

dr inż. Ołeksij Kopyłow^{1*)}

ORCID: 0000-0002-8436-2521

prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz²⁾

ORCID: 0000-0001-6320-9539

Wizualne zmiany na elewacjach wentylowanych z okładzinami włóknisto-cementowymi

Visual changes on ventilated facades with fiber-cement claddings

DOI: 10.15199/33.2022.12.02

Streszczenie. Podczas eksploatacji elewacji wentylowanych z okładzinami z płyt włóknisto-cementowych często uwiadcniają się zmiany w postaci przebarwień i w wielu przypadkach towarzyszą im deformacje okładzin. Czy zmiany te mają charakter wyłącznie estetyczny i czy wpływają na właściwości użytkowe systemu elewacyjnego? Przeprowadzone badania laboratoryjne dają podstawy do stwierdzenia, że wraz ze zmianami wizualnymi zachodzą zmiany strukturalne oraz wytrzymałościowe w okładzinach, które mogą mieć istotny wpływ na właściwości techniczno-użytkowe systemów elewacyjnych, w tym bezpieczeństwa użytkownika.

Słowa kluczowe: elewacja wentylowana; płyty włóknisto-cementowe; przeglądy okresowe; ocena stanu technicznego; wytrzymałość na zginanie.

Abstract. During the exploitation on fiber-cement claddings of ventilated facades systems sometimes are visible changes in the form of discoloration. Discoloration is often accompanied by deformation of the cladding. Are these changes aesthetic and do they also have an impact on the performance properties of the façade system? The laboratory tests give grounds to state that along with the visual changes, structural and strength changes in the claddings occur which changes may have a significant impact on the technical and operational properties of facade systems, including the safety of use.

Keywords: ventilated façade; fiber-cement claddings; periodic inspections; technical condition assessment; bending strength.

Elewacje wentylowane z okładzinami włóknisto-cementowymi są coraz częściej stosowane we współczesnym budownictwie prawie na wszystkich typach budynków: użyteczności publicznej; mieszkalnych; przemysłowych; magazynowych; rolniczych; obiektach infrastruktury kolejowej itp. Współczesne płyty włóknisto-cementowe dostępne są niemal w każdym kolorze, mają różną fakturę, charakteryzują się trwałością oraz odpornością na agresywne środowisko zewnętrzne, są łatwe w montażu i nie wymagają dużych nakładów eksploatacyjnych. Pierwotnie były to rozwiązania imitujące surowy beton, potem pojawiły się płyty barwione często o zewnętrznej strukturze przypominającej naturalne materiały (np. drewno). W ostatnich latach postęp technologiczny pozwala na produkcję płyt z nadrukiem. Różnorodność płyt włóknisto-cementowych

daje dużą swobodę architektom i umożliwia wkomponowanie budynku prawie w każdą przestrzeń urbanistyczną.

W celu zapewnienia długoletniej i bezawaryjnej eksploatacji elewacji wentylowanych należy systematycznie kontrolować ich stan techniczny. Ogólne zasady przeprowadzenia przeglądów okresowych i oceny stanu technicznego tego typu elewacji zostały określone w [1]. W trakcie użytkowania, płyty elewacyjne narażone są na działanie wielu czynników klimatycznych:

- wody, niekiedy zawierającej kwasy siarki lub roztwory soli;
- zamrażanie-rozmrażanie;
- szok termiczny.

W przypadku niekontrolowanego pogorszenia wytrzymałości okładzin, elewacje wentylowane mogą ulegać awariom pod wpływem wymienionych czynników i stanowić zagrożenie dla życia oraz zdrowia użytkowników. Często też w trakcie użytkowania elewacji wentylowanych na okładzinach z włóknocementu można dostrzec przebarwienia (fotografia 1). Nierzadko towarzyszą im deformacje okładzin w postaci wy-



Fot. 1. Przebarwienia okładzin włóknisto-cementowych na elewacji wentylowanej
Photo 1. Discoloration on fiber-cement claddings on the ventilated facade

brzuszeń. Podczas okresowych kontroli budynków zmiany te często są bagatelizowane i uznawane wyłącznie za kosmetyczne, stanowiące jedynie problem estetyczny. Jednak często tak nie jest, bo dochodzi do istotnych zmian w strukturze materiału.

