

Krzysztof Schabowicz^{1*}, Marcin Matuszewski², Brigitte Nierösel³, Dominik Schlößer³

¹Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Wrocław

²CASP System Sp.z o.o., Jaworzno

³YXLON International GmbH, Hamburg, Germany

Nieniszczące badania struktury materiałów włóknisto-cementowych z użyciem tomografii komputerowej

Non-destructive testing of fibre-cement structure materials using computer tomography

ABSTRACT

The paper presents a proposal of fibre-cement boards testing using non-destructive x-ray computed tomography.

Five types of fibrous-cement boards were tested: internal, facade, façade colored, interior colored and waterproof.

Interesting research results have been obtained which have allowed us to observe the microstructure of the examined boards.

Keywords: non-destructive testing, fiber-cement board, x-ray computer tomography

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę badań nieniszczących płyt włóknisto-cementowych metodą tomografii komputerowej. Badaniom poddano 5 rodzajów płyt włóknisto-cementowych: płyta wewnętrzna, elewacyjna, elewacyjna barwiona w masie, wewnętrzna barwiona w masie i wodoodporna. Otrzymano rezultaty badań pozwoliły zaobserwować mikrostrukturę badanych płyt i odnieść wyniki do badań metalograficznych, jak i do innych badań nieniszczących.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, płyty włóknisto-cementowe, tomografia komputerowa

1. Wprowadzenie

Włókno-cement jest powszechnie stosowany w budownictwie jako materiał budowlany i wykończeniowy w postaci płyt dachowych, płyt elewacyjnych oraz płyt wewnętrznych [1, 2, 6-8].

Płyty włóknisto-cementowe produkowane są między innymi z: cementu, włókna celulozowego i polialkoholu winylowego (PVA) oraz wypełniaczy takich jak np. wapień, kaolin oraz wody. Znaczną część mieszanki produkcyjnej (ponad 50%) stanowi cement odpowiedzialny za wiązanie materiału i jego ostateczną trwałość. Celuloza stanowi zbrojenie i wypełniacz oraz jest dodatkiem gwarantującym właściwą ilość wody podczas procesu wiązania cementu. Z kolei włókna PVA stosuje się jako zbrojenie konstrukcyjne płyt włóknisto-cementowych, które nadaje jej określoną wytrzymałość [1, 2].

Płyty włóknisto-cementowe stosowane na elewacjach i powierzchniach dachowych są narażone na powstawanie wad produkcyjnych poprzez nieprawidłowe wymieszanie składników, wydzielenia lub zaleganie pęcherzy powietrza powodując pocienienie nominalnej grubości. Ponadto wpływ czynników środowiskowych takich jak zmiany temperatury, opady deszczu, śnieg itd. mogą powodować starzenie produktu i powstanie mikropęknięcie. W związku z tym istotne jest określenie, w jaki sposób ubytki produkcyjne i eksploatacyjne wpływają na projektowaną funkcjonalność, trwałość i poziom wykorzystania produktów na bazie włókno-cement.

Obecnie przeprowadzone badania materiałowe płyt włókno-cementu dotyczyły określania normowych parametrów fizyko-mechanicznych [3, 6]. W literaturze spotkać można rezultaty badań wykonanych z wykorzystaniem metod nieniszczących, m.in. metody ultradźwiękowej i metody emisji akustycznej [4, 5, 9]. Istnieje zatem możliwość użycia innej metody badań nieniszczących w celu szerszego poznania zagadanie i możliwości porównania otrzymanych wyników. Takie porównanie pozwala odpowiedzieć, które techniki badań NDT potwierdzą wyniki i zasadność ich stosowania, bo tylko zwalidowana technika badawcza może być uznana za wiarygodną. Dzięki wykorzystaniu tomografii komputerowej możemy przeprowadzić analizę takich materiałów w zakresie kontroli mikrostruktury i wszelkich występujących niezgodnościach.

Nowoczesne metody tomograficzne stosowane w odniesieniu do materiałów budowlanych umożliwiają pozyskanie informacji dotyczących diagnozy procesu niszczenia, relacji pomiędzy mikrostrukturą i właściwościami użytkowymi [10, 11]. Rozwój metod tomograficznych zmierza głównie do detekcji różnego rodzaju defektów w badanym materiale. Autorzy niniejszego artykułu podjęli próbę wykorzystania tomografii komputerowej do nieniszczącego badania struktury płyt włóknisto-cementowych.

2. Opis badań

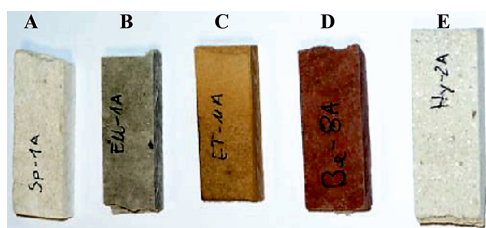
Analizie poddano pięć płyt włóknisto-cementowych o różnym składzie i zastosowaniu tj. płytę wewnętrzną, elewacyjną, elewacyjną barwioną w masie, wewnętrzną barwioną w masie i wodoodporną, oznaczane w dalszej części artykułu

*Autor korespondencyjny. E-mail: krzysztof.schabowicz@pwr.edu.pl

odpowiednio literami od A do E i pokazane na rysunku 1, z których pobrano próbki do badań:

- próbka A- płyta wewnętrzna,
- próbka B - płyta elewacyjna,
- próbka C –płyta elewacyjna barwiona w masie,
- próbka D – płyta wewnętrzna barwiona w masie,
- próbka E – płyta wodoodporna.

Podczas badania oceniano wygląd przekroju i struktury płyt włóknisto-cementowych.



Rys. 1. Widok próbek pobranych z płyt włóknisto-cementowych do badania rentgenowskiego tomografem komputerowym
Fig. 1. View of samples taken from fibre-cement boards for X-