

mgr inż. Bartłomiej Sędlak<sup>1)\*</sup>  
dr inż. Paweł Sulik<sup>1)</sup>

# Odporność ogniowa wielkogabarytowych pionowych elementów przeszklonych

## *Fire resistance of large vertical glazed elements*

DOI: 10.15199/33.2015.07.06

**Streszczenie.** W artykule omówiono główne aspekty związane z odpornością ogniową wielkogabarytowych pionowych elementów przeszklonych – wymagania stawiane tego typu elementom zgodnie z przepisami polskiego prawa, metodykę badań oraz sposób klasyfikacji w zakresie odporności ogniowej. Przedstawiono też wnioski płynące z badań odporności ogniowej tego typu elementów prowadzonych na przestrzeni ostatnich lat przez Zakład Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej.

**Słowa kluczowe:** odporność ogniowa, izolacyjność ogniowa, szczelność ogniowa, wielkogabarytowe elementy przeszklone, ściany osłonowe, ściany działowe.

**Abstract.** This paper discusses main problems related to the fire resistance of large vertical glazed elements – requirements in accordance with the provisions of Polish law, test methodology and way of classifications. The article also presents the conclusions from the tests of fire resistance of such elements conducted in the last years by the Fire Research Department of Building Research Institute.

**Keywords:** fire resistance, thermal insulation, integrity, large glazed elements, curtain walls, glazed partitions.

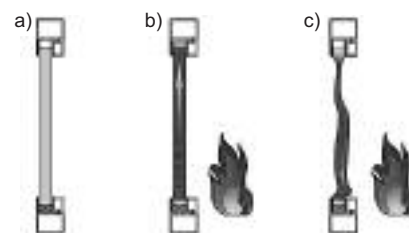
Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego budynków zawarte są w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. [1]. W zależności do klasy odporności pożarowej budynku wymagania w zakresie odporności ogniowej pionowych elementów przeszklonych określone są przez minimalne klasy odporności ogniowej EI i E. **Ściany osłonowe jako zewnętrzne ściany budynku powinny mieć klasę odporności ogniowej od EI 30 (o↔i) do EI 120 (o↔i). Wymagania te w głównej mierze dotyczą obszaru pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem, jednak w przypadku bliskiego sąsiedztwa innego budynku (mniej niż 8 m pomiędzy budynkami ZL) dotyczyć mogą również całości ściany osłonowej. Ściany działowe powinny mieć klasę odporności ogniowej od EI 15 do EI 60.** Oprócz wymagań dotyczących klas odporności ogniowej, pionowym elementom przeszklonym stawiane są również inne wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego. W przypadku ścian osłonowych zostały one

szeroko omówione w artykułach [2 ÷ 7], a w przypadku ścian działowych w artykułach [8 ÷ 10].

### Rozwiązania konstrukcyjne

Ściany działowe i osłonowe o dużej wysokości i określonej klasie odporności ogniowej z reguły wykonywane są jako konstrukcje szkieletowe, w których przestrzenie pomiędzy metalowymi profilami wypełnia się specjalnymi przeszkleniami. **Profile ścian działowych najczęściej mają symetryczny przekrój – złożone są z kształtowników stalowych lub aluminiowych połączonych przekładką termiczną, tworząc wielokomorowe elementy (zazwyczaj 3- lub 5-komorowe).** W przypadku elementów o dużej wysokości, do kształtowników mocowane są dodatkowe profile wzmacniające, zapobiegające nadmiernemu ugięciu elementu pod wpływem oddziaływania wysokiej temperatury. **Szkielet ścian osłonowych najczęściej stanowią stalowe lub aluminiowe profile o przekroju skrzynkowym z umieszczonymi wewnątrz specjalnymi wkładami wzmacniającymi** [11]. Wkłady wzmacniające, podobnie jak w przypadku ścian działowych, zapobiegają nadmiernemu ugięciu, które oprócz nieprawidłowego sposobu zamocowania przeszkleń mogą być najczęstszą przyczyną utraty szczelności