Celem artykułu jest próba odpowiedzi na pytanie, czy wraz ze zmianami wizualnymi okładzin elewacyjnych z włóknocementu zachodzą zmiany strukturalne, mające wpływ na właściwości techniczno-użytkowe całego systemu elewacyjnego [2]. Publikację opracowano na podstawie obserwacji

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej

²⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

* Adres do korespondencji: o.kopylov@itb.pl

zachowania się systemów elewacyjnych, a także badań laboratoryjnych przeprowadzonych w Instytucie Techniki Budowlanej i Politechnice Wrocławskiej oraz dotychczasowych doświadczeń [3 ÷ 5].

Obserwacje

W latach 2020 ÷ 2022 dokonaliśmy oceny stanu technicznego kilkunastu systemów elewacji wentylowanych z okładzinami z płyt włóknisto-cementowych. Zostały one zastosowane na budynkach mieszkalnych, użyteczności publicznej i biurowych zlokalizowanych w Warszawie i we Wrocławiu. Szczegółowej analizie poddano okładziny elewacyjne z wyraźnymi zmianami wizualnymi. Uzyskane wyniki porównywano z wynikami badań okładzin zamocowanych na fragmentach elewacji niepoddawanych bezpośrednio oddziaływaniu wody i słońca, pobranych z zewnętrznych sufitów podwieszanych na wjazdach do garaży podziemnych, z wejść do zadaszonych klatek schodowych itd. We wszystkich przypadkach okładziny elewacyjne, na których stwierdzono deformacje i przebarwienia, były użytkowane w warunkach klimatu umiarkowanego, w aglomeracji miejskiej o kategorii korozyjności środowiska C2 lub C3 (wg PN-EN ISO 12944-2:2018-02 [6]) w okresie od dziewięciu miesięcy do sześciu lat. Okładziny miały różne wymiary: wysokość × szerokość = od 1000 × 1000 mm do 2200 × 1200 mm oraz grubość 8 ÷ 12 mm. Różniły się również technologią produkcji okładzin, część była poddawana, a część nie procesowi autoklawizacji. Na niektórych okładzinach stwierdzono jednoczesne występowanie kilku zjawisk:

- deformacji w postaci wybrzuszeń 5 ÷ 9 mm na odcinku 2000 mm;
- przebarwień w postaci zmiany intensywności koloru lub szarych plam, charakterystycznego nalotu;
- spękań w miejscach łączników mechanicznych.

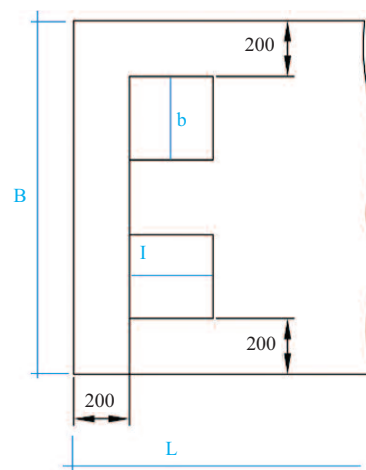
Odkrywki wykonane na obiekcie wykazały, że pod okładzinami elewacyjnymi, na powierzchni których stwierdzono przebarwienia, zapewniono właściwą wentylację, tzn. pomiędzy tylną powierzchnią okładzin a termoizolacją

występowała szczelina wentylacyjna o szerokości nie mniejszej niż 20 mm, a szczeliny pomiędzy sąsiednimi okładzinami wynosiły ok. 5 mm. Pozwoliło to wykluczyć, że przebarwienia były związane z trwałym zawilgoceniem okładzin, a deformacje z nierównomiernym wysychaniem, tzn. różnicami zawilgocenia pomiędzy zewnętrzną i wewnętrzną warstwą.

W celu wyjaśnienia skutków i przyczyn przebarwień podjęto decyzję o przeprowadzeniu badań: mikroskopowych związanych z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronicznej, koniecznych do wizualnej oceny zmian struktury okładzin włóknisto-cementowych oraz badań wytrzymałości na zginanie, zgodnie z normą PN-EN 12467+A2:2018-06 [2].

