

dr inż. Piotr Turkowski¹⁾
ORCID: 0000-0002-0020-0091

Wpływ tynków gipsowych i cementowo-wapiennych na odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

Gypsum and cement-lime plasters influence on fire resistance of reinforced concrete structures

DOI: 10.15199/33.2024.05.03

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania dotyczące wpływu tynków gipsowych i cementowo-wapiennych na odporność ogniową elementów konstrukcji z betonu. Zademonstrowano wpływ siatki zbrojącej na przyczepność tynków, a wyniki wyrażono parametrem grubości równoważnej betonu. Zastosowanie siatki zbrojącej umożliwiło zapewnienie odporności ogniowej przez nawet 6 h oddziaływania standardowego. Natomiast jej brak oznaczał bardzo szybką utratę przyczepności tynku, a tym samym niemożność zwiększenia odporności ogniowej. Wykazano, że temperatura charakterystyczna zbrojenia stropu żelbetowego zabezpieczonego tynkiem gipsowym na siatce zbrojącej – o grubości 21,6 mm wynosi, po 240 min nagrzewania, zaledwie 307°C, a grubość równoważna betonu – 68 mm. Wyniki te są na poziomie uzyskiwanym przez profesjonalne systemy zabezpieczenia ogniochronnego.

Słowa kluczowe: element konstrukcyjny; element betonowy; zabezpieczenie ogniochronne; odporność ogniowa; tynk gipsowy; tynk cementowo-wapienny.

Abstract. This article presents a study on the gypsum and cement-lime plasters influence on fire resistance of concrete structural elements. The effect of reinforcing mesh on the adhesion of plasters was demonstrated and the results were expressed by the parameter of concrete equivalent thickness. The use of reinforcing mesh made it possible to provide fire resistance for up to 6 hours of standard exposure. However its absence meant a very rapid loss of plaster adhesion and thus a practical lack of increased fire resistance. It was shown that the characteristic temperature of the reinforcement of a reinforced concrete slab protected with gypsum plaster on a reinforcing mesh with a thickness of 21.6 mm, after 240 minutes of heating, is only 307°C, and the concrete equivalent thickness is 68 mm. These results are at the level achieved by professional fire protection systems.

Keywords: structural element; concrete element; fire protection; fire resistance; gypsum plaster; cement-lime plaster.

Nowoczesne budownictwo mieszkaniowe realizowane jest przede wszystkim w technologii żelbetowej, w układach płytowo-ścianowych, z powierzchniami wykończonymi tynkami gipsowymi i cementowo-wapiennymi. Budynki mieszkalne klasyfikuje się przeważnie w klasach odporności pożarowej „B” i „C” wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]. Co za tym idzie, główna konstrukcja nośna powinna spełniać wymagania w klasach odporności ogniowej R 60, REI 60, R 120 i REI 120. Projektowanie ścian, stropów, słupów czy belek żelbetowych ze względu na te wymagania wiąże się ze zwiększeniem otuliny zbrojenia ponad wartość wymaganą z uwagi na ochronę korozyjną lub ze stosowaniem kosztownych izolacji ogniochronnych. Zasadne wydaje się zatem uzgodnienie tynków jako dodatkowej ochrony zbrojenia przed działaniem ognia.

Zadaniem izolacji ogniochronnych jest powstrzymanie lub spowolnienie wzrostu temperatury w elemencie konstrukcyjnym. Materiały te przybierają różne formy i mają różne mechanizmy działania, dzielą się na bierne i reaktywne [2, 3]. Materiały bierne, w przeciwieństwie do reaktywnych, to te, które nie zmieniają swojej postaci fizycznej podczas ogrzewania,

