

Porównanie metod badań i wymagań klasyfikacyjnych wobec szkła laminowanego (warstwowego) do różnych zastosowań

Iwona Kozubek
ICiMB O/Kraków



**Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych**

Zgodnie z Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 wyrób budowlany wprowadzony do obrotu przed 1 lipca 2013 może być nadal udostępniany na rynku z oznakowaniem CE na podstawie:

- certyfikatu zgodności lub deklaracji zgodności z normą zharmonizowaną wystawionej przez producenta w oparciu o dyrektywę 89/106/EWG lub
- deklaracji właściwości użytkowych wyrobu wystawionej przez producenta
- w oparciu o certyfikat zgodności lub deklarację zgodności sprzed 1 lipca 2013.

Po 1 lipca 2013 wyrób budowlany może zostać wprowadzony do obrotu ze znakiem CE jeżeli producent sporządził deklarację właściwości użytkowych na podstawie danych z oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk, według systemu wskazanego w zharmonizowanej specyfikacji technicznej.

Zasadnicze charakterystyki szkła warstwowego wg Tablicy ZA.1 PN-EN 14449: 2008

- Odporność ogniowa (dla szkła stosowanego w oszkleniach ognioodpornych)
- Reakcja na ogień
- Zachowanie pod działaniem ognia zewnętrznego (tylko w przypadku pokryć dachowych)
- Odporność na pociski: Zachowanie się w przypadku rozbicia i odporność na atak
- Odporność na wybuch: Zachowanie pod wpływem uderzenia oraz odporność na atak
- Odporność na włamanie: Zachowanie się w przypadku rozbicia i odporność na atak
- Odporność na wahadłowe uderzenie ciała: Zachowanie się w przypadku rozbicia (pękanie „bezpieczne”) i odporność na uderzenie
- Odporność mechaniczna: Odporność na nagłe zmiany temperatury i różnice temperatur
- Odporność mechaniczna: Odporność elementu szklanego na wiatr, śnieg, obciążenie trwałe i/lub dodatkowe
- Ochrona przed hałasem: Bezpośrednia izolacyjność od dźwięków powietrznych
- Oszczędność energii i zatrzymywanie ciepła:
 - Właściwości termiczne
 - Właściwości radiometryczne: współczynnik przepuszczalności i odbicia światła,



Ilość zasadniczych charakterystyk, dla których zostaną zadeklarowane właściwości użytkowe szkła warstwowego (minimum jedna) powinna wynikać z właściwego określenia zamierzonego zastosowania. Wyroby ze szkła warstwowego spełniają niejednokrotnie w budownictwie kilka funkcji naraz, np. zabudowane w szybie zespolonej pełnią równocześnie rolę szyb antywłamaniowych, dźwiękochłonnych.



Odporność ogniowa

Zdolność elementu budynku lub jego konstrukcji do spełnienia, w warunkach odwzorowujących przebieg pożaru określonych wymagań na podstawie kryteriów głównych: nośności ogniowej R, szczelności ogniowej E, izolacyjności ogniowej oraz dodatkowych: natężenia promieniowania W, rozprzestrzeniania się dymu S, odporności na oddziaływania mechaniczne M, zdolności do samozamykania C, skuteczności ogniowej.

Klasy odporności ogniowej elementów budynku ustala się w zależności od zachowania poszczególnych kryteriów w wyrażonym w minutach czasie: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, na podstawie badań wg PN-EN 13501-2:2005 „Klasa ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 2: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej”.