Badania laboratoryjne

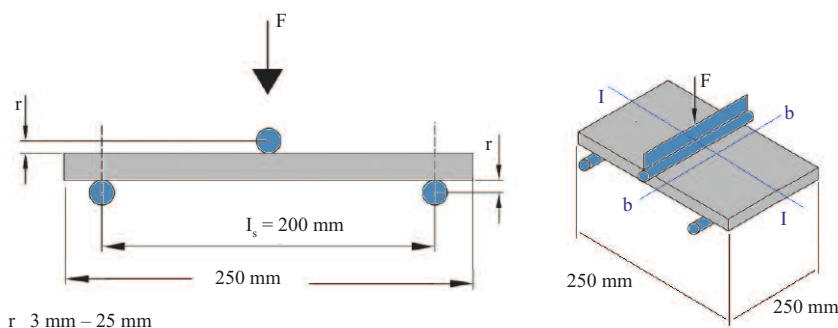
Jedną z charakterystycznych cech płyt włóknisto-cementowych [2], mających wpływ na bezpieczeństwo użytkowania oraz właściwości użytkowe elewacji wentylowanych, w tym odporność na uderzenie, odporność na parcie i ssanie wiatru, jest wytrzymałość na zginanie. W celu określenia tego parametru ze wszystkich systemów elewacyjnych zdemontowano po pięć płyt włóknisto-cementowych, na powierzchni których występowały przebarwienia. Dodatkowo, w celu porównania wyników, pobrano po pięć płyt z miejsc nienarażonych na bezpośrednie oddziaływanie deszczu, promieni słonecznych oraz z prawidłową wentylacją. Z każdej z płyt wycięto po pięć próbek o wymiarach 250 × 250 mm (próbki wycinano w odległości 200 mm od krawędzi zdemontowanej płyty). Przy wyborze miejsca wycięcia próbki unikano obszarów z występowaniem osłabień w postaci otworów po nitach, widocznych uszkodzeń. Na wyciętych próbkach zaznaczano kierunek podłużny (l) i poprzeczny (b) w stosunku do długości (L) i szerokości (B) zdemontowanej płyty (rysunek 1). Po wycięciu próbki sezonowano przez 24 h w warunkach laboratoryjnych w temperaturze ok. 20°C i wilgotności względnej powietrza ok. 48%. Następnie poddano je badaniom wytrzymałości na zginanie zgodnie z metodą opisa-



Rys. 1. Zasada wycinania próbek z demontowanej okładziny elewacyjnej (opis w tekście)
 Fig. 1. The principle of cutting out samples from the dismantled facade cladding (description in the text)

na w normie [2]. Obciążenie do próbek wyciętych z jednej okładziny przykładowo wzdłuż osi „l” odpowiadającej podłużnemu kierunkowi zdemontowanej płyty warstwowej lub osi „b” odpowiadającej poprzeczemu kierunkowi zdemontowanej płyty warstwowej. Ogólną zasadę badań przedstawiono na rysunku 2. Badania wytrzymałościowe zostały przeprowadzone w Laboratorium Badawczym, a uzyskane wyniki porównywano z deklarowanymi przez producentów płyt włóknisto-cementowych wartościami wytrzymałości na zginanie (tabela 1).

Ustalono, że płyty włóknisto-cementowe użytkowane przez dziewięć miesięcy zamocowane w miejscach nienarażonych na działanie deszczu i promieni UV (oznaczone jako „próbka nienarażona”), mają średnią wytrzymałość na zginanie 34 MPa, a minimalną 24 MPa. Różnica procentowa wytrzymałości na zginanie między wartością średnią a minimalną (%) w przypadku tych próbek wynosiła ok. 28%. Wartość ta była znacznie większa od deklarowanej w Deklaracji Właściwości Użytkowych. Natomiast płyty włóknisto-cementowe z widocznymi zmianami miały gorsze parametry: minimalna wartość wytrzymałości na zginanie wynosiła 13,1 MPa, a średnia – 29 MPa. W dwóch z ośmiu próbek stwierdzono zmniejszenie wytrzymałości na zginanie o 30% w porównaniu z deklarowaną. Z danych w tabeli 1 można wyciągnąć następujące wnioski:



