

mgr inż. Bogdan Wróblewski*
dr inż. Andrzej Kolbrecki*

Wymagania i metody badań ogniowych płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną

Recommendations and fire testing methods of sandwich panels with insulation core and metal facings with one perforated facing

Streszczenie. W artykule podano aktualne wymagania wg przepisów technicznych oraz metody badań reakcji na ogień i odporności ogniowej ścian nienośnych osłonowych i działowych, dachów i sufitów podwieszonych z płyt warstwowych z rdzeniem z wełny mineralnej w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną.

Słowa kluczowe: płyty warstwowe, okładzina perforowana, reakcja na ogień, odporność ogniowa, badania.

Abstract. Current recommendations according to technical rules and fire testing methods including reaction to fire and fire resistance of nonloadbearing walls, roofs and suspended ceilings made of sandwich panels with insulation core and metal coverings with one perforated facing are given in the paper.

Keywords: sandwich panels, perforated facing, reaction to fire, fire resistance, tests.

Od kilku lat produkowane są w Europie płyty warstwowe ściennie, dachowe i sufitowe z rdzeniem z wełny mineralnej z okładzinami z ocynkowanej blachy stalowej z jedną okładziną perforowaną, która ma otwory okrągłe o średnicy najczęściej 5 mm, równomiernie rozłożone na całej powierzchni lub pasami w odległości 8 mm od środka otworów. Perforacja stanowi 30 – 35% całej powierzchni okładziny i jest wykonana w celu poprawienia parametrów akustycznych ścian działowych, ścian zewnętrznych nienośnych, dachów oraz sufitów podwieszonych z płyt warstwowych. Płyty warstwowe z perforacją z jednej strony są montowane takimi samymi łącznikami oraz z takimi samymi obróbkami blacharskimi jak płyty z okładzinami pełnymi. Okładziny z perforacją zazwyczaj mają grubość 0,50 i 0,60 mm.

Wymagania dotyczące elementów budynku z płyt warstwowych

Z płyt warstwowych wykonywane są ściany nienośne, dachy i sufity podwieszane, rzadziej okładziny ścian istniejących. Poziom wymagań uzależniony jest od sposobu i miejsca zastosowania.

Wymagania w zakresie reakcji na ogień dotyczą ścian wewnętrznych, ścian zewnętrznych od strony wewnętrznej, sufitów podwieszonych i przekrycia dachu od strony wewnętrznej. Zawarte są w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [1] i podane na trzy sposoby:

1) w odniesieniu do określeń dotyczących palności (niepalności i stopnia palności): niepalny; niezapalny; trudno zapalny. Wymagania odnoszące się do płyt warstwowych:

– niepalność w § 216 ust. 3; 232 ust. 1, 3; 235 ust. 2, 3; 243 ust. 3; 249 ust. 3; 262 ust. 1, 2; 283;

– niezapalność w § 259 ust. 1; 262 ust. 1; – trudnozapalność w § 221 ust. 1; 261 pkt 1; 287 pkt 3; 288 pkt 2;

2) w odniesieniu do stopnia rozprzestrzeniania ognia w § 216 ust. 2 [1];

3) w odniesieniu do klasy reakcji na ogień w § 216 ust. 3 i 4 [1].

W przypadku wyrobów i elementów budynku znajdujących się wewnątrz budynku, stosowanym w rozporządzeniu określeniom dotyczącym palności i rozprzestrzeniania ognia odpowiadają klasy reakcji na ogień [3]. Relacje między klasami reakcji na ogień a rozprzestrzenieniem ognia (dotyczy ścian działowych i wewnętrznej strony ścian zewnętrznych) podano w Załączniku 3 do rozporządzenia [1].

Wymaganie w zakresie rozprzestrzeniania ognia po ścianach dotyczy ścian

zewnętrznych od strony zewnętrznej i podane jest w § 216 ust. 2 – 4 [1].

Wymaganie w zakresie rozprzestrzeniania ognia po dachach dotyczy przekrycia dachu od strony zewnętrznej i podane jest w § 216 ust. 2 i 219 ust. 1 [1]. Stosowanym w rozporządzeniu określeniom dotyczącym rozprzestrzeniania ognia odpowiadają klasy odporności dachu na ogień zewnętrzny. Relacje między klasami odporności dachu na ogień zewnętrzny a rozprzestrzenieniem ognia podano w Załączniku 3 do rozporządzenia [1].