zapewniając ochronę dzięki właściwościom fizycznym lub cieplnym. Często łączą zdolność do związania dużej ilości wody w materiale z małą przewodnością cieplną. Powstają na bazie takich materiałów, jak perlit ekspandowany, wermikulit, gips, łupek czy cement. Przykłady wyrobów stanowią płyty: z wełny mineralnej; krzemianowo-wapniowe; magnezowe; gipsowe, a także różnego rodzaju mieszanki zapraw natryskowych i tynków na bazie cementu, wełny, wermikulitu, gipsu itp. Istotną cechą systemu zabezpieczenia ogniochronnego, poza właściwościami termicznymi, jest jego przyczepność, której przedwczesna utrata (odpadnięcie tynku, rozwarstwienie czy spękanie) skutkuje niewykorzystaniem pełnego potencjału materiału. Niestety brakuje danych literaturowych dotyczących wpływu tynków na odporność ogniową konstrukcji. Jedną ogólną wzmiankę odnajdziemy w EN 15037-1:2011 [4], w której podano informację o możliwości zwiększenia odporności ogniowej stropów belkowo-pustakowych za pomocą tynku gipsowego przyjmując, że 1 cm zwykłego tynku gipsowego odpowiada 2,5 cm betonu. Nie podano informacji, w jaki sposób ustalono tę zależność i czy współczynnik ten jest adekwatny do parametru grubości równoważnej betonu ϵ określonej zgodnie z EN 13381-3 [5]. Wskazanie to nie odnosi się także w żaden sposób do sposobu aplikacji tynku i nie stawia żadnych wymagań samym tynkom, dotyczących minimalnych właściwości. Więcej informacji podano w amery-

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej; p.turkowski@itb.pl

kańskiej normie ACI/TMS 216.1-14 [6], w której przedstawiono procedurę obliczeniową uwzględnienia materiałów wykończeniowych w warunkach pożarowych. Przy rozważaniu wpływu tynku po stronie nienarażonej na oddziaływanie ognia, ustalanie dodatkowej odporności ogniowej stropów i ścian żelbetonowych polega na obliczeniu dodatkowej grubości przegrody przez przemnożenie grubości tynku przez współczynnik równy:

- 1,00 – w odniesieniu do tynków cementowych (*Portland cement-sand plaster or terazzo*);
- 1,25 – w odniesieniu do tynków gipsowych (*Gypsum-sand plaster*);
- 1,75 – w odniesieniu do tynków gipsowo-wermikulitowych lub perlitowych (*Gypsum-vermiculite or perlite plaster*).

Otrzymaną wartość stosujemy w sposób zbliżony do podanego w normie EN 13381-3 [5], tj. uznajemy, że o tyle zwiększyła się całkowita grubość przekroju żelbetowego, tym samym zwiększając izolacyjność ogniową przegrody. Nie ma tu mowy o wpływie na nośność ogniową. Obliczenia dotyczące strony narażonej na oddziaływanie ognia sprowadzają się natomiast do ustalenia dodatkowego czasu odporności ogniowej elementu (zarówno nośności ogniowej, jak i szczelności oraz izolacyjności ogniowej), zgodnie z następującymi zasadami:

■ **tynki cementowe na siatce metalowej** (*Portland cement-sand plaster on metal lath*):

- +20 min przy grubości tynku 3/4 cala (19,1 mm);
- +25 min przy grubości tynku 7/8 cala (22,2 mm);
- +30 min przy grubości tynku 1 cal (25,4 mm);

■ **tynki gipsowe na siatce metalowej** (*Gypsum-sand plaster on metal lath*):

- +50 min przy grubości tynku 3/4 cala (19,1 mm);
- +60 min przy grubości tynku 7/8 cala (22,2 mm);
- +80 min przy grubości tynku 1 cal (25,4 mm).

Dodatkowy czas odporności ogniowej wynikający z zastosowania tynku po stronie nienagrzewanej lub po stronie nagrzewanej nie może przekraczać połowy bazowego czasu odporności ogniowej, ustalonego w przypadku elementu bez wykończenia. Norma amerykańska również nie wskazuje żadnych minimalnych właściwości użytkowych tynków czy siatek metalowych.

W latach 2020 – 2021 w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB) przeprowadzono serię badań wybranych standardowych tynków cementowo-wapiennych i gipsowych, dotyczących ich skuteczności ogniochronnej w przypadku konstrukcji żelbetonowych zgodnie z EN 13381-3:2015 [5]. Celem było wyrażenie tej właściwości użytkowej z użyciem parametru, którym opisuje się profesjonalne systemy ogniochronne, i bezpośrednie porównanie tynków między sobą, a także weryfikacja wcześniej wspomnianych zapisów normowych.