Rys. 2. Zasada wykonania badania odporności na zginanie płyt włóknisto-cementowych [2]
 Fig. 2. The principle of testing the bending resistance of fiber-cement boards [2]

Tabela 1. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie płyt włóknisto-cementowych eksploatowanych przez dziewięć miesięcy (na podstawie badań w laboratorium)

Table 1. The results of bending strength tests of fiber-cement claddings used for nine months (based on the tests carried out by laboratory)

Nr okładziny poddanej badaniom	Wytrzymałość na zginanie [MPa]		Różnica wytrzymałości na zginanie (między wartością średnią a minimalną) [%]	Wytrzymałość na zginanie [MPa] (wartość deklarowana)	Różnica wytrzymałości na zginanie (między wartością deklarowaną a minimalną) [%]	Liczba próbek wykazujących wytrzymałość na zginanie mniejszą od wartości deklarowanej
	(wartość średnia)	(wartość minimalna)				
1*	33,8	23,9	29,29	18	32,78	0
2*	34,7	25	27,95	18	38,89	0
3	28,9	18	37,72	18	0,00	0
4	29,5	20,7	29,83	18	15,00	0
5*	30,4	23,2	23,68	18	28,89	0
6	26	12,4	52,31	18	-31,11	4
7	29,9	23,4	21,74	18	30,00	0
8	30,7*	24,8	19,22	18	37,78	0
9	29,2	13,1	55,14	18	-27,22	1
10	30,4*	22,3	26,64	18	23,89	0
Wartość średnia	33,8	23,9	29,29	18	32,78	-

* próbka nienarażona

• przebadane płyty włóknisto-cementowe miały fragmenty, w których wartość wytrzymałości na zginanie była niższa o ok. 30% od deklarowanej;

• wszystkie badane próbki charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem właściwości (różnica między minimalną wartością wytrzymałości na zginanie a wartością średnią wynosiła 30%).

Należy podkreślić, że otrzymane wyniki spełniały wymagania podane w Deklaracji Właściwości Użytkowych, w przypadku gdy dla tego typu płyt producent deklarował wytrzymałość na zginanie nie mniejszą niż 18 MPa. Uwagę zwraca jednak o 5% mniejsza wytrzymałość na zginanie płyt włóknisto-cementowych narażonych na działanie deszczu i UV w ciągu niespełna kilku

miesięcy od momentu wbudowania w stosunku do płyt eksploatowanych w mniej agresywnych warunkach. Istotne jest także zmniejszenie minimalnej wytrzymałości na zginanie z 24 MPa do 12 ÷ 13 MPa zaobserwowane w dwóch z ośmiu próbek. Może to świadczyć o zachodzących procesach degradacji płyt włóknisto-cementowych lub ich złej jakości. Niepokoi, że zmiany wytrzymałości płyt włóknisto-cementowych w okładzinach z przebarwieniami występują nierównomiernie, a różnica między wartościami wytrzymałości próbek pobranych z tej samej płyty wynosi niekiedy 50%.

W przypadku płyt włóknisto-cementowych eksploatowanych przez sześć lat ustalono, że:

■ średnia wytrzymałość na zginanie okładzin z widocznymi przebarwieniami

mi i deformacjami wynosiła 22 MPa, a minimalna 12,1 MPa;

■ płyty włóknisto-cementowe zamocowane w miejscach nienarażonych na działanie deszczu i promieni UV (oznaczone jako „próbka nienarażona”), miały średnią wytrzymałość na zginanie 28,2 MPa, a minimalną 20,8 MPa.

Na podstawie analizy danych zawartych w tabeli 2 można stwierdzić, że:

• wszystkie przebadane płyty miały fragmenty, których wartość wytrzymałości na zginanie była mniejsza średnio o ok. 16% od deklarowanej, a w niektórych przypadkach różniła się (była mniejsza) nawet 30%;

• wszystkie badane próbki charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem właściwości (różnica między minimalną wartością wytrzymałości na zginanie a wartością średnią obliczoną na podstawie badań pięciu próbek wynosiła 28%).

