

# Nieniszczące badania wilgotności płyt włóknisto-cementowych metodą dielektryczną

## Non-destructive testing of fiber cement board moisture using dielectric method

### Streszczenie

W artykule przedstawiono nieniszczące badania wilgotności płyt włóknisto-cementowych z zastosowaniem metody dielektrycznej. Wilgotność tych płyt po całkowitym wysuszeniu jest istotnym parametrem określającym możliwość ich dalszej obróbki. Pomiary wilgotności wykonywano na płytach włóknisto-cementowych po zakończonym procesie produkcyjnym i końcowym wysuszeniu. Na podstawie wyników badań nieniszczących wykonano mapy rozkładu wilgotności w płytach. W artykule została potwierdzona przydatność dielektrycznej metody nieniszczącej do określania zawartości wilgoci w płytach włóknisto-cementowych i wykrywania w nich nadmiernie zawilgoconych obszarów.

**Słowa kluczowe:** ultradźwiękowa metoda bezkontaktowa, NDT, płyty celulozowo-cementowe, zawilgoconie

### Abstract

This paper presents non-destructive testing of fiber cement board moisture using dielectric method. The moisture content of such boards after final curing is one of their vital parameters, determining their further treatment. The moisture content of cellulose fibre cement boards was tested after production process. Maps of board moisture distribution were plotted on the basis of the NDT results. The nondestructive testing method has been found useful for determining the moisture content in cellulose fibre cement boards and detecting defective areas in them.

**Keywords:** non-contact ultrasound, NDT, cellulose fibre cement boards, moisture content

## Wstęp

W praktyce budowlanej mamy często do czynienia z sytuacją, w której trzeba określić wilgotność materiałów budowlanych. Jest to bardzo ważne w przypadku, kiedy trzeba wykonać prace wykończeniowe wymagające niskiej wilgotności podłoża, na którym mają być wykonane. Przykładem może tu być ułożenie posadzki drewnianej na podkładzie betonowym. Wykorzystywane do tego celu mogą być metody nieniszczące ze szczególnym uwzględnieniem metody dielektrycznej. Istotna jest również kontrola wilgotności już na etapie

produkcji materiału budowlanego, bo pozwala określić, w którym momencie doszło do zawilgoconia materiału i jakie spowodowało to skutki.

Autorzy w niniejszym artykule zwracają uwagę na badania wilgotności płyt włóknisto-cementowych nazywanych także celulozowo-cementowymi. Płyty te są stosowane w budownictwie już od ponad wieku. Ich pomysłodawcą był czeski inżynier Ludwik Hątschek. W 1900 r. opracował i opatentował technologię produkcji lekkiej, wytrzymałej, trwałej i niepalnej płyty azbestowo-cementowej, której nadał nazwę „eternit” [1,2]. Obecnie azbest zastąpiono bezpiecznymi włóknami celulozowymi [1÷3]. Płyty włóknisto-cementowe

Dr inż. Tomasz Gorzelańczyk, dr inż. Krzysztof Schabowicz – Politechnika Wroclawska.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: tomasz.gorzelańczyk@pwr.edu.pl

charakteryzują się trwałością, wysoką wytrzymałością na zginanie, odpornością na wilgoć i korozję biologiczną [1÷3]. Są stosowane wewnątrz w tzw. „mokrych pomieszczeniach” (łazienki, sauny, pomieszczenia na basenach i SPA) i na zewnątrz w układzie tzw. elewacji wentylowanej [1÷3].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie badania wilgotności na całej powierzchni płyt włóknisto-cementowych zewnętrznych oraz zaprezentowanie wyników badań rozkładu wilgotności gotowych płyt po przejściu wszystkich etapów produkcyjnych, jakie otrzymali autorzy. Badania zostały wykonane za pomocą niszczącej metody suszarkowo-wagowej i nieniszczącej metody dielektrycznej [4].

## Opis badań

Wilgotność płyt włóknisto-cementowych jest bardzo istotnym parametrem dostarczającym informacji o jakości wykonania oraz obróbki płyty podczas procesu produkcyjnego. W związku z tym końcowa wilgotność płyty jest bardzo istotna, ponieważ proces nakładania struktury ozdobnej na płytę jej lakierowania wymaga

odpowiedniego przygotowania płyty i zapewnienia wilgotności na poziomie 6%. W pracy autorzy przeprowadzili badania wybranych płyt włóknisto-cementowych w końcowej fazie produkcji, przygotowanych do lakierowania. Dotyczyły one płyt do zastosowań zewnętrznych (elewacyjnych). Płyty składały się w ok. 50÷70% z cementu. Pozostałą część składników stanowiły różnego rodzaju włókna mineralne (najczęściej celuloza) oraz wypełniacze (np. mączka wapienna, kaolin, perlit, piasek kwarcowy).