Badania

Tynki gipsowe dostępne na rynku krajowym produkowane są zgodnie z wymaganiami EN 13279-1:2009 [7], która definiuje je jako wszystkie rodzaje tynków gipsowych, tynków na bazie gipsu i tynków gipsowo-wapiennych stosowanych w budownictwie. Rozróżnia je zawartość spoiwa gipsowego

i ewentualnie innych kruszyw nieorganicznych lekkich, takich jak perlit ekspandowany czy wermikulit. Wymagania dotyczące wytrzymałości na zginanie ($\geq 1,0$ N/mm²), ściskanie ($\geq 2,0$ N/mm²) i przyczepności do podłoża ($\geq 0,1$ N/mm²) są takie same w przypadku prawie wszystkich typów tynków, których producenci rzadko podają rzeczywiste wartości uzyskane w badaniach.

Tynki cementowo-wapienne opisano w EN 998-1:2016 [8], która definiuje zaprawę tynkarską jako mieszanekę co najmniej jednego spoiwa nieorganicznego, kruszyw, wody, a czasami także dodatków, stosowaną do wykonywania tynków zewnętrznych i wewnętrznych. Stwardniałą zaprawę klasyfikuje się zależnie od jej wytrzymałości na ściskanie, absorpcji wody spowodowanej podciąganiem kapilarnym i współczynnikiem przewodzenia ciepła. Zdecydowana większość tynków cementowo-wapiennych, oferowanych na polskim rynku budowlanym, należy do kategorii CS II wytrzymałości na ściskanie, tj. od 1,5 do 5,0 N/mm². Tynki cementowo-wapienne, w porównaniu z gipsowymi, mają większą odporność na wilgoć. W związku z tym mogą być stosowane w pomieszczeniach o zwiększonej wilgotności względnej czy na zewnątrz. Ich wykonanie jest jednak bardziej pracochłonne (dodatkowa warstwa w postaci obrzutki) i schną wolniej. Tynki gipsowe są znacznie szybsze w obróbce i przede wszystkim mają lepszą paroprzepuszczalność, dzięki czemu ich zastosowanie tworzy lepszy mikroklimat w pomieszczeniu [9, 10].

Bardzo ważnym kryterium w ocenie trwałości tynków jest ich **przyczepność do podłoża**. Za dobre połączenie odpowiada wiązanie mechaniczne i chemiczne. Beton uważany jest za podłoże trudne i aby zachować przyczepność, należy stosować się do zaleceń producenta oraz odpowiednio przygotować podłoże, a także stosować warstwę szepną [11 ÷ 13]. Jeśli już pojawia się zalecenie dotyczące stosowania siatki przypowierzchniowej, to są to najczęściej wyroby z włókna szklanego. Badania tynków cementowo-wapiennych nakładanych na podłoża żelbetonowe, przeprowadzone metodą pull-off, wskazują jako najbardziej niekorzystne zatłuszczenie podłoża oraz brak warstwy szepnej w postaci obrzutki (redukcja przyczepności do 24% w porównaniu z wartością referencyjną, tj. tynku na poprawnie przygotowanym podłożu). Redukcja przyczepności tynku nakładanego na podłoże wilgotne jest mniejsza (jedynie 3%). W przypadku tynków gipsowych najbardziej niekorzystne jest zawilgocenie podłoża betonowego (redukcja przyczepności do 53%). Brak warstwy szepnej (środka gruntującego) skutkuje redukcją przyczepności o 18% i zatłuszczeniem podłoża o 14% [14].

Wyroby gipsowe klasyfikuje się jako niepalne (klasa reakcji na ogień A1 wg EN 13501-1), a wpływ dodatków organicznych w ilości 1 – 2% ma znikome oddziaływanie. Natomiast dodatek organiczny na poziomie 5% powoduje ubytek masy oraz występowanie płomienia na próbce poniżej 5 s i żarzenie się próbki [15].

Na potrzeby badań odporności ogniowej dokonano przeglądu właściwości 22 tynków cementowo-wapiennych i 20 tynków gipsowych oferowanych przez popularnych na rynku polskim producentów. Wybrano tylko tynki nakładane maszynowo, rezygnując z tynków nakładanych ręcznie, ponie-

ważna praca badawcza kierowana jest do dużych inwestycji, w których korzysta się tylko z pierwszej metody aplikacji. Do badań wybrano:

1) tynk maszynowy lekki cementowo-wapienny do wewnątrz o deklarowanej przyczepności do podłoża $\geq 0,3 \text{ N/mm}^2$ i współczynnika przewodzenia ciepła $0,27 \text{ W/mK}$;

2) tynk gipsowy maszynowy lekki o deklarowanej przyczepności do podłoża $\geq 0,1 \text{ N/mm}^2$ i współczynnika przewodzenia ciepła $0,27 \text{ W/mK}$.