Należy wyjaśnić, że otrzymane wyniki spełniają wymagania podane w Deklaracji Właściwości Użytkowych, w przypadku gdy producent deklaruje wytrzymałość na zginanie nie mniejszą niż 18 MPa. Potwierdzone badawczo zróżnicowanie właściwości płyt stanowi potencjalne zagrożenie dla użytkowników, np. w przypadku występowania obszarów o gorszych parametrach wytrzymałości w miejscach, gdzie występują duże naprężenia zginające, gdyż zwiększa się tam ryzyko uszkodzenia płyty włóknisto-cementowej. Średnio ponad 21% wynosi różnica wytrzymałości na zginanie płyt włóknisto-cementowych narażonych na oddziaływanie wody i UV w stosunku do użytkowanych w warunkach o mniejszej agresywności, w ciągu zaledwie sześciu lat od momentu wbudowania. Istotne są także zauważone zmiany minimalnej wytrzymałości na zginanie z 20,8 MPa (próbki nienarażone na działanie wody i UV) do 13,2 MPa i 12,1 MPa (próbki z widocznymi przebarwieniami i deformacjami) – średnio o ok. 40% w ciągu zaledwie sześciu lat od momentu wbudowania. Zmiany mogą świadczyć o degradacji płyt włóknisto-cementowych narażonych na działanie wody, mrozu i UV lub złej jakości okładzin. Jeżeli za-

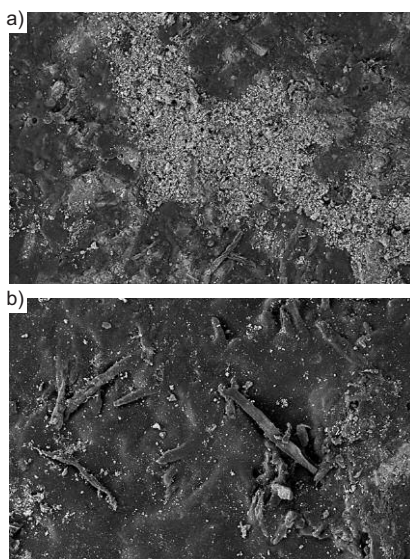
Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie płyt włóknisto-cementowych eksploatowanych przez sześć lat (na podstawie badań w laboratorium)

Table 2. The results of bending strength tests of fiber-cement claddings used for six year (based on the tests carried out by laboratory)

Nr płyty poddanej badaniom	Wytrzymałość na zginanie [MPa]		Różnica wytrzymałości na zginanie (między wartością średnią a minimalną) [%]	Wytrzymałość na zginanie [MPa] (wartość deklarowana)	Różnica wytrzymałości na zginanie (między wartością deklarowaną a minimalną) [%]	Liczba próbek w płycie wykazujących mniejszą wytrzymałość na zginanie od wartości deklarowanej
	(wartość średnia)	(wartość minimalna)				
1	19,6	14,2	27,55	18	21,11	4
2*	21,3	15,4	27,70	18	14,44	5
3*	24,0	15,4	35,83	18	14,44	2
4*	24,1	17,5	27,39	18	2,78	1
5	20,9	16,1	22,97	18	10,56	2
6	18,4	12,5	32,07	18	30,56	1
7*	21,5	16,7	22,33	18	7,22	1
8*	23,5	17,3	26,38	18	3,89	1
9	18,7	14,2	24,06	18	21,11	4
10	20,1	13,7	31,84	18	23,89	1
11	18,5	12,5	32,34	18	30,56	3
Wartość średnia	20,96	15,05	28,33	18,00	16,41	–