Badania wykonano z wykorzystaniem wagosuszarki oraz miernika dielektrycznego Trotec T650, które pokazano na rysunku 1.

Punkty badawcze do pomiarów nieniszczących wybrano na powierzchni górnej płyty. Badane płyty miały wymiary 1200x3050 mm każda. Punkty pomiarowe były oddalone co najmniej o 100 mm od krawędzi płyty i ok. 200÷255 mm od siebie, co pozwoliło na każdej płycie umieścić 72 punkty pomiarowe, tak jak pokazano na rysunku 2. Łącznie przebadano ok. 300 płyt włóknisto-cementowych i uzyskano ponad 20 tys. wyników. Na rysunku 3 przedstawiono opracowaną do określenia wilgotności płyt włóknisto-cementowych własną krzywą skalowania wraz z jej równaniem i współczynnikiem korelacji.

a)

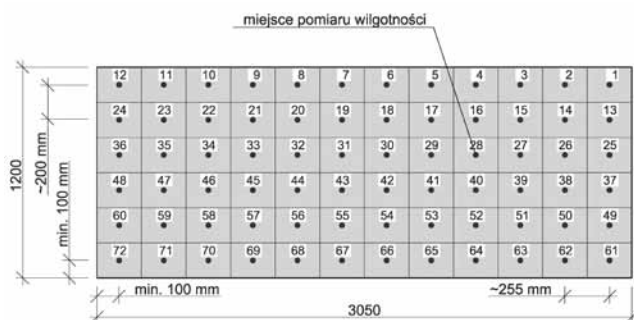


b)



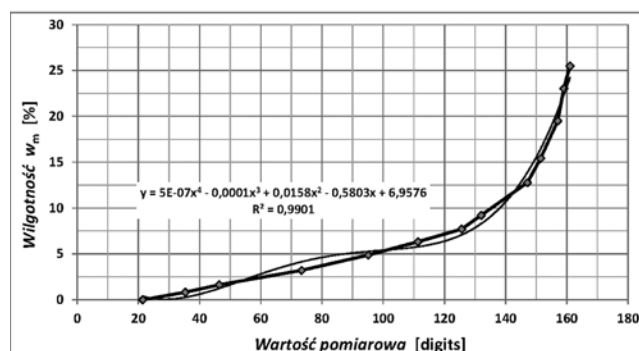
Rys. 1. Aparatura badawcza: a) wagosuszarka, b) miernik dielektryczny Trotec T650

Fig. 1. Test equipment: a) weight-dryer, b) the dielectric measure Trotec T650



Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych do badania wilgotności na płycie włóknisto-cementowej

Fig. 2. Location of measurement points to the moisture content on the fibro-cement board



Rys. 3. Krzywa skalowania przyjęta do badania

Fig. 3. Scaling curve admitted for testing

Z kolei w tablicy I przedstawiono przykładowe wyniki wilgotności uzyskane dla jednej partii przebadanych płyt włóknisto-cementowych.

W celu weryfikacji rezultatów otrzymanych metodą dielektryczną zastosowano metodę suszarkowo-wagową zgodnie z [5,7,8÷10]. W tym celu z każdej badanej płyty w miejscu dokonywania pomiarów metodą dielektryczną wycinano niewielkie próbki, które ważono, a następnie suszono w temperaturze 105 °C do stałej masy, po czym z poniższej zależności wyznaczano wilgotność masową wyrażoną w procentach.

