

Odporność ogniowa konstrukcji słupowych zabezpieczonych okładzinami z gipsu syntetycznego

dr inż. Tomasz Kania, Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Wyroby gipsowe charakteryzują się wysoką odpornością ogniową, dzięki czemu stanowią skuteczną barierę przeciw rozprzestrzenianiu się ognia i chronią ludzi przed pożarem. Słowo gips pochodzi od greckiego wyrażenia gypsos (prażyć, gotować) [1]. Pierwsze ślady zastosowania materiałów gipsowych w celu obniżenia palności i zwiększenia odporności ogniowej konstrukcji budynku można znaleźć w zapisach z czasów starożytnych. Podczas wypalania ognisk na posadzkach z kamienia gipsowego zauważono, że pod wpływem działania temperatury przechodzi on w formę bezwodną i jest to proces odwracalny [2]. W miejscowości Ain Ghazal na terenie dzisiejszej Jordanii już 9500 lat temu mieszano gips z niewypalonym, pokruszonym kamieniem wapiennym do przygotowania zaprawy, która była na dużą skalę wykorzystywana do pokrywania ścian, podłóg oraz palenisk w ówczesnych domach [3].

We współczesnych budynkach często konieczna jest dodatkowa obudowa elementów słupowych w celu spełnienia stawianych w tym zakresie wymagań przeciwpożarowych. Zastosowanie w tym celu materiałów wykonanych z gipsu syntetycznego pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa konstrukcji w warunkach działania ognia. Gips syntetyczny jest produktem ubocznym powstającym w procesie odsiarczania spalin z paliw kopalnych. Zastosowanie materiałów budowlanych pozyskanych w procesie odsiarczania spalin przyczynia się do realizacji idei budownictwa ekologicznego i zrównoważonego rozwoju przede wszystkim przez obniżenie emisji substancji szkodliwych do atmosfery, wykorzystanie odpadów przemysłowych do produkcji materiałów budowlanych oraz obniżenie zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej w procesie użytkowania budynków [4].

2. Klasyfikacja elementów i konstrukcji budowlanych w zakresie odporności ogniowej

Odporność ogniowa elementu budynku polega na spełnieniu określonych wymagań w znormalizowanych warunkach fizycznych odwzorowujących przebieg pożaru. Miarą tej właściwości jest czas, jaki upływa od początku badania do chwili osiągnięcia przez badany element jednego z trzech stanów granicznych [5]:

- nośności ogniowej,
- izolacyjności ogniowej,
- szczelności ogniowej.

Elementy budynku, które nie pełnią funkcji nośnej, klasyfikuje się pod względem szczelności oraz izolacyjności ogniowej. Szczelność ogniowa zależy od konstrukcji przegrody oraz materiałów użytych do jej wykonania. W celu podwyższenia szczelności ogniowej wyrobów gipsowych można zastosować włókno szklane, które po dodaniu do zaczynu gipsowego zwiększa wytrzymałość gipsu na rozciąganie. Jest ono używane między innymi do produkcji płyt gipsowo-kartonowych o podwyższonej odporności ogniowej.

Izolacyjność ogniowa ma szczególne znaczenie w przypadku zastosowania gipsu w okładzinach ogniochronnych elementów konstrukcyjnych. Odporność ogniowa w tym zakresie zależy głównie od procentowej zawartości siarczanu wapnia w spoiwie, jego gęstości oraz grubości elementu.

3. Badanie izolacyjności ogniowej okładzin gipsowych

W celu określenia izolacyjności ogniowej obudowy gipsowej przeprowadzono badania ściany wykonanej z gipsu syntetycznego, o wymiarach 3000x3000 mm z prefabrykatów gipsowych o grubości 80 mm oraz gęstości 900 kg/m³. Nagrzewanie odbywało się zgodnie z normą [6] z jednej strony ściany, według standardowej krzywej logarytmicznej opisanej wzorem:

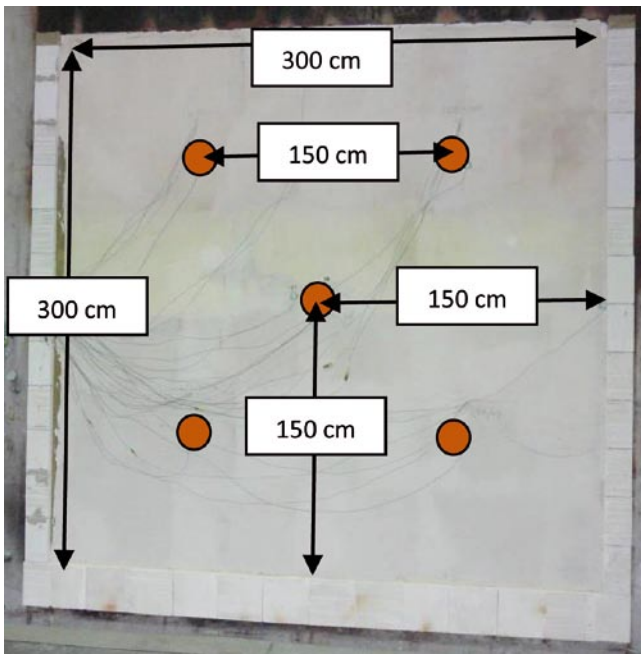
$$T = 345 \log(8t + 1) + 20$$

W powyższym wzorze T oznacza temperaturę nagrzewania [°C], a t – czas liczony od początku nagrzewania [min].