Metody badań. W celu ustalenia wpływu standardowych tynków gipsowych i cementowo-wapiennych na odporność ogniową konstrukcyjnych elementów budowlanych wykonano cztery badania skuteczności ogniochronnej zgodnie z EN 13381-3:2015 [5]. Metoda ta ma bliźniacze odpowiedniki ISO, ASTM i inne krajowe. Uzyskane wyniki można więc uznać za przydatne poza europejskim systemem normowym.

Elementy próbne poddano nagrzewaniu wg standardowej krzywej temperatura/czas przy obciążeniu mechanicznym, wywołującym naprężenia rozciągające w dolnych prętach zbrojeniowych 300 N/mm^2 . Wymiary przekroju i konstrukcja próbek są zawsze takie same, co wynika z późniejszej metody oceny i chęci umożliwienia bezpośredniego porównania różnych izolacji. W przypadku belek jest to przekrój $450 \times 150 \text{ mm}$ (wysokość \times szerokość) i długość poddana nagrzewaniu nie mniejsza niż 4000 mm . Zbrojenie stanowią cztery pręty o średnicy 12 mm , rozmieszczone tylko w narożnikach, przy otulinie betonowej wynoszącej 25 mm . Płyty z kolei mają grubość 140 mm , szerokość 3000 mm i taką samą długość poddaną nagrzewaniu jak belki. Ich zbrojenie stanowiły dwie siatki – górna i dolna, z prętów o średnicy 10 mm i o oczku $150 \times 150 \text{ mm}$. Pod względem materiałowym zastosowano konfigurację normową, tj. beton zwykły klasy C25/30, konsystencji S3, na kruszywie krzemianowym o uziarnieniu do 20 mm , na cemencie portlandzkim oraz stal gatunku B 500. Izolację ogniochronną (tynki) wykonano w kilku wariantach grubości i sposobu mocowania, tj. z siatką i bez siatki zbrojącej. Zestawienie elementów próbnych podano w tabeli 1. Na fotografii 1 przedstawiono płytę do badania nr 3 w trakcie nakładania tynku na siatkę, a na fotografii 2 nakładanie tynku bez siatki na płytę nr 4.

Otynkowane elementy betonowe były sezonowane przez co najmniej 3 miesiące w warunkach powietrzno-suchych (temperatura otoczenia od 13 do 30°C , wilgotność względna od 25 do 80%), do osiągnięcia stanu równowagi wilgotności w tynku i betonie. Bezpośrednio przed nałożeniem tynków, po-

Tabela 1. Elementy próbne

Table 1. Test elements

Nr badania	Element	typ	Tynk	
			grubość [mm]	mocowanie
1	belka	gipsowy	17,4	preparat gruntujący, bez siatki
2	plyta	cementowo-wapienny	17,0	preparat gruntujący, bez siatki
3	plyta	gipsowy	21,6	preparat gruntujący, siatka stalowa ocynkowana $25 \times 25 \text{ mm}$, $\phi 0,7 \text{ mm}$
4	plyta	gipsowy	17,4	preparat gruntujący, bez siatki



Fot. 1. Tynk gipsowy z siatką zbrojącą na elemencie nr 3
Photo 1. Gypsum plaster with reinforcing mesh on element no. 3



Fot. 2. Tynk gipsowy bez siatki zbrojącej na elemencie nr 4
Photo 2. Gypsum plaster without reinforcing mesh on element no. 4

wierzchnie odkurzono i oczyszczono z zanieczyszczeń i luźnych części. Tam gdzie stosowano preparat gruntujący, tynki nakładano po 24 h.