* próbka nienarażona

obserwowane zmniejszenie wytrzymałości na zginanie płyt włóknisto-cementowych ma charakter postępujący, to w najbliższym okresie użytkowania wartość wytrzymałości na zginanie będzie poniżej przyjętej podczas projektowania, co doprowadzi do konieczności ich pilnej wymiany. Istotne jest, że zmiany wytrzymałości płyt włóknisto-cementowych z widocznymi przebarwieniami są nierównomierne: między wartościami wytrzymałości próbek pobranych z tej samej płyty różnica wynosi 40%. Może to świadczyć o wadach materiałowych płyt w konkretnym budynku lub niekorzystnych zjawiskach fizykochemicznych zachodzących w strukturze płyt i wymaga zbadania. W tym celu przeprowadzono badania strukturalne w Laboratorium Instytutu Techniki Budowlanej za pomocą mikroskopu skaningowego. Pozwoliły one stwierdzić, że struktura powierzchni okładzin z przebarwieniami i deformacjami (fotografia 2a) różniła się od struktury okładzin użytkowanych w warunkach bez występowania cykli zamrażania-rozmrażania oraz UV (fotografia 2b). Tego typu zmiany zaobserwowano na wszystkich przebadanych okładzinach. Na okładzinach z przebarwieniami (fotografia 2a) widoczne są kryształy soli i otwarte pory. Sposób



Fot. 2. Okładzina z włókno-cementu: a) powierzchnia okładziny z przebarwieniami; b) powierzchnia okładziny bez przebarwień

Photo 2. Fiber cement cladding: a) discolored cladding surface; b) the surface of the cladding without discoloration

przygotowania próbek do badań oraz metody analizy z wykorzystaniem mikroskopu skaningowego były podobne do opisanych w [7, 8].

Wnioski

Przeprowadzone obserwacje oraz badania laboratoryjne dają podstawy do stwierdzenia, że wraz ze zmianą za-

barwienia okładzin włóknisto-cementowych i ich deformacji, oprócz utraty walorów estetycznych, może dochodzić do istotnej zmiany wytrzymałości na zginanie okładzin mającej duży wpływ na cechy techniczno-użytkowe systemu elewacyjnego: odporność na uderzenie oraz odporność na parcie i ssanie wiatru itd. Zmian tego typu nie należy bagatelizować. W przypadku stwierdzenia przebarwień na elewacjach wentylowanych konieczne są badania wytrzymałościowe oraz mikroskopowe w celu oceny możliwości ich dalszego użytkowania. Wyniki badań wytrzymałości na zginanie należy porównać z wartościami deklarowanymi przez producenta oraz przyjętymi do obliczeń. W przypadku uzyskania wartości mniejszych od deklarowanych konieczne jest opracowanie programu badawczo-eksperymentalnego pozwalającego na weryfikację właściwości użytkowych systemów elewacyjnych.

Fot. 1 – archiwum Autorów; fot. 2. – F. Chyliński

Literatura

- [1] Runkiewicz L, Kopyłow O, Sieczkowski J. Elewacje wentylowane. Diagnostyka stanu technicznego. Instrukcje, Wytyczne, Poradniki. Instytut Techniki Budowlanej. 2021 r.
- [2] PN-EN 12467+A2:2018-06 Płyty płaskie włóknisto-cementowe – Właściwości wyrobu i metody badań.
- [3] Schabowicz K. Elewacje wentylowane. Technologia produkcji i metody badania płyt włóknisto-cementowych. Wrocław. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2018.
- [4] Drobiec L. Problemy eksploatacyjne elewacji z prefabrykowanych płyt betonowych. Materiały Budowlane. 2020. DOI: 10.15199/33.2020.09.04.
- [5] Lachiewicz-Złotowska A, Tews R. Ocena prefabrykatów elewacyjnych z betonu architektonicznego. Materiały Budowlane. 2013; 495 (11): 68 ÷ 69.
- [6] PN-EN ISO 12944-2:2018-02 Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich – Część 2: Klasyfikacja środowisk.
- [7] Chyliński F, Michalik A, Kozicki M. Effectiveness of Curing Compounds for Concrete. Materials. 2022; 15: 2699.
- [8] Chyliński F, Goljan A, Michalik A. Fly ash with ammonia: Properties and emission of ammonia from cement composites. Materials. 2021.

Podziękowania

Autorzy dziękują dr. inż. Filipowi Chylińskiemu za pomoc przy napisaniu artykułu, m.in. wykonanie fotografii mikroskopem skaningowym.

Przyjęto do druku: 24.11.2022 r.