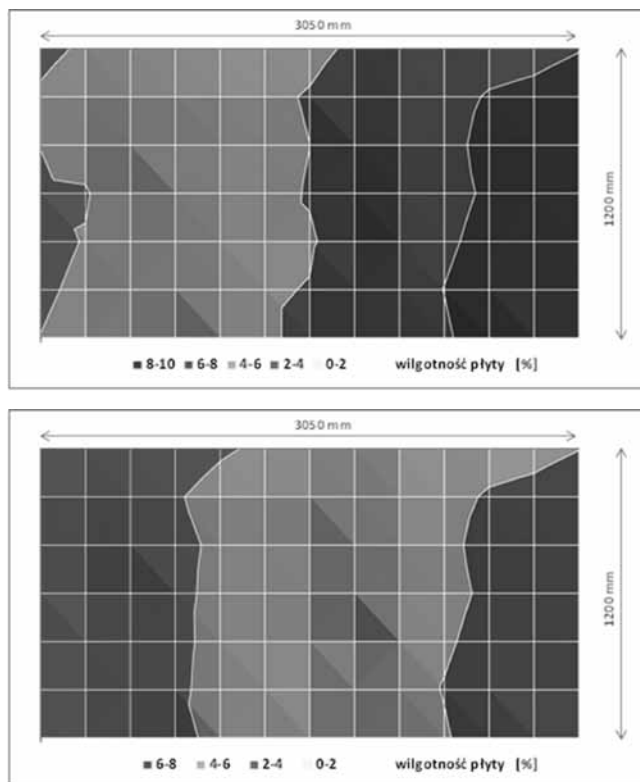
$$W_m = \frac{m_w - m_s}{m_s} [0\%]$$

gdzie:

$m_w$  – masa próbki o aktualnej wilgotności [g],  
 $m_s$  – masa próbki wysuszonej w 105 °C [g].

## Wyniki badań i ich analiza

Przykładowe wyniki badań w postaci mapy rozkładu średnich wartości wilgotności w badanych płytach włóknisto-cementowych zewnętrznych pokazano na rysunku 4.



**Rys. 4.** Mapy rozkładu średnich wartości wilgotności w płycie włóknisto-cementowej zewnętrznej (elewacyjnej)

**Fig. 4.** Maps of the distribution of average values of moisture in fiber-cement exterior board (façade)

**Tablica I.** Przykładowe wyniki wilgotności zewnętrznych płyt włóknisto-cementowych

**Table I.** Examples of results of fibro-cement board external moisture

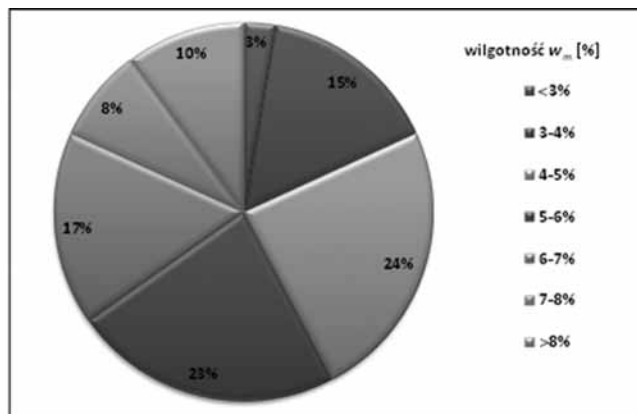
Punkt pomiarowy	Wilgotność $w_m$ , %			
	Płyta zewnętrzna PZ 21/07.08.2013/	Płyta zewnętrzna PZ 29/07.08.2013/	Płyta zewnętrzna PZ 139/07.08.2013/	Płyta zewnętrzna PZ 246/07.08.2013/
1	7,96	5,98	6,57	7,66
2	7,72	5,81	6,50	7,61
3	7,59	5,71	6,28	7,45
4	7,22	5,43	5,95	7,16
5	6,97	5,24	5,58	6,95
6	6,18	4,73	5,04	6,05
7	5,71	4,30	4,63	5,58
8	5,43	4,09	4,44	5,27
9	5,23	3,93	4,29	5,09
10	4,94	3,72	3,70	4,72
11	4,55	3,42	3,36	4,12
12	4,09	3,08	3,17	3,63
13	8,46	6,37	6,72	7,51
14	8,22	6,18	6,53	7,32
...	...	...	...	...
72	4,01	3,02	3,57	3,78

Analizując otrzymane wyniki, należy zwrócić uwagę, że z punktu widzenia jakości gotowej płyty najważniejsza jest jej wilgotność płyty po przejściu przez ostatnią strefę, a mianowicie piec końcowego suszenia.