W prowadzonych badaniach wartość początkowa temperatury wynosiła 20°C, a wartość końcowa 1183°C.

Wymiary badanej przegrody zamocowanej w ramie badawczej pieca ogniowego oraz miejsca mocowania termopar pomiarowych przedstawiono na rysunku 1.

Termopary rozmieszczono w pięciu punktach przegrody, w odległości 750 mm od krawędzi oraz w punkcie centralnym. Pomiarów temperatury działania ognia wykonano za pomocą termopar rozmieszczonych po stronie nagrzewanej przegrody, w odległości 100 mm od jej powierzchni. Pomiarów temperatury w przekroju poprzecznym wykonano za pomocą czujników zamontowanych wewnątrz przegrody



Rys. 1. Wymiary badanej przegrody i rozmieszczenie termopar względem jej powierzchni

na głębokości 20 i 40 mm. Wyniki pomiarów temperatury wykonywanych w 20-minutowych odstępach czasu w przekroju badanej ściany gipsowej przedstawiono w tabeli 1. Badanie zakończono po upływie 180 minut.

Zależność pomiędzy wzrostem temperatury i czasem w badanych punktach w przekroju ściany poddanej działaniu ognia na przedstawiono rysunku 2.

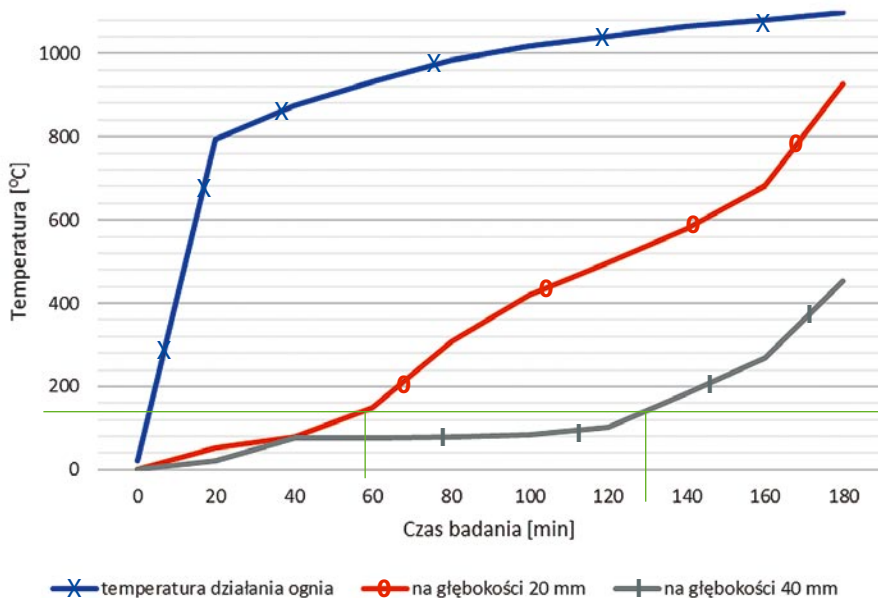
Zgodnie z normą [5] kryterium izolacyjności ogniowej *I* jest definiowane jako spełnianie funkcji ograniczającej wzrost temperatury po nieogrzewanej stronie badanej konstrukcji. W czasie, w którym spełnione są następujące warunki:

- średni wzrost temperatury nie może przekroczyć 140°C,
- mierzony punktowo maksymalny wzrost temperatury nie może przekroczyć 180°C.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można przyjąć, że warstwa gipsu syntetycznego o grubości 20 mm izoluje ogniowo powierzchnię nienagrzewaną przez 58 minut. Warstwa gipsowa o grubości 40 mm zapewnia spełnienie kryterium izolacyjności ogniowej przez czas 128 minut. W czasie trwania procesu dehydratacji

Tabela 1. Wyniki pomiaru temperatury w przekroju badanej ściany gipsowej

Czas [min.]	Temperatura [°C]		
	strona nagrzewana	20 mm w głąb od strony nagrzewanej	40 mm w głąb od strony nagrzewanej
0	41	20	20
20	817	74	43
40	894	99	95
60	953	171	96
80	1002	325	97
100	1039	441	104
120	1062	517	121
140	1088	598	201
160	1102	702	288
180	1118	948	472



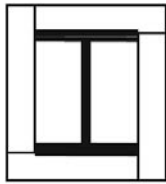
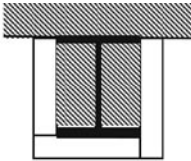
Rys. 2. Zależność pomiędzy wzrostem temperatury w czasie działania ognia w badanych punktach na głębokości ściany od strony powierzchni nagrzewanej

temperatura kamienia gipsowego przylegającego do warstwy poddanej działaniu ognia nie przekracza 100°C. Jest ona znacznie niższa od temperatury zapłonu wyrobów stosowanych w budownictwie oraz temperatury powodującej utratę stateczności większości elementów konstrukcyjnych. Wydłużenie czasu spełnienia kryterium izolacyjności ogniowej wraz ze zwiększeniem grubości przegrody nie ma charakteru liniowego. Wynika to z dalszych, endoergicznych przemian chemicznych siarczanu wapnia zachodzących w przekroju ściany, którego wzrost przekroczył 140°C.