ogniowej wielkogabarytowych elementów. Dodatkowo, w celu zapewnienia odpowiedniej izolacyjności wielkogabarytowych ścian działowych i osłonowych, wewnątrz profili umieszczane są specjalne wkłady, najczęściej wykonane z płyt gipsowo-kartonowych, silikatowo-cementowych lub krzemianowo-wapniowych. Rodzaj wkładu izolacyjnego oraz sposób wypełnienia profilu mają ogromny wpływ na wyniki badań odporności ogniowej przegrody [3, 11, 12 – ściany osłonowe] oraz [13, 14 – ściany działowe]. Jako wypełnienia pomiędzy profilami wielkogabarytowych pionowych przegród przeszklonych stosowane są specjalne szyby ogniochronne (monolityczne lub warstwowe) [8]. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono spo-

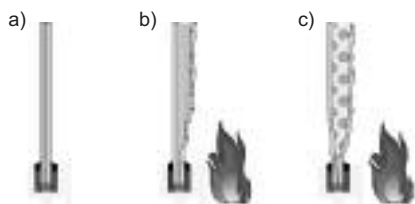


Rys. 1. Zachowanie w warunkach pożaru szyby monolitycznej: a) przed pożarem; b) po 10 min nagrzewania; c) po 30 min nagrzewania [8]

Fig. 1. Behavior of monolithic glazing in fire conditions: a) prior to the fire, b) after 10 min. heating, c) after 30 min. heating [8]

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: b.sedlak@itb.pl



Rys. 2. Zachowanie w warunkach pożaru szyby warstwowej: a) przed pożarem; b) po 10 min nagrzewania, c) po 30 min nagrzewania [6]

Fig. 2. Behavior of layered glazing in fire conditions: a) prior to the fire, b) after 10 min. heating, c) after 30 min. heating [6]

sób zachowania się tego rodzaju szyby w warunkach pożaru. Wysokie ściany działowe oraz osłonowe mają zazwyczaj przeszklenia o dużej powierzchni, dlatego niezwykle istotne jest odpowiednie zamocowanie wypełnień w profilach. W ścianach działowych przeszklenie najczęściej mocuje się w środku grubości profilu przy użyciu specjalnych stalowych kątowników osłoniętych po obwodzie wypełnienia listwami przy-szybowymi. Bardzo ważne jest właściwe zamocowanie kątowników do profilu ściany (najczęściej stalowymi nitami lub wkrętami) oraz odpowiedni rozstaw elementów mocujących szyby. W ścianach osłonowych szyby mocowane są najczęściej przy użyciu metalowych listew dociskowych, przykręcanych do profilu stalowymi śrubami (przez podkładki), a następnie przykrywanych listwą maskującą. Najczęściej w obu przypadkach po obwodzie przeszklenia do profilu przyklejane są uszczelki pęczniące, które pod wpływem temperatury zwiększają objętość, zamykając przestrzeń, przez które mógłby przedostać się ogień. Istnieją też na rynku rozwiązania, w których takich uszczelkach się nie stosuje, a podczas pożaru przestrzeń pomiędzy profilem a wypełnieniem zamykana jest przez pęczniący żel znajdujący się w przeszkleniu.

### Klasyfikacja i badania ogniowe

Pionowe wielkogabarytowe przeszkłone ściany działowe i osłonowe klasyfikowane są w zakresie odporności ogniowej zgodnie z PN-EN 13501-2 [15] na podstawie badania przeprowadzonego wg odpowiedniej normy badawczej. Klasy odporności ogniowej zdefiniowane w normie [15] zestawione zostały w tabelach 1 i 2.