Wymaganie w zakresie odporności ogniowej. Zgodnie z warunkami technicznymi [1]:

– **ściany nienośne zewnętrzne**, odpowiednio do pełnionej funkcji i miejsca zastosowania, powinny spełniać kryteria szczelności ogniowej (E) i izolacyjności ogniowej (I) przy działaniu ognia od strony pomieszczenia (strona perforowana) i od zewnątrz budynku;

– **ściany nienośne działowe**, odpowiednio do pełnionej funkcji i miejsca zastosowania, powinny spełniać kryteria szczelności ogniowej (E) i izolacyjności ogniowej (I) przy działaniu ognia od strony perforowanej i od strony okładziny pełnej;

– **dachy**, odpowiednio do pełnionej funkcji i miejsca zastosowania, powinny spełniać kryteria nośności ogniowej (R) i szczelności ogniowej (E) przy działaniu ognia od spodu dachu (strona perforowana);

* Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych

– **sufity podwieszane**, odpowiednio do pełnionej funkcji i miejsca zastosowania, powinny spełniać kryteria szczelności ogniowej (E) i izolacyjności ogniowej (I) przy działaniu ognia: od spodu sufitu podwieszanego (strona perforowana) oraz **od góry**.

Metody badań ogniowych elementów wykonanych z płyt warstwowych

Reakcję na ogień ścian wewnętrznych i zewnętrznych od strony wewnętrznej, sufitów podwieszonych i przekryć dachu od strony wewnętrznej bada się wg norm: PN-EN ISO 1182 [8]; PN-EN ISO 1716 [9], łącznie z określeniem rodzaju i ilości kleju wg C.4 [2]; PN-EN ISO 11925-2 [10], łącznie z ustaleniami C.1 [2]; PN-EN 13823 [11], łącznie z ustaleniami C.1 [2].

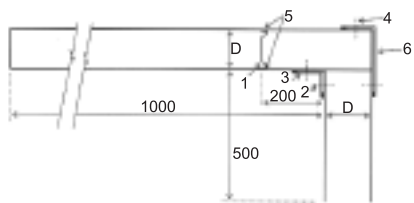
Sposób przygotowania próbek do badania wg PN-EN 13823 jest zgodny z PN-EN 14509 [2]. Wymiary próbek (rysunek 1) do badań wg PN-EN 13823 (podstawowa norma do badań reakcji na ogień wyrobów klas A2, B, C i D):

- krótkie skrzydło – wymiar płyty warstwowej: $(495 \pm 5) \text{ mm} \times 1,5 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$;

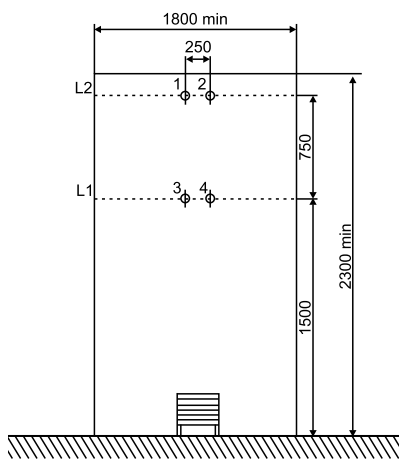
- długie skrzydło – wymiary płyty warstwowej: $-(200 + D \pm 5) \text{ mm} \times 1,5 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$ oraz $-(795 \pm 5) \text{ mm} \times 1,5 \text{ m} \pm 5 \text{ mm}$ oraz $(a + b) \times (1\,000 + D)^{+0}_{-5} \text{ mm}$ gdzie: D – grubość płyty warstwowej.

Norma PN-EN 14509 nie odnosi się do płyt warstwowych z jedną okładziną perforowaną, ale podane w niej wymagania dotyczące badań reakcji na ogień i odporności dachu na ogień zewnętrzny mogą być wykorzystane również w przypadku takich płyt.

Rozprzestrzenianie ognia po ścianach zewnętrznych przy oddziaływaniu ognia od strony zewnętrznej bada się wg PN-B-02867 [6]. Schemat próbki badawczej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Schemat próbki do badań wg PN-EN 13823: D – grubość płyty warstwowej; 1 – złącze płyty warstwowej ze stosowanymi fabrycznie uszczelnieniami; 2 – wkręty lub nity lotnicze kołpakowe z otworkiem, zamykane trzpieniem, co 400 mm; 3 – wewnętrzna obróbka narożna; 4 – wkręty lub nity lotnicze kołpakowe z otworkiem, zamykane trzpieniem, co 400 mm; 5 – wkręty lub nity lotnicze kołpakowe z otworkiem, zamykane trzpieniem, lub płytka mocująca; 6 – zewnętrzna obróbka narożna



Rys. 2 Schemat próbki badawczej wg normy PN-B-02867 [6]

Rozprzestrzenianie ognia po dachach przy działaniu ognia od zewnątrz bada się wg normy PN-ENV 1187 [7]. Wprowadza ona cztery odrębne metody badań bazujące na metodach: niemieckiej; skandynawskiej; francuskiej i brytyjskiej, odpowiednio oznaczonych symbolami: t_1 , t_2 , t_3 , t_4 . W Polsce jako metodę badawczą określania klasyfikacji przekryć dachowych w zakresie rozprzestrzeniania ognia przyjmuje się test 1 wg PN-ENV 1187, w którym stosuje się oddziaływanie ogniowe w postaci płonącej żagwi.

Badania odporności ogniowej ścian nieośnionych zewnętrznych należy wykonać zgodnie z PN-EN 1364-1:2012 [12] oraz PN-EN 1363-1:2012 [13]. Nagrzewanie od strony perforowanej (od strony pomieszczenia) należy prowadzić zgodnie z krzywą standardową temperatura – czas wg wzoru (1)

$$T = 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1) + 20 \quad (1)$$

Przy działaniu ognia od strony zewnętrznej budynku nagrzewanie odbywa się wg tzw. krzywej zewnętrznej zgodnie z wzorem (2):

$$T = 660 \cdot [1 - 0,687 \cdot e^{-0,32t} - 0,313 \cdot e^{-3,8t}] + 20 \quad (2)$$

Badania odporności ogniowej **ścian nieośnionych działowych** należy wykonać zgodnie z PN-EN 1364-1:2012 [12] oraz PN-EN 1363-1:2012 [13]. Nagrzewanie od strony perforowanej i od strony pełnej okładziny należy prowadzić zgodnie z krzywą standardową temperatura – czas wg wzoru (1).

Badania odporności ogniowej **dachów** wykonuje się zgodnie z PN-EN 1365-2:2002 [14] oraz PN-EN 1363-1:2012 [13]. Nagrzewanie od strony perforowanej (od spodu) należy prowadzić zgodnie z krzywą standardową temperatura – czas.

Badania odporności ogniowej **sufitów podwieszonych** należy wykonać zgodnie z PN-EN 1364-2:2002 [15] oraz PN-EN 1363-1:2012 [13]. Nagrzewanie od strony perforowanej (od spodu lub/i od góry sufitu) należy prowadzić zgodnie z krzywą standardową temperatura – czas.

Klasyfikacja

Klasyfikacji reakcji na ogień dokonuje się wg PN-EN 13501-1 [3]. W przypadku wyrobów i elementów budynku znajdujących się wewnątrz budynku, stosowanym w rozporządzeniu określeniom dotyczącym palności i rozprzestrzeniania ognia odpowiadają klasy reakcji na ogień a rozprzestrzenianiem ognia (dotyczy ścian działowych i wewnętrznej strony ścian zewnętrznych) podano w Załączniku 3 do rozporządzenia [1].

Klasyfikacji rozprzestrzeniania ognia przez ściany od strony zewnętrznej dokonuje się wg normy PN-B-02867 [6], a **po dachach** wg normy PN-EN 13501-5 [4, 5]. Na użytek krajowy kryteria oceny dachów wg PN-EN 13501-5 i testu 1 dzieli się na dwie grupy:

a) **powierzchniowe rozprzestrzenianie ognia:**

- zasięg zniszczenia (na zewnątrz i wewnątrz dachu) w górę dachu $< 0,700 \text{ m}$;
- zasięg zniszczenia (na zewnątrz i wewnątrz dachu) w dół dachu $< 0,600 \text{ m}$;
- maksymalny zasięg zniszczenia na skutek spalania (na zewnątrz i wewnątrz dachu) $< 0,800 \text{ m}$;
- brak palących się materiałów (kropli/odpadów stałych) spadających od strony eksponowanej;
- boczny zasięg ognia nie osiąga krawędzi mierzonyj strefy (pasa);
- maksymalny zasięg – promień zniszczenia na dachach płaskich (na zewnątrz i wewnątrz dachu) $< 0,200 \text{ m}$;

b) **penetracja ognia do wnętrza budynku:**

- brak palących/żarzących się cząstek penetrujących konstrukcję dachu;
- brak pojedynczych dziur o powierzchni $> 25 \text{ mm}^2$;
- suma powierzchni wszystkich dziur $< 4500 \text{ mm}^2$;
- brak wewnętrznego spalania w postaci żarzenia.

W przypadku przekryć dachowych, stosowanym w rozporządzeniu określeniom dotyczącym rozprzestrzeniania ognia odpowiadają klasy odporności dachu na ogień zewnętrzny. Relacje między klasami odporności dachu na ogień zewnętrzny

a rozprzestrzenianiem ognia podano w Załączniku 3 do rozporządzenia [1].

Klasyfikację odporności ogniowej ścian nienośnych, dachów i sufitów podwieszonych z płyt warstwowych z jedną okładziną perforowaną należy, podobnie jak w przypadku elementów z płyt warstwowych z okładzinami pełnymi, przeprowadzać zgodnie z PN-EN 13501-2+A1:2010 [16].

Podsumowanie

Wymagania i metody badań ogniowych płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną są podobne jak w przypadku płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym w pełnych okładzinach metalowych. Wyniki badań reakcji na ogień oraz odporności ogniowej elementów budowlanych z płyt warstwowych z jedną okładziną perforowaną oraz z płyt warstwowych z okładzinami pełnymi mogą się różnić i dlatego niezbędne są badania. Płyty warstwowe ścienne, dachowe i sufitowe z rdzeniem z wełny mineralnej z okładzinami z blachy

stalowej ocynkowanej z jedną okładziną perforowaną mają zastosowanie głównie w celu poprawienia parametrów akustycznych.

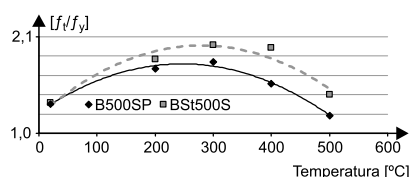
Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 15 czerwca 2002 r., nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
 [2] PN-EN 14509: 2007 Samonośne płyty warstwowe z rdzeniem z materiału termoizolacyjnego w obustronnej okładzinie z blachy – Wyroby produkowane fabrycznie – Właściwości.
 [3] PN-EN 13501-1+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.
 [4] PN-EN 13501-5+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 5: Klasyfikacja na podstawie wyników badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy.
 [5] Decyzja Komisji Europejskiej 2006/600/WE.
 [6] PN-90/B-02867 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany.
 [7] PN-ENV 1187: 2004/A1:2007 Metody badań oddziaływania ognia zewnętrznego na dachy.

[8] PN-EN ISO 1182:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów – Badania niepalności.
 [9] PN-EN ISO 1716:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów – Badania ciepła spalania (wartości kalorycznej).
 [10] PN-EN ISO 11925-2:2010 Badania reakcji na ogień. Zapalność wyrobów poddanych bezpośredniemu działaniu płomienia. Część 2. Badania przy działaniu pojedynczego płomienia.
 [11] PN-EN 13823 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Wyroby budowlane, z wyłączeniem podłogowych, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu.
 [12] PN-EN 1364-1:2012: Badania odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 1: Ściany.
 [13] PN-EN 1363-1: 2012: Badania odporności ogniowej – Część 1: Wymagania ogólne.
 [14] PN-EN 1364-2:2012: Badania odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 2: Sufity.
 [15] PN-EN 1365-2: 2002: Badania odporności ogniowej elementów nośnych – Część 2: Stropy i dachy.
 [16] PN-EN 13501-2+A1: 2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 2: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.

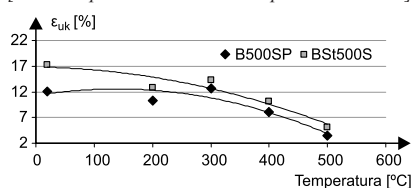
Wpływ prędkości nagrzewania i poziomu naprężeń...

(dokończenie ze str. 41)



Rys. 8. Wpływ temperatury badania na stosunek f_y/f_u .

[Źródło: opracowanie własne na podstawie badań]



Rys. 9. Wpływ temperatury badania na odkształcenie przy maksymalnej sile

[Źródło: opracowanie własne na podstawie badań]

styczności, współczynnik sprężystości podłużnej i f_y/f_u oraz odkształcenie przy maksymalnej sile.

Podsumowanie i wnioski

Temperatura oraz jej rozkład w czasie to podstawowe czynniki wpływające na wszystkie analizowane parametry wytrzymałościowe badanych stali. Prowadzone analizy mają charakter badań podstawowych zmierzających do udoskonalenia współczesnych metod analizy wytrzymałościowej elementów konstrukcji stalowych i żelbeto-

wych w stanie awaryjnym (np. w warunkach pożaru). Wyniki przeprowadzonych badań mają również znaczenie aplikacyjne ze względu na możliwość ich uwzględnienia w obliczeniach konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe. PN-EN 1993-1-2 [11] wprowadziła obliczeniową wartość temperatury krytycznej w przypadku rozciąganych elementów stalowych zależną wyłącznie od współczynnika wykorzystania przekroju μ_0 . Przedstawione porównanie badanych parametrów przy stałym obciążeniu oraz przy różnym rozkładzie temperatury w czasie pokazuje wpływ prędkości wzrostu temperatury na mierzone odkształcenia i temperaturę krytyczną. Wzrostowi prędkości nagrzewania towarzyszy wzrost temperatury krytycznej (rysunki 1 i 2). Ponadto im prędkość wzrostu temperatury jest większa, tym odkształcenia próbki w danej temperaturze są mniejsze. Zjawisko to jest efektem większego udziału odkształceń pełzania w ogólnym bilansie odkształceń przy wolnym nagrzewaniu (5 °C/min) niż w przypadku szybkiego nagrzewania (50 °C/min). Mniej czuła na zmianę prędkości nagrzewania w zakresie odkształceń jest stal umacniana cieplnie BSt500S (rysunki 3 i 4).

dr inż. Renata Kamocka-Bronisz
dr inż. Paweł Ogrodnik

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków tech-

nicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2004. 109. 1156).
 [2] Bednarek Z., Kamocka-Bronisz R., Ogrodnik P., Bronisz S.: Analiza wpływu temperatury pożarowej na parametry wytrzymałościowe stali B500SP, Zeszyty Naukowe SGSP nr 42, 2011, s. 75.
 [3] Bednarek Z., Kamocka-Bronisz R., Ogrodnik P., Bronisz S.: Wpływ warunków termicznych pożaru na parametry wytrzymałościowe stali konstrukcyjnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, zeszyt 59 nr 3/2012/II, s. 9
 [4] Hager I., Kańka S., Maślak M.: „Wpływ działania wysokiej temperatury i warunków schładzania na właściwości mechaniczne stali zbrojeniowej BSt500S” – VII Międzynarodowa Konferencja Bezpieczeństwo Pożarowe Obiektów Budowlanych, Warszawa 2012.
 [5] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1- 1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
 [6] PN-ISO 6935-2:1998 Stal do zbrojenia betonu. Pręty żebrowane.
 [7] PN-H-93220: 2006 Stal B500SP o podwyższonej ciągliwości do zbrojenia betonu – Pręty i walcówka żebrowana.
 [8] PN-EN 10080:2007 Stal do zbrojenia betonu Spajalna stal zbrojeniowa. Postanowienia ogólne.
 [9] PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
 [10] PN-EN ISO 6892-2:2011 Metale. Próba rozciągania. Część 2: Metoda badania w podwyższonej temperaturze.
 [11] PN-EN 1993-1-2:2007. Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.