4. Odporność ogniowa słupów konstrukcyjnych

Zabezpieczenie słupów konstrukcyjnych przed pożarem ma szczególne znaczenie w przypadku budynków o konstrukcji stalowej. Odporność ogniowa niezabezpieczonych słupów stalowych rzadko przekracza 15 minut. Wiąże się to z szybkim wzrostem temperatury stali w warunkach pożarowych i związanym z tym spadkiem jej wytrzymałości i sprężystości oraz obniżeniem granicy plastyczności. Wzrost temperatury przekroju stalowego jest wprost proporcjonalny do współczynnika U/A [m^{-1}], gdzie U oznacza obwód przekroju poprzecznego słupa, natomiast A – pole jego przekroju. Wyższa wartość wskaźnika U/A oznacza szybsze nagrzewanie się, co powoduje konieczność zastosowania bardziej skutecznej obudowy. Jak wynika z badań zaprezentowanych w rozdziale 3 izolacyjność ogniowa okładzin gipsowych pozwala uzyskać doskonałe zabezpieczenie tego typu konstrukcji w warunkach pożaru. Konstrukcje prętowe nie pełnią zwykle funkcji oddzielającej, w związku z czym powinny spełniać jedynie kryterium nośności ogniowej R . W celu ich właściwej klasyfikacji w zakresie nośności z reguły konieczne jest badanie całego systemu wraz z okładziną ogniochronną w warunkach laboratoryjnych. W sytuacji, gdy słup tworzy ciągłą przegrodę z przylegającą do niego ścianą, wymagane są w stosunku do niego także dwa pozostałe kryteria: szczelności E oraz izolacyjności ogniowej I . Odporność ogniowa stalowych słupów konstrukcyjnych obmurowanych prefabrykatami gipsowymi została określona na podstawie wyników badań w normie niemieckiej [7]. Znormalizowane klasy odporności ogniowej przedstawiono w tabeli 2. Zgodnie z [7] przedstawiona klasyfikacja jest ważna w przypadku obudów słupów o wysokości do 5 metrów. Zabezpieczenia wyższych konstrukcji należy potwierdzić badaniami według normy [6]. Jak wynika z tabeli 2, zastosowanie stosunkowo cienkiej warstwy okładziny gipsowej znacząco podnosi odporność ogniową konstrukcji słupowych, zapewniając ich stateczność w czasie określonym przepisami z zakresu bezpieczeństwa pożarowego.

Tabela 2. Znormalizowana klasyfikacja ogniowa słupów stalowych wg [7]

Schemat obudowy	Grubość obudowy [mm]	Odporność ogniowa obudowanego elementu
Kształtowniki stalowe*		
	60	F 60 (REI 60)
	80	F 90 (REI 90)
	100	F 120 (REI 120)
	120	F 180 (REI 180)
Kształtowniki stalowe zamknięte (np. obetonowane)		
	60	F 90 (REI 90)
	80	F 120 (REI 120)
	100	F 180 (REI 180)

* dane dotyczą kształtowników stalowych o współczynniku kształtu (stosunek obwodu do pola powierzchni) $U/A < 300 m^{-1}$

5. Podsumowanie

Zastosowanie gipsu syntetycznego w budownictwie przyczynia się do realizacji celów budownictwa ekologicznego. Zabezpieczenia przeciwpożarowe słupów konstrukcyjnych wykonane z tego materiału pozwalają na znaczącą poprawę ich odporności ogniowej. Przy stosunkowo cienkiej grubości obudowy możliwe jest uzyskanie klas odporności ogniowej słupów spełniających wymagania normowe. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami, w celu spełnienia kryterium izolacyjności ogniowej przez czas 120 minut zasadne jest zastosowanie okładziny gipsowej o gęstości 900 kg/m^3 i grubości powyżej 40 mm. Potwierdza to doskonałe właściwości ogniochronne materiałów gipsowych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kania T., Fundamenty pod maszyny, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1985
- [2] Gawlicki M., O gipsie inaczej, Cement, Wapno, Beton 2/2009, str. 86–96
- [3] Brezillon M., Encyklopedia kultur pradziejowych, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 2001
- [4] Kania T., Wykorzystanie ścian z gipsu syntetycznego w budownictwie pasywnym, Przegląd Budowlany 10/2019, str. 107–109
- [5] PN-EN 13501-2: 2016: Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej
- [6] PN-EN 1364-1: 2015: Badania odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 1: Ściany
- [7] DIN 4102-4 – 2016: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile