku cyfrowego lub sitodruku czy też szkła laminowanego bezpiecznego.

Dźwiękochłonność przegród szklanych – ważony wskaźnik izolacyjności R_w

Przegrody szklane jako elementy stykające się bezpośrednio z otaczającym budynek środowiskiem muszą zapewnić użytkownikom pomieszczeń odpowiednią ochronę przed hałasem zewnętrznym. Czynniki wpływającymi na izolacyjność akustyczną są:

- o grubość zastosowanej szyby w przegrodzie, która jest w stanie izolować akustycznie w zakresie 30÷36 dB przy zmianie grubości szkła w zakresie 2÷12 mm,
- o zwiększenie odstępu szyb w zestawach szyb zespolonych (około 2,5 dB przy każdym skokowym powiększeniu rozmiaru ramki dystansowej wg zasady 12-16-24 mm),
- o zastosowanie asymetrycznej budowy układu szyb zespolonych (grubsza szyba zewnętrzna, co daje inną charakterystykę dynamiczną przekazywania drgań pomiędzy taflami szkła),

- o zastosowanie szyb laminowanych, które już z samego założenia są cięższe i grubsze, a łącząca poszczególne tafle szkła folia PVB jest dodatkowym elementem tłumiącym drgania (folia ta może jeszcze podlegać dodatkowej modyfikacji w tym zakresie).

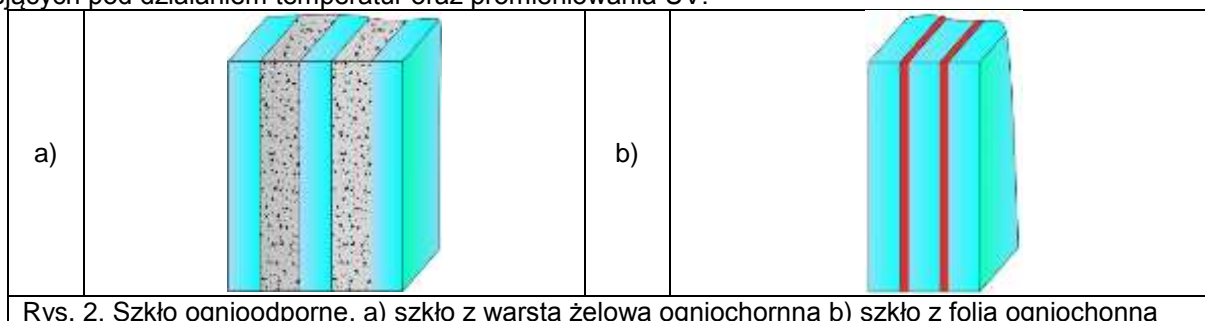
Współczesne przegrody szklane pozwalają osiągnąć wartość wskaźnika izolacyjności akustyczne R_w w zakresie 36÷52 dB zależności od konstrukcji przegrody.

Ognioodporność przegród szybowych

Powszechnie stosowane w budownictwie szkło płaskie typu float jest całkowicie nieodporne w zakresie ochrony przed ogniem - pęka przy różnicy temperatury na powierzchni szkła wynoszącej $> 40^\circ\text{C}$. Dla pożaru nie stanowią też żadnej bariery tzw. szyby bezpieczne. Szyba laminowana pęka równie szybko jak szkło float i rozsypuje się przy temperaturze około 250°C , kiedy to folia PVB po stopieniu przestaje utrzymywać szklane kawałki na miejscu. Szyby hartowane są bardziej odporne na wysokie temperatury, jednak nie wyższe niż $300\div 350^\circ\text{C}$.

Niejednokrotnie zarówno zewnętrzne jak i wewnętrzne przegrody budowlane wymagają spełnienia warunków związanych z zapewnieniem wymaganej odporności ogniowej. Rozwiązaniem w tym zakresie jest stosowanie szyb ogniochronnych. Szyby ogniochronne powstają przez połączenie co najmniej dwóch tafli szkła pomiędzy którymi umieszczona jest przezroczysta warstwa żelowa - szkło typu Pyrobel (rys. 2a). W przypadku oddziaływania ognia, począwszy od temperatury 120°C , w warstwie żelowej zachodzą reakcje, które powodują zwiększenie objętości materiału i jego stwardnienie. Skutkuje to wzrostem izolacyjności termicznej przegrody przy jednoczesnej pewności, że przegroda nie utraci swojej stateczności. W trakcie reakcji żelu na temperaturę szyba traci całkowicie swą przezierność. Obecnie można otrzymać szyby o odporności ogniowej od EI30 do nawet EI120 ocenianej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13501-2 [5]. Tego typu szkło jest w stanie spełnić również wymagania nośności ogniowej R. Wraz z oczekiwanym wzrostem wymagań izolacyjnych wzrasta grubość całego zestawu szklanego (liczba zastosowanych tafli szkła oraz grubość warstw żelowych). Innym, ograniczonym co do skuteczności rozwiązaniem jest szkło typu Pyrobelit, które jest szkłem laminowanym z wewnętrzną folią o właściwościach ognioodpornych. Uzyskuje ono jedynie najniższe klasy odporności ogniowej E na poziomie 30 min (rys.2b).