Próbki oceniono, stosując parametr o nazwie **grubość równoważna betonu** (ang. *equivalent thickness of concrete*), oznaczany symbolem ε , który opisuje teoretyczną grubość betonu zapewniającą taką samą izolacyjność cieplną przez dany okres nagrzewania, jak dana grubość systemu zabezpieczenia ogniochronnego [5]. Autorami takiego sposobu opisu zabezpieczenia ogniochronnego są Wickström i Hadziselimovic [16], którzy stwierdzili, że istnieje prawie liniowa zależność między oporem cieplnym warstwy ogniochronnej a równoważną grubością betonu przy oddziaływaniu pożaru standardowego. Wartość ε w przypadku płyt oblicza się wg wzoru [1]:

$$\varepsilon(d_p, t) = d_{cc}[\theta(d_p, t), t] - d_{cp}[\theta(d_p, t), t] \quad [1]$$

gdzie:

ε – grubość równoważna betonu;

d_p – grubość izolacji ogniochronnej;

t – czas;

θ – temperatura charakterystyczna;

d_{cc} – głębokość w betonie niezabezpieczonym;

d_{cp} – głębokość w betonie zabezpieczonym.

Punktem odniesienia jest pomiar temperatury w odległości 15 mm od spodniej powierzchni betonowej [d_{cp}]. Temperatura

ture charakterystyczną θ oblicza się jako wartość średnią z temperatury średniej i maksymalnej zarejestrowanej na wszystkich termoelementach w płaszczyźnie pomiarowej. Wartość ϵ oznacza tym samym różnicę pomiędzy głębokością w betonie niezabezpieczonym d_{cc} , na której rejestruje się tę samą temperaturę co w betonie zabezpieczonym d_{cp} . Obliczenia prowadzi się oddzielnie w przypadku każdej grubości izolacji i okresu odporności ogniowej. Wartości d_{cc} można obliczyć samodzielnie, przyjmując właściwości betonu zgodnie z EN 1992-1-2 [17] lub odczytać z właściwej tablicy lub nomogramu podanego w EN 13381-3 [5]. Obliczenia dotyczące belek prowadzi się w sposób analogiczny.

Przyczepność izolacji do podłoża, która w praktyce jest warunkiem koniecznym do uzyskania wysokiej wartości grubości równoważnej betonu, ocenia się na podstawie obserwacji powierzchni nagrzewanej i pomiarów temperatury na styku izolacji i betonu. Zgodnie z przyjętą metodą badań przyczepność jest utracona, jeśli spełnione jest co najmniej jedno z następujących kryteriów:

1) maksymalna temperatura rejestrowana na powierzchni betonowej przekracza o więcej niż 50% wartość temperatury średniej obliczonej ze wszystkich punktów pomiarowych na tej powierzchni, w temperaturze przekraczającej 200°C;

2) obserwuje się odpadanie izolacji na powierzchni większej niż 0,25 m².

Okres badania do osiągnięcia ugięcia równego 1/30 rozpiętości elementu w świetle podpór [L], tj. 156 mm w przypadku prezentowanego programu badań, określa maksymalny czas odporności ogniowej. Niekiedy badania prowadzono dłużej w celu uzyskania dodatkowych informacji o przepływie ciepła w przekrojach elementów. Należy jednak mieć na uwadze, że ta część badania prowadzona jest już bez obciążenia mechanicznego.

Wyniki

Obserwacje i pomiary. W badaniach nr 1, 2 i 4, tj. tam, gdzie tynk nie był wzmocniony siatką zbrojącą, utrata przyczepności następowała nawet w pierwszych dziesięciu minutach badania. Izolacja odpadała dużymi płatami i na całej powierzchni betonowej. W badaniu nr 3, w którym tynk gipsowy naniesiono na siatkę zbrojącą, utratę przyczepności stwierdzono dopiero po 355 min. Temperatura zbrojenia rejestrowana podczas badań wskazuje na brak wpływu tynków w badaniach nr 1, 2 i 4 na odporność ogniową badanych elementów, w przeciwieństwie do badania nr 3, gdzie wpływ ten jest bardzo duży.

W tabelach 2 i 3 zestawiono najważniejsze wyniki badań, a na fotografiach 3 i 4 przedstawiono elementy próbne po zakończeniu badań i wystudzeniu pieca. Element nr 3, badany przez 6 h, nawet po wystudzeniu pieca trwającym 48 h, zachował przyczepność na dużym obszarze tynku. Na elemencie nr 1 widoczny był zaledwie fragment pozostałego tynku w okolicy prawego końca, a na elementach nr 2 i 4 tynk nie zachował się w ogóle.