Reakcja na ogień

Reakcję na ogień szkła warstwowego określa się zgodnie z PN-EN 13501+A1:2010 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień”

Klasyfikację wyrobów przeprowadza się w oparciu o ilość, szybkość wydzielania energii podczas palenia się wyrobu, czasu do zapalenia się wyrobu przy kontakcie z płonącym przedmiotem, szybkości i zasięgu rozprzestrzeniania płomieni. Norma wyróżnia siedem głównych klas odporności ogniowej A1, A2, B, C, D, E, F. Najbezpieczniejszymi są wyroby klasy A1. Dodatkowo określa się szybkość wytwarzania i ilość dymu – klasyfikacje s1, s2, s3 oraz występowanie płonących kropli i/lub cząstek przyczyniających mogących prowadzić do przenoszenia pożaru – klasyfikacje d0, d1, d2. Każdy składnik zasadniczy wyrobu niehomogenicznego, ubiegający się o klasę A1 i A2 bada się oddzielnie.



Biorąc pod uwagę wpływ podkładów i sposobów mocowania na potencjalny udział wyrobu w rozwoju pożaru, pojedynczy wyrób można zaliczyć do różnych klas, w zależności od końcowego zastosowania wyrobu i tylko to końcowe zastosowanie należy badać.

Stosowanie ścian przeszklonych wg wymagań przepisów dotyczących dotyczących bezpieczeństwa pożarowego

ściany przeszklone powinny:

- zostać wykonane z wyrobów klasy reakcji na ogień:

A1, A2-s1, d0; A2-s2, d0; a2-s3, d0; B-s1, d0; Bs-2, d0 oraz Bs-3, d0

- stanowić wyrób o klasie reakcji na ogień:

A1, A2-s1, d0; A2-s2, d0; a2-s3, d0; B-s1, d0; Bs-2, d0 oraz Bs-3, d0

przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę co najmniej E reakcji na ogień.



Odporność na uderzenie pociskiem

Właściwości użytkowe szkła warstwowego kuloodpornego określa się zgodnie z PN-EN 1063: 2002 „Szkło w budownictwie Bezpieczne oszklenia Badanie i klasyfikacja na uderzenie pociskiem”. Badanie polega na trzykrotnym lub jednokrotnym ostrzale z ręcznej broni palnej, trzech próbek o wymiarach 500 x 500 mm zamocowanych pionowo i prostopadle do linii strzału w sztywnej i odpowiednio uszczelnionej ramie. W przypadku trzykrotnego ostrzału uderzenia pocisków powinny być skierowane w naroża trójkąta równobocznego narysowanego w środku próbki, o boku równym odległości między strzałami. Przy każdym strzale mierzy się prędkość pocisku. Ewentualnie powstałe odpryski szkła i odłamki pocisku przechodzące przez próbkę zbierane są w zainstalowanej z tyłu skrzynki. Badanie uznaje się za ważne, jeżeli prędkość i odległość między uderzeniami są zgodne z wymaganiami dotyczącymi określonej klasy. W przypadku braku odłamków oznaczenie - NS przy symbolu klasy, gdy wystąpiły – oznaczenie S przy symbolu klasy



Tablica 1: Klasyfikacja i wymagania dotyczące badania kuloodporności oszklenia: ostrzał pistoletami i karabinami

Klasa	Typ broni	Kaliber	Typ	Masa g	Warunki badania			
					badawcza odległość ostrzału m	prędkość pocisku m/s	liczba uderzeń	odległość między uderzeniami mm
BR1	karabin	0,22 LR	L/RN	2,6 ±0,1	10,00 ±0,5	360 ±10	3	120 ±10
BR2	pistolet	9 mm Luger	FJ ¹⁾ /RN/SC	8,0 ±0,1	5,00 ±0,5	400 ±10	3	120 ±10
BR3	pistolet	0,357 Magnum	FJ ¹⁾ /CB/SC	10,2 ±0,1	5,00 ±0,5	430 ±10	3	120 ±10
BR4	pistolet	0,44 Rem. Magnum	FJ ²⁾ /FN/SC	15,6 ±0,1	5,00 ±0,5	440 ±10	3	120 ±10
BR5	karabin	5,56 x 45 *	FJ ²⁾ /PB/SCP1	4,0 ±0,1	10,00 ±0,5	950 ±10	3	120 ±10
BR6	karabin	7,62 x 51	FJ ¹⁾ /PB/SC	9,5 ±0,1	10,00 ±0,5	830 ±10	3	120 ±10
BR7	karabin	7,62 x 51 **	FJ ²⁾ /PB/HC1	9,8 ±0,1	10,00 ±0,5	820 ±10	3	120 ±10



Szyby odporne na siłę eksplozji

Norma PN-EN 13541: 2012 „Szkło w budownictwie – Bezpieczne oszklenia – Badanie i klasyfikacja odporności na siłę eksplozji” podaje wymagania dotyczące różnych klas tych wyrobów. Badania przeprowadza się na trzech, reprezentatywnych dla normalnej produkcji próbkach, o wymiarach 1100 x 900 mm, poddając je działaniu płaskiej i prostopadłej do powierzchni próbki fali uderzeniowej, o określonej sile, wytworzonej w specjalnej rurze lub urządzeniu. Fala ta powinna symulować kulisty, bezodłamkowy wybuch ładunku. Każdą próbkę poddaje się działaniu tylko jednego ładunku.



Klasyfikacja szkła odpornego na siłę eksplozji

	Właściwości fali uderzeniowej		
Kod klasy	Maksymalne nadciśnienie odbitej Fali podmuchowej	Dodatni impuls właściwy i [kPa ms]	Czas trwania fazy nadciśnienia t [ms]
ER1	$50 \leq p \leq 100$	$370 \leq i \leq 900$	≥ 20
ER2	$100 \leq p \leq 150$	$900 \leq i \leq 1500$	≥ 20
ER3	$150 \leq p \leq 200$	$1500 \leq i \leq 2200$	≥ 20
ER4	$200 \leq p \leq 250$	$900 \leq i \leq 1500$	≥ 20



Odporność na włamanie

Odporność szyb na włamanie określa się zgodnie z PN-EN 356:2000 „Szkło w budownictwie. Szyby ochronne. Badania i klasyfikacja odporności na ręczny atak” na trzech próbkach o wielkości 900 x 1100 mm. Badanie przeprowadza się dwiema metodami:

- z użyciem spadającego ciała, stalowej kuli o średnicy 100 mm i masie 4,11 kg, dla określenia klas P1A do P5A. W przypadku klas P1A-P4A szybę zamocowaną w specjalnej ramie uderza się z odpowiedniej wysokości trzykrotnie kulą, tak aby miejsca uderzenia tworzyły trójkąt równoboczny o boku 130 ± 20 mm wokół środka geometrycznego próbki oraz aby jeden z boków był równoległy do krótszego boku próbki. Dla klasy P5A taki sposób postępowania powtarza się trzykrotnie.
- z użyciem młota i siekiery o masie 2 kg dla określenia klas P6B do P8B. Badanie polega na określeniu sumy uderzeń młota i siekiery, niezbędnych do wycięcia w środku szyby zamocowanej pionowo w ramie kwadratowego otworu o boku 400 ± 10 mm, która stanowi kryterium kwalifikacji.





Stanowisko do badań młotem i siekierą



Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

Klasyfikacja szyb ochronnych z użyciem spadającego ciała

Klasa odporności	Wysokość spadku kuli [mm]	Łączna liczba uderzeń	Oznaczenie Kodowe klasy
P1A	1500	3 w trójkącie	EN 356 P1A
P2A	3000	3 w trójkącie	EN 356 P2A
P3A	6000	3 w trójkącie	EN 356 P3A
P4A	9000	3 w trójkącie	EN 356 P4A
P5A	9000	3x3 w trójkącie	EN 356 P5A





Szyba po badaniu kulą 4,11 kg



Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

Klasyfikacja szyb ochronnych z użyciem młota i siekiery

Klasa odporności	Łączna liczba uderzeń	Oznaczenie kodowe klasy odporności
P6B	30-50	EN 356 P6B
P7B	od 51 do 70	EN 356 P7B
P8B	powyżej 70	EN 356 P8B