W przypadku ścian osłonowych, dla danej klasy odporności ogniowej dodatkowo podawane jest oznaczenie wskazujące na rodzaj badania, na podstawie którego została nadana klasyfikacja. Gdy elementy przebadano od wewnątrz oraz od zewnątrz, stosuje się oznaczenie  $o \leftrightarrow i$ , a przy nagrzewaniu tylko od zewnątrz  $o \rightarrow i$ , natomiast przy nagrzewaniu tylko od wewnątrz  $i \rightarrow o$ . Rozwiązania najczęściej spotykane na krajowym rynku mają tylko klasę odporności ogniowej E lub EI

Tabela 1. Klasy odporności ogniowej przeszkłonych ścian osłonowych

Table 1. Fire resistance classes of glazed curtain walls

E	15	–	30	60	90	120
EI	15	–	30	60	90	120
EW	–	20	30	60	–	–

Tabela 2. Klasy odporności ogniowej przeszkłonych ścian działowych

Table 2. Fire resistance classes of glazed partitions

E	–	20	30	–	60	90	120	–	–
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI-M	–	–	30	–	60	90	120	180	240
EW	–	20	30	–	60	90	120	–	–

E – szczelność ogniowa; I – izolacyjność ogniowa; W – promieniowanie; M – odporność na oddziaływanie mechaniczne

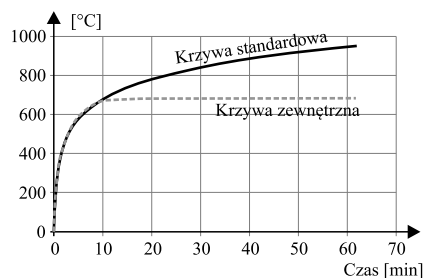
(co związane jest z wymaganiami polskiego prawa). Odporność na uderzenie mechaniczne w przypadku przeszkłonych elementów raczej nie jest możliwa do osiągnięcia, a wymagania dotyczące zachowania odpowiedniego poziomu promieniowania są rzadko stawiane.

**Szczelność ognia** to zdolność pionowej przegrody przeszkłonej do wytrzymania oddziaływania ognia z jednej strony bez przeniesienia go na stronę nienagrzewaną w wyniku przeniknięcia płomieni lub gorących gazów. Oceniana jest na podstawie trzech aspektów: zapalenia tamponu bawełnianego, utrzymywania się płomienia na powierzchni nienagrzewanej, pęknięć lub otworów przekraczających dopuszczalne wymiary. **Izolacyjnością ogniową nazywamy zdolność danego elementu próbnego, będącego oddzielającym elementem konstrukcji budowlanej, poddanego działaniu ognia z jednej strony, do ograniczenia przyrostu temperatury na powierzchni niena-**

**grzewanej powyżej danego poziomu** [16]. Ocenia się ją na podstawie przyrostów temperatury w miejscach określonych przez normę badawczą (termoelementy stałe) oraz w tych, w których podczas badania wystąpi podejrzenie przekroczenia granicznej wartości przyrostu temperatury (termoelement ruchomy). Określenie rzeczywistej klasy odporności ogniowej pionowych przegród przeszkłonych wymaga przeprowadzenia badania elementu próbnego zgodnie z odpowiednią normą badawczą (ściany działowe [17], ściany osłonowe [18]). W normach badawczych dotyczących odporności ogniowej pionowych przegród przeszkłonych, określone zostały minimalne wymiary elementów próbnych. Wynoszą 3000 x 3000 mm w świetle otworu pieca badawczego i wynikają z wymiarów pieców w większości laboratoriów badawczych w Europie. Jednak spełniając odpowiednie wymagania, badania pozwalają na ocenę odporności ogniowej elementów o większych wymiarach. W przypadku ścian działowych dopuszcza się zwiększenie szerokości (bez ograniczeń), gdy zbadany element ma jedną pionową krawędź swobodną (bez zamocowania) oraz zwiększenie wysokości o 20% pod warunkiem, że dane kryteria odporności ogniowej nie zostały osiągnięte w czasie wykraczającym poza określony czas klasyfikacyjny o odpowiednią wartość. Można też (bez ograniczeń) zwiększyć szerokość ścian osłonowych w sytuacji analogicznej jak to miało miejsce w przypadku ścian działowych, natomiast zwiększenie wysokości o 50% dopuszczalne jest pod warunkiem, że dane kryteria odporności ogniowej nie zostały osiągnięte w czasie wykraczającym poza określony czas klasyfikacyjny o odpowiednią wartość oraz maksymalne przemieszczenie elementu próbnego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny pieca nie przekraczało 50 mm. Nawet przedstawione możliwe zwiększenie szerokości i wysokości badanego elementu dosyć często nie obejmuje wymiarów przegród zainstalowanych lub planowanych do zainstalowania w obiektach. W związku z tym konieczne jest badanie wielkogabarytowych elementów (o wymiarach często znacznie

większych niż określono to w normach badawczych). Elementy próbne wielkogabarytowych pionowych przegród przeszklonych powinny być w pełni reprezentatywne dla konstrukcji zastosowanej w praktyce albo wykonane w sposób zapewniający najszerszy możliwy zakres zastosowania wyników badania.

W trakcie badania ogniowego warunki pożaru odwzorowywane są przez nagrzewanie elementu próbnego zgodnie z odpowiednią krzywą nagrzewania. Ściany działowe badane są wg krzywej standardowej, która przyjmowana jest jako właściwa dla w pełni rozwiniętego pożaru wewnątrz budynku. W przypadku ścian osłonowych, które narażone być mogą na pożar wewnątrz i na zewnątrz budynku, należy sprawdzić ich właściwości ogniowe zarówno w przypadku nagrzewania od wewnątrz (temperatura podczas badania powinna być zgodna z krzywą standardową), jak i w przypadku nagrzewania od zewnątrz (temperatura w czasie badania powinna być zgodna z krzywą zewnętrzną, aczkolwiek dopuszczalne jest również badanie elementu próbnego przeszklonej ściany osłonowej od zewnątrz wg krzywej standardowej). Krzywe nagrzewania przedstawione zostały na rysunku 3.



Rys. 3. Krzywe nagrzewania  
Fig. 3 Temperature/time heating curves

Podczas badania sprawdza się:

- szczelność ogniową, przy użyciu tamponu bawełnianego, szczelinomierzy o odpowiednich wymiarach oraz wizualnie (pojawienie się ognia ciągłego);
- izolacyjność ogniową przy użyciu termoelementów zamocowanych do nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego oraz termoelementu ruchomego.

Koniec badania następuje w momencie osiągnięcia kryteriów odporności ogniowej lub gdy życzy sobie tego zleceniodawca badania. Nastąpić mo-

że również wtedy, gdy dalsze jego prowadzenie stanowi zagrożenie dla personelu lub może spowodować uszkodzenie sprzętu badawczego.

W praktyce wielkogabarytowe przegrody przeszklone dosyć często wyposażone są w drzwi, którym również stawiane są wymagania dotyczące odporności ogniowej, a w określonych przypadkach również dymoszczelności. Badanie elementów tego typu jest jednak przeprowadzane w zupełnie inny sposób – wówczas elementem próbnym są drzwi, a przeszklona ściana działowa stanowi jedynie stowarzyszoną lub uzupełniającą konstrukcję mocującą.

### Podsumowanie

Jedynym sposobem na określenie rzeczywistej klasy odporności ogniowej wielkogabarytywnej pionowej przegrody przeszklonej jest przeprowadzenie badania zgodnie z odpowiednią normą badawczą. Odporność ogniowa tego typu elementów zależy od wielu czynników związanych z rodzajem zastosowanych materiałów składowych i konstrukcją. Istotne jest dobranie odpowiednich profili szkieletu oraz właściwe ich usztywnienie, zapobiegające nadmiernej deformacji pod wpływem oddziaływania wysokiej temperatury. Należy również pamiętać o odpowiednim zaizolowaniu profili. Ogromne znaczenie ma też rodzaj zastosowanego przeszklenia, jego wymiary i sposób zamocowania. Należy podkreślić, że nadmierne ugięcie elementu sprawia, że profile rygli wyczepiają się ze słupów, szyby pękają po zewnętrznej stronie, przez co tworzą się przestrzenie, przez które ogień przedostaje się na nienagrzewaną stronę badanych elementów. Także w przypadku nieprawidłowego zamocowania przeszklenia szyby mogą wysunąć się z elementów mocujących, tworząc szczeliny, przez które ogień przedostaje się na stronę nienagrzewaną.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z 15 czerwca 2002 r., poz. 690).
- [2] Kinowski J.: Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych ścian osłonowych (kurtynowych). „Świat Szkła”, nr 5/2015 (196), 8 – 14.

[3] Kinowski J., Sędlak B., Sulik P.: Izolacyjność ogniowa aluminiowo-szklanych ścian osłonowych w zależności od sposobu wypełnienia profili szkieletu konstrukcyjnego. „Izolacje”, 2/2015, 48 – 53.

[4] Kinowski J., Sulik P.: Bezpieczeństwo użytkowania elewacji. „Materiały Budowlane”, nr 9/2014, 38 – 39.

[5] Laskowska Z., Kosiorek M.: Bezpieczeństwo pożarowe ścian kurtynowych. „Świat Szkła”, nr 2/2007 (105), 23 – 27.

[6] Sulik P., Sędlak B., Kinowski J.: Bezpieczeństwo pożarowe ścian zewnętrznych (Cz. 1) – Elewacje szklane: wymagania, badania, przykłady. „Ochrona Przeciwożarowa”, nr 4/2014, 10 – 16.

[7] Sulik P., Sędlak B., Kinowski J.: Bezpieczeństwo pożarowe ścian zewnętrznych (Cz. 2) – Mocowanie okładzin elewacyjnych. „Ochrona Przeciwożarowa”, nr 1/2015, 9 – 12.

[8] Laskowska Z., Kosiorek M.: Bezpieczeństwo pożarowe ścian działowych przeszklonych: badania i rozwiązania. „Świat Szkła”, nr 5/2007 (108), 46 – 54.

[9] Sędlak B.: Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych ścian działowych. „Świat Szkła”, 5/2015 (196), 34 – 40.

[10] Sędlak B.: Bezsprosose szklane ściany działowe o określonej klasie odporności ogniowej. „Świat Szkła”, (nr 11/2014), 24, 26, 28, 30.

[11] Sędlak B., Kinowski J.: Badania odporności ogniowej ścian osłonowych – przyrosty temperatury na szybach. „Świat Szkła”, (nr 11/2013), 20 – 25.

[12] Sędlak B., Kinowski J., Borowy A. (2013): Fire resistance tests of large glazed aluminium curtain wall test specimens—results comparison. „MATEC Web of Conferences”, Vol. 9, p. 02009, EDP Sciences, DOI: 10.1051/mateconf/20130902009.

[13] Sędlak B.: Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych. „Świat Szkła”, nr 2/2014, 30 – 33.

[14] Sędlak B.: Systemy przegród aluminiowo-szklanych o określonej klasie odporności ogniowej. „Świat Szkła”, nr 10/2013, 30 – 33, 41.

[15] PN-EN 13501-2+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnych.

[16] Izydorczyk D., Sędlak B., Sulik P.: Problematyka prawidłowego odbioru wybranych oddzieleni przeciwpożarowych. „Materiały Budowlane”, nr 11/2014, 62 – 64.

[17] PN-EN 1364-1:2001 Badanie odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 1: Ściany.

[18] PN-EN 1364-3:2014 Badanie odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 3: Ściany osłonowe pełna konfiguracja (kompletny zestaw).

Przyjęto do druku: 17.06.2015 r.