Ocena. Bardzo krótki okres zachowania przyczepności przez tynk gipsowy i tynk cementowo-wapienny nanoszony bez siatki zbrojącej należy traktować jako czynnik dyskwalifikujący te rozwiązania w aspekcie zwiększenia odporności

Tabela 2. Wyniki badań odporności ogniowej

Table 2. Fire resistance tests results

Kryterium	Czas osiągnięcia kryterium [min]			
	badanie 1	badanie 2	badanie 3	badanie 4
Ugięcie L/30	72,75	98,00	360,00	119,70
Szczelność ogniowa E	n.d.	157,00*	360,00*	182,00*
Izolacyjność ogniowa I	n.d.	157,00*	360,00*	182,00*
Przyczepność	9,00	33,00	355,00	8,00

n.d. – nie dotyczy; * – badanie zakończone przed osiągnięciem kryterium

Tabela 3. Średnia temperatura zbrojenia

Table 3. Average reinforcement temperature

Badania	Temperatura po czasie nagrzewania [°C]						
	30 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min	360 min
1	227	528	–	–	–	–	–
2	106	262	416	516	–	–	–
3	55	92	125	155	221	293	530
4	128	285	382	487	662	–	–



Fot. 3. Element próbny nr 3 po badaniu

Photo 3. Test element no. 3 after the test



Fot. 4. Element próbny nr 4 po badaniu

Photo 4. Test element no. 4 after the test

ogniowej elementów konstrukcyjnych z betonu. Zgodnie z danymi tabelarycznymi podanymi w EN 1992-1-2 [17], rozwiązania te w najlepszym przypadku zapewniają spełnienie wymagań odporności ogniowej w klasie R 30 w przypadku be-

lek i słupów oraz REI 60 w przypadku stropów. Elementy żelbetowe użyte w badaniach spełniają te same wymagania bez zastosowania jakiegokolwiek izolacji ogniochronnej.

Tynk gipsowy maszynowy lekki o średniej grubości 21,6 mm, mocowany na siatce zbrojącej, zachował przyczepność przez 355 min badania ogniowego, a nośność ogniowa badanej płyty stropowej została zachowana przez cały okres badania wynoszący 360 min. Temperatura charakterystyczna na styku tynku i podłoża betonowego po 240 min nagrzewania wynosiła 447°C, a na zbrojeniu 307°C. Wynik ten pozwala na spełnienie wymagań odporności ogniowej w klasie REI 240 przez niemal dowolny strop lub ścianę żelbetową czy sprężoną. Grubość równoważną betonu w przypadku każdego z elementów próbnych przedstawiono w tabeli 4. Wartości uzyskane w badaniu 3 są bliskie [±10%] osiąganym przez profesjonalne zaprawy ogniochronne o tej samej grubości izolacji, w tym przez mieszanki na bazie wermikulitu czy wełny mineralnej.

Tabela 4. Grubość równoważna betonu

Table 4. Concrete equivalent thickness

Czas nagrzewania [min]	Grubość równoważna betonu ϵ [mm]			
	badanie 1	badanie 2	badanie 3	badanie 4
30	17	32	48	21
60	11	18	60	19
90	–	11	66	15
120	–	–	69	–
180	–	–	71	–
240	–	–	68	–

„–“ – brak wartości

Podane wyniki, zgodnie z normą EN 13381-3 [5], mają zastosowanie do konstrukcji wykonanych z betonu zwykłego o gęstości 2000 – 2750 kg/m³, o klasie wytrzymałości od C25/30 do C50/60, na dowolnym kruszywie. Powierzchnia betonowa powinna zostać oczyszczona przez piaskowanie z luźnych części i pozostałości środków antyadhezyjnych. Minimalna grubość stropów i ścian wynosi 14 cm, a minimalne pole przekroju belek i słupów 675 cm², przy minimalnej szerokości tych elementów 15 cm. Tynki zapewniają izolacyjność ogniową przez co najmniej okres, w przypadku którego określono wartość grubości równoważnej betonu.

Wnioski

Zarówno tynki gipsowe, jak i cementowo-wapienne, nakładane bezpośrednio na powierzchnię żelbetową, nawet z zastosowaniem obrzutki i materiałów szepnych, ale przy braku mechanicznych systemów mocowań (siatki zbrojącej), nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporności ogniową konstrukcji żelbetowych. Krótki okres zachowania przyczepności do podłoża pozwala jedynie na uwzględnienie tych tynków jako dodatkowej otuliny zbrojenia belki, słupa, stropu lub ściany, w stosunku 1:1, przy oddziaływaniu pożaru standardowego do 30 min. W odniesieniu do stropów i ścian żelbetowych okres ten można wydłużyć do 60 min, przy czym grubość dodatkowej otuliny betonowej należy przyjąć konserwatywnie w stosunku 1:2 (2 mm tynku odpowiada 1 mm betonu).

Zastosowanie stalowych siatek zbrojących do maszynowych tynków gipsowych lekkich o grubości 21,6 mm ±5% pozwala na osiągnięcie niemal sześciogodzinnej przyczepności materiału i zapewnienie odporności ogniowej w klasie REI 240 dowolnego stropu i ściany żelbetowej. Stosunek grubości równoważnej betonu do grubości tego systemu wynosi 2,2 – 3,3, a tym samym potwierdza zapisy norm europejskich i amerykańskich. Należy jednak zwrócić uwagę, że wartości te potwierdzono tylko z zastosowaniem siatki zbrojącej do tynku. Mając na względzie wyniki komercyjnych badań zabezpieczeń ogniochronnych, w których przyczepność materiału była zachowana w całym okresie badania, przypuszcza się, że możliwe jest uzyskanie podobnej skuteczności ogniochronnej w odniesieniu do belek i słupów, w przypadku których wartość grubości równoważnej betonu można zachowawczo przyjąć jako 75% uzyskanej w badaniu stropu.

Kolejne badania należy wykonać z użyciem tynku cementowo-wapiennego nanoszonego na siatkę zbrojącą. Wydaje się, że to rozwiązanie także powinno zapewnić przyczepność materiału do podłoża i osiągnięcie dużej grubości równoważnej betonu. Warto ocenić także inne rodzaje siatek – Rabitza, Ledóchowskiego czy siatki z włókna szklanego.

Fotografie: autor

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, poz. 690) z późniejszymi zmianami, (2002).
- [2] Mróz K, Hager I, Korniejenko K. Material Solutions for Passive Fire Protection of Buildings and Structures and Their Performances Testing, Procedia Engineering. 2016; 15: 284 – 291.
- [3] Sulik P. Bierne zabezpieczenia przeciwpożarowe konstrukcji. Izolacje. 2018; 3: 118 – 122.
- [4] CEN, EN 15037-1:2008. Precast concrete products. Beam-and-block floor systems. Part 1: Beams. 2008.
- [5] CEN, EN 13381-3:2015. Test Methods for Determining the Contribution to the Fire Resistance of Structural Members. Part 3: Applied Protection to Concrete Members. 2015.
- [6] ACI, ACI/TMS 216.1-14. Code Requirements for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies, 2014.
- [7] CEN, EN 13279-1:2009. Gypsum binders and gypsum plasters. Part 1: Definitions and requirements. 2009.
- [8] CEN, EN 998-1:2016. Specification for mortar for masonry. Part 1: Rendering and plastering mortar. 2016.
- [9] Kania T. Porównanie właściwości gipsowych i cementowych wypraw tynkarskich. Materiały Budowlane. 2010; 458: 34 – 36.
- [10] Niedostatkiwicz M, Majewski T. Charakterystyka i zakres stosowania tynków. Izolacje. 2019; 5: 36 – 44.
- [11] Pichniarczyk P, Malata G, Sobala M. Trwałość tynków gipsowych na podłożu betonowym. CWB. 2002; 5: 215 – 219.
- [12] Dębska D. Technologiczne problemy połączenia tynku cementowo-wapiennego z podłożem. Przegląd Budowlany. 2016; 5: 22 – 24.
- [13] Stawiski B, Knafl G. Badania przyczyn utraty przyczepności tynku do podłoża. Materiały Budowlane. 2017; 543: 7 – 8.
- [14] Niedostatkiwicz M, Majewski T. Badania doświadczalne tynków wewnętrznych. Izolacje. 2019; 4: 82 – 87.
- [15] Wieczorek M, Nosal K, Sobala M. Zachowanie wobec pożaru, czyli reakcja na ogień gipsowych wyrobów budowlanych. Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych. 2010; 3/6: 169 – 178.
- [16] Wickström U, Hadziselimovic E. Equivalent concrete layer thickness of a fire protection insulation layer. Fire Safety Journal. 1996; 26: 295 – 302.
- [17] CEN, EN 1992-1-2:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design.

Przyjęto do druku: 23.04.2024 r.