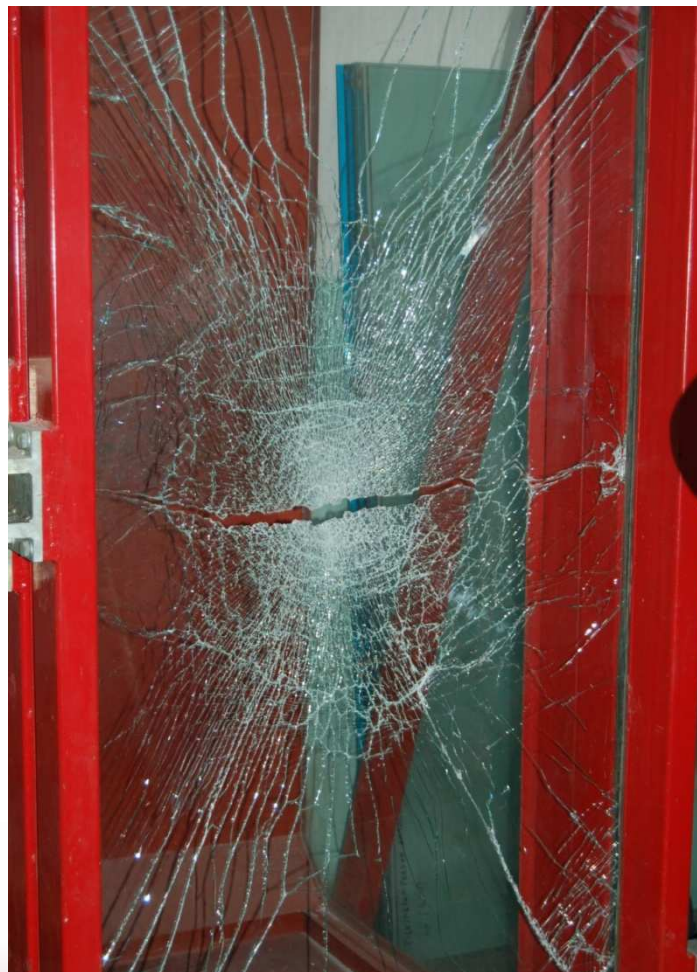


Badanie wytrzymałości na uderzenie wahadłem

Norma PN-EN 12600: 2004 „Szkło w budownictwie Badanie wahadłem Udarowa metoda badania i klasyfikacja szkła płaskiego” klasyfikuje wyroby szklane przeznaczone dla budownictwa do jednej z trzech głównych klas na podstawie sposobu ich pęknięcia po uderzeniu elementem udarowym, w postaci dwóch pneumatycznych opon z obciążnikiem, spadającym ruchem wahadłowym z wysokości 190, 450 i 1200 mm. Całkowita masa elementu udarowego wynosi $(50 \pm 0,1)$ kg, natomiast ciśnienie w oponach podczas badania ma wartość $(0,35 \pm 0,02)$ MPa. Próbki do badań posiadają wymiary: 1938 x 876 mm. Badanie rozpoczyna się od najniższej wysokości spadania i podwyższa do wysokości spadania odpowiedniej dla klasy, do której materiał jest zaliczany. Badanie powinno być przeprowadzone dla każdej wysokości, na czterech próbkach o jednakowej budowie i grubości nominalnej.



Sposób pękania szkła warstwowego



Oznaczenie klasy odporności na uderzenie wahadłem

Podczas badania szkła wahadłem z oponami próbka nie powinna pęknąć lub powinna się rozbić zgodnie z jednym ze sposobów opisanych w normie.

W przypadku pęknięcia szyby laminowanej w trakcie badania, sprawdza się, czy przez powstały otwór uda się wepchnąć polipropylenową kulę (połączoną z przenośnym miernikiem siły) o średnicy (76 ± 1) mm, nie używając przy tym siły większej niż 25 N. Jeśli uda się - taką szybę należy uznać za niezgodną z wymaganiami.

Oznaczenie klasy ma postać: $\alpha(\beta)\varphi$ gdzie:

α – najwyższa wysokość spadania w danej klasie, przy której wyrób nie uległ rozbiciu albo został rozbity według wymagań punktu 4a) lub 4b) normy PN-EN 12600

β – sposób pęknięcia

φ - najwyższa wysokość spadania w danej klasie, przy której wyrób nie uległ rozbiciu lub został rozbity, a rozbicie jest zgodnie z wymaganiami a) punktu 4 PN-EN 12600



Klasyfikacja szkła płaskiego budowlanego

Sposób pękania:

- Typ A - liczne spękania występujące w postaci rozdzielonych fragmentów o ostrych obrzeżach, niektóre duże; sposób pękania typowy dla szkła odprężonego,
- Typ B - liczne spękania lecz z odłamkami trzymającymi się razem i nierozdzielonymi; sposób pękania typowy dla szkła warstwowego,
- Typ C - wystąpienie rozpadu obejmującego liczne małe odłamki ; sposób pękania typowy dla szkła hartowanego

Zgodnie z PN-EN ISO 12543-2: 2011 bezpieczne szkło warstwowe powinno posiadać co najmniej klasę 3/B/3 odporności na uderzenie wahadłem.



Badanie sposobu pęknięcia szkła stosowanego w meblach

Badanie udarności szkła wg metodyki PN-EN 12600:2004 używane jest często do określenia bezpieczeństwa stosowania szkła laminowanego oraz hartowanego w meblach. Zgodnie z normą PN-EN 14072: 2006 „Szkło w meblach Metody badań” szkło spełniające wymagania rozdziału 8 PN-EN 12150-1 dotyczące siatki spękań oraz szkło, które wykazuje typ pęknięcia B (charakterystyczny dla szkła warstwowego) lub C (charakterystyczny dla szkła hartowanego) wg PN-EN 12600 nie podlega badaniu udarności przy użyciu młotka udarowego z głowicą o masie $(6,5 \pm 0,07)$ kg zawieszoną przegubowo na rurze $(2 \pm 0,2)$ kg). Wymóg niepęknięcia lub pęknięcia zewnętrznych, pionowych elementów ze szkła (o powierzchni $\geq 0,1$ m², których najmniejszy wymiar jest większy lub równy 200 mm i każdej ich części znajdującej się poniżej 900 mm od podłogi) w sposób typowy dla szkła warstwowego lub hartowanego zawarty został w PN-EN 14749: 2007 „Domowe i kuchenne segmenty do przechowywania oraz blaty Wymagania dotyczące bezpieczeństwa”



Bezpośrednia izolacyjność od dźwięków powietrznych

Zasadniczą charakterystyką szyb warstwowych dźwiękochłonnych jest izolacyjność od dźwięków powietrznych. Wyznacza się ją zgodnie z PN-EN 12758: 2011 „Szkło w budownictwie – Oszklenie i izolacyjność od dźwięków powietrznych – Opisy wyrobu oraz określenie właściwości, w postaci jednoliczbowego ważonego wskaźnika izolacyjności R_w i widmowych wskaźników adaptacyjnych C i C_{tr} , będących korektą. Izolacyjność akustyczną ważoną R_w oblicza się na podstawie zestawienia zmierzonych wartości R (16 wartości dla 16 pasm 1/3 oktawy między 100 Hz a 3150 Hz).

Charakterystykę akustyczną szkła określa się wg EN ISO 717-1; w przypadku braku danych - dla szkła warstwowego z nieplastyczną międzywarstwą należy przyjąć dane akustyczne odpowiadające litemu szkła o tej samej grubości. Jeśli nie ma takiego wyrobu, to odpowiednią grubością będzie następna mniejsza grubość. Widmowe wskaźniki adaptacyjne, rozdzielone średnikiem podaje się w nawiasie, po podstawowym wskaźniku R_w : $R_w(C;C_{tr})$. Np. parametry szyby akustycznej (warstwowej) 6/PVB akust./6/PVB akust. /6 wynoszą: 50 (-2;-6), podczas gdy zwykłego szkła float o grubości 4 mm 29(-2;-3).