Szklano ognioodporne mają mniejszy współczynnik przewodności światła, oraz duże wartości współczynnika przenikania ciepła, stąd też w zestawach do zastosowań zewnętrznych stanowią element składowy szyb zespolonych. Przy rozwiązaniach zewnętrznych należy również zwrócić uwagę na zachowanie się materiałów pęczniejących pod działaniem temperatur oraz promieniowania UV.



Rys. 2. Szkło ognioodporne, a) szkło z warstwą żelową ogniochronną b) szkło z folią ogniochronną

Wskaźnik oddawania barw R_a

Parametr ten, oznaczany wg normy PN-EN 410 [6], istotny jest dla warunków użytkowania pomieszczeń przez ludzi. Opisuje on czy i jak zmienia się barwa danego obiektu podczas oglądania go przez określony zespół szybowy. Wartość tego wskaźnika mieści się w przedziale 0-100, przy czym wartość 100 oznacza, że barwa obiektu oglądanego przez szyby jest identyczna z jego barwą bez przegrody. Szklano budowlane typu float posiadają najczęściej wartość $R_a > 90$, co uznawane jest za wynik bardzo dobry. Dla szkła barwionego w masie mieści się on w granicach $R_a = 60\div 90$.

Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii g

Współczynnik podaje jaka część energii promieniowania słonecznego padającego na szybę przenika do pomieszczenia. Wartość tego parametru można regulować poprzez zastosowanie szkieł przeciwsłonecznych, co realizowane jest przez odpowiedni dobór szkła i powłok. Parametr ten ma wpływ na bilans energetyczny pomieszczeń w okresach zimowych, czyli tzw. zysków solarnych.

Wskaźnik selektywności S

Parametr ten stosowany jest w przypadku przeszkleń przeciwsłonecznych, których zadaniem jest ograniczenie ilości energii słonecznej docierającej do pomieszczenia, ale jednocześnie wymagany jest duży udział

This is a post-print: *Builder*, vol. 236, nr 3, 2017, pp. 88-91.

Kowalski D. „Materiały szklane w lekkiej obudowie. Część 3. Cechy techniczne i użytkowe szyb”, *Builder*, vol. 236, nr 3, 2017, pp. 88-91.

przechodzącego do pomieszczenia światła, który istotny jest dla funkcjonowania obiektu. Wskaźnik ten jest ilorazem przepuszczalności światła τ_v do całkowitej przepuszczalności energii g danego przeszklenia. Im większa wartość S , tym więcej światła dochodzi do pomieszczenia nie powodując jego nagrzania.

Stopień przepuszczalność światła Lt

Parametr ten obrazuje, jaka część światła widzialnego, padającego pod kątem bliskim 90° , jest przepuszczana przez szkło lub zestawy szklane.

Odbicie światła LR

Odbicie światła to parametr pokazujący, jaka część światła widzialnego, padającego pod kątem bliskim 90° , jest odbijana przez szkło.

Stopień przepuszczalności promieniowania UV

Parametr istotny zarówno dla ludzi (oparzenia słoneczne) jak również odpowiadający za zmianę kolorów elementów wyposażenia oraz starzenia się niektórych materiałów.

Współczynnik zacienienia b

Współczynnik zacienienia używany jest do obliczenia zapotrzebowani na energię do chłodzenia budynku. Współczynnik ten określany jest jako iloraz współczynnika przepuszczalności energii g danego przeszklenia do wartości tego współczynnika dla bezbarwnego szkła float o grubości 3-4 mm bez żadnych powłok funkcyjnych, a którego wartość wynosi 0,87.

Współczynnik odbicia energii słonecznej ER

Parametr ten opisuje jaka część promieniowania słonecznego, padającego pod kątem bliskim 90° , jest odbijana przez szkło z powrotem do atmosfery.

Współczynnik absorpcji energii słonecznej EA

Parametr ten pokazuje jaka część promieniowania słonecznego, padającego pod kątem bliskim 90° , jest pochłaniana przez szkło.

Bezpośrednia przepuszczalność energii słonecznej ET

Bezpośrednia przepuszczalność energii słonecznej to parametr pokazujący, jaka część promieniowania słonecznego, padającego pod kątem bliskim 90° , jest bezpośrednio przepuszczana przez szkło.

Podsumowanie

Jak przedstawiono budowlane szkło płaskie stosowane jako przegrody zewnętrzne może spełnić różne funkcje techniczne i użytkowe, które trzeba wykorzystywać odpowiednio do potrzeb każdej inwestycji jak również do możliwości technologicznych przemysłu. Wiele rodzajów szkła i rozwiązań konstrukcyjnych na nim opartych występuje na rynku pod nazwami własnymi poszczególnych producentów co utrudnia ich porównanie, stąd też w razie potrzeb należy analizować poszczególne parametry techniczne i użytkowe szkła i powstających z nich przegrody.

Wiele dodatkowych parametrów, jakie muszą spełnić szyby stosowane w systemach elewacyjnych, zostało przedstawionych w poprzednich publikacjach zamieszczonych na łamach tego czasopisma [7]–[10].

Inne rodzaje szkła w fasadach budynków

Szkło nie pełni jedynie roli płaskiej przegrody z jej najważniejszą cechą jaką jest przezierność. Szkło występuje również w postaci znanych od dawna kształtek szklanych typu luksfery, pustaki szklane, panele i płyty szklane Vitrolit [11]. Stosowane jest jako materiał ściśle izolacyjny, np. w formie wełny szklanej, która produkowana jest w postaci mat lub płyt, mogących mieć zastosowanie w izolacji ścian wentylowanych.

This is a post-print: *Builder*, vol. 236, nr 3, 2017, pp. 88-91.

Kowalski D. „Materiały szklane w lekkiej obudowie. Część 3. Cechy techniczne i użytkowe szyb”, *Builder*, vol. 236, nr 3, 2017, pp. 88-91.

BIBLIOGRAPHY

- [1] D. Kowalski, “Materiały szklane w lekkiej obudowie. Cz. 1,” *Builder*, vol. 234, no. 1, 2017, pp. 62–65.
- [2] D. Kowalski, “Materiały szklane w lekkiej obudowie. Cz. 2,” *Builder*, vol. 235, no. 2, 2017, pp. 62–64,.
- [3] *PN-EN 12524:2003 Materiały i wyroby budowlane -- Właściwości cieplno-wilgotnościowe -- Tabełaryczne wartości obliczeniowe.*
- [4] *GlassTime Podręcznik o szkle.* Częstochowa: Guardian Industries Corp.
- [5] *PN-EN 13501-1+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków -- Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień. .*
- [6] *PN-EN 410:2011 Szkło w budownictwie -- Określanie świetlnych i słonecznych właściwości oszklenia. .*
- [7] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Lekka obudowa. Cz. 1. Klasyfikacje i wymagania,” *Builder*, vol. 227, no. 6, 2016, pp. 86–89.
- [8] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Lekka obudowa. Cz. 2. Bezpieczeństwo pożarowe,” *Builder*, vol. 228, no. 7, 2016, pp. 114–116.
- [9] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Lekka obudowa. Cz. 3. Wymagania funkcjonalno-użytkowe,” *Builder*, vol. 229, no. 8, 2016, pp. 80–84.
- [10] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Lekka obudowa. Cz. 4. Układy konstrukcyjne,” *Builder*, vol. 233, no. 12, 2016, pp. 106–110,.
- [11] E. Urbańska-Galewska, D. Kowalski, “Systemy i rozwiązania elementów lekkiej obudowy,” in *XXXI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje Metalowe, posadzki przemysłowe, lekka obudowa, rusztowania. Szczyrk 24-27 lutego 2016, Katowice-Szczyrk*: PZITB o/Katowice, 2016, pp. 213–306.

Post-print:

Kowalski D. „Materiały szklane w lekkiej obudowie. Część 3. Cechy techniczne i użytkowe szyb”, *Builder*, vol. 236, nr 3, pp. 88-91, 2017.

ISSN 1896-0642

<http://buildercorp.pl/wp-content/uploads/2015/12/Materiały-szklane.pdf>