I tak, z analizy map rozkładu średnich wartości wilgotności płyt pokazanych na rysunku 4 wyraźnie widać, że rozkład wilgotności jest nierównomierny na długości płyty. Wyznaczona wilgotność końcowa zawiera się w przedziale od 3 do ponad 8%. Jest to dość duży rozrzut wyników wilgotności, ale niestety typowy w płycie po przejściu przez piec końcowego suszenia. Wynika to prawdopodobnie z budowy pieca i umiejscowienia w nim czynników suszących. Przeprowadzone badania pozwoliły wprowadzić system kontroli wilgotności płyt i udoskonalenia techniczne w konstrukcji pieca, mające wpływ na równomierny rozkład ciepła podczas suszenia płyt i tym samym na równomierny rozkład wilgotności w płycie włóknisto-cementowej.

Na podstawie wyników badań uzyskanych przez autorów wykonano dodatkowo wykres kołowy zamieszczony na rysunku 5, na którym przedstawiono udział powierzchni przebadanych płyt o określonej wilgotności masowej wyrażonej w procentach. Jak widać z tego

rysunku, największy udział procentowy w badanych płytach zajmują powierzchnie (prawie 50%) o wilgotności od 4 do 6%. Na tej podstawie można stwierdzić, że średnia wilgotność masowa  $w_m$  badanych płyt wynosi ok. 6%.



Rys. 5. Procentowy udział powierzchni płyt o określonej wilgotności masowej  $w_m$

Fig. 5. Percentage of surface board at a certain humidity storage  $w_m$

## Wnioski

Wykonane badania umożliwiły wyznaczenie map rozkładu średnich wilgotności gotowych płyt włóknisto-cementowych zewnętrznych (elewacyjnych), tj. płyt po przejściu przez piec końcowego suszenia.

Na podstawie badań należy stwierdzić, że rozkład wilgotności płyt jest nierównomierny. Zdaniem autorów wynika to z typowej konstrukcji pieca końcowego suszenia. Trzeba zaznaczyć, że wilgotność płyt włóknisto-cementowych jest bardzo istotnym parametrem z punktu widzenia jej przydatności do użytkowania i trwałości. Jej nierównomierny rozkład ma nie tylko wpływ na parametry wytrzymałościowe płyty, ale co bardzo istotne, ma negatywny wpływ na dalszą obróbkę płyty, w szczególności na proces

impregnowania, pokrywania lakierem, czy inną strukturą ozdobną. W płytach takich obserwuje się wówczas złą przyczepność powierzchni, co powoduje znaczne obniżenie trwałości płyty, szczególnie pod wpływem zmiennych warunków atmosferycznych.

Po przeprowadzeniu przedmiotowych badań autorzy uważają, że nieniszcząca metoda dielektryczna pomiaru wilgotności jest mało precyzyjna z uwagi na duże rozrzuty uzyskanych wyników i stosunkowo za małą dokładność aparatury pomiarowej. Zdaniem autorów do pomiarów rozkładu wilgotności w płytach włóknisto-cementowych, ale również do identyfikacji imperfekcji materiałowych w takich płytach można by zastosować inne nieniszczące metody badawcze, np. bezkontaktową metodę ultradźwiękową z wykorzystaniem fal Lamba.

## Literatura

- [1] Informacje ze strony internetowej: <http://www.euronit.de/>
- [2] Informacje ze strony internetowej: <http://www.cembrit.com/>
- [3] PN-EN 12467:2013-03E – Płyty płaskie włóknisto-cementowe. Charakterystyka wyrobu i metody badań.
- [4] American Concrete Institute Report ACI 228.2R-98: Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures, ACI, Farmington Hills, Michigan, 1998.
- [5] J. Hoła, K. Schabowicz: State-of-the-art nondestructive methods for diagnostics testing of building structures – anticipated development trends; Archives of Civil and Mechanical Engineering, 11, s. 5-11, 2010.
- [6] V. M. Malhort, J. N. Carino: Handbook on nondestructive testing of concrete; CRC Press, 2004.

- [7] A. M. Neville: Właściwości betonu, Polski Cement, Kraków, 2000.
- [8] J. Hoła, Z. Matkowski: Wybrane problemy dotyczące zabezpieczeń przeciwwilgociowych ścian w istniejących obiektach murowanych; Awaryjne budowlane: zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje, XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin-Międzyzdroje, 26-29 maja 2009 Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, s. 73-92, 2009.
- [9] J. Karyś, K. Zwierzyński: Pomiar wilgotności przegród budowlanych metodami elektrycznymi – wybrane problemy; V Warsztaty Rzeczoznawcy Mykologiczno-Budowlanego, PSMB, Wrocław, 2006.
- [10] Z. Matkowski, A. Pawlonka: Analiza nieniszczących metod badania wilgotności betonu; Praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 1982.