Właściwości termiczne – Wartość współczynnika „U”

Współczynnik „U” charakteryzuje przenikanie ciepła przez centralną część oszklenia, bez uwzględnienia efektów brzegowych i określa stosunek gęstości ustalonego przenikania ciepła do różnicy temperatur środowiska z każdej strony oszklenia. Jego wartość wyznacza się zgodnie z PN-EN 673: 2011 „Szkło w budownictwie Określenie współczynnika przenikania ciepła (wartość U) Metoda obliczeniowa”. Obliczenia dokonuje się za pomocą specjalnego programu, w oparciu o znajomość grubości tafli szkła, szerokości ramki dystansowej, gazu i stopnia jego wypełnienia przestrzeni międzyszybowej, emisyjności skorygowanej. Najlepszą izolacyjność cieplną można osiągnąć stosując powłoki niskoemisyjne; przy zastosowaniu powłok o najniższej emisyjności i dwukomorowym zespoleniu można uzyskać współczynnik „U” nawet o wielkości $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$



Właściwości radiometryczne szkieł

Zdolność oszkleń stosowanych w budownictwie do przepuszczania, zatrzymywania i odbijania energii słonecznej oraz do przepuszczania i odbicia światła wyznacza się zgodnie z PN-EN: 2011 „Szkło w budownictwie Określenie świetlnych i słonecznych właściwości oszklenia przy zastosowaniu . Najważniejszymi parametrami szkieł są:

- przepuszczalność światła (część padającego światła przepuszczona przez szkło)
- całkowita przepuszczalność energii promieniowania słonecznego (solar factor) g.

Ilość energii cieplnej przekazywanej do wnętrza budynków przez oszklenie ma istotny wpływ na ich temperaturę; w ciepłych obszarach geograficznych preferowane są szkła o niskich współczynnikach, w chłodniejszych – o wyższej wartości .

Istotnymi parametrami są także: wskaźnik oddawania barw (przepuszczanych), przepuszczalność promieniowania ultrafioletowego



Wyniki badania świetlnych i słonecznych właściwości szkła

Właściwość		Szkło warstwowe 55.2			
		42/1	42/2	42/3	średnia
Współczynnik przepuszczalności światła	τ_v	0,899±0,002	0,899±0,002	0,899±0,002	0,899±0,002
Współczynnik odbicia światła	ρ_v	0,086±0,000	0,087±0,000	0,088±0,000	0,087±0,000
Współczynnik bezpośredniej przepuszczalności promieniowania słonecznego	τ_e	0,809±0,002	0,809±0,002	0,809±0,002	0,809±0,002
Współczynnik odbicia promieniowania słonecznego	ρ_e	0,079±0,000	0,080±0,000	0,080±0,000	0,080±0,000
Współczynnik absorpcji bezpośredniej	a_e	0,112±0,000	0,111±0,000	0,111±0,000	0,111±0,000
Współczynnik wtórnego przekazywania ciepła do wewnątrz	q_i	0,026±0,000	0,026±0,000	0,026±0,000	0,026±0,000
Współczynnik nasłonecznienia	g	0,836±0,002	0,835±0,002	0,835±0,002	0,835±0,002
Przepuszczalność UV	τ_{UV}	0,001±0,000	0,001±0,000	0,001±0,000	0,001±0,000
Współczynnik zaciemnienia	SC	0,96±0,00	0,96±0,00	0,96±0,00	0,96±0,00
Ogólny wskaźnik wyrażania barw	R_a	99±0	99±0	99±0	99±0





Spektrofotometr do badań radiometrycznych



Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych ICiMB

- ✓ Posiada Akredytację nr AB 054
(zakres akredytacji na stronie internetowej PCA i ICiMB)
- ✓ Jest jednostką upoważnioną do ustalania typu wyrobów ze szkła płaskiego w systemie 3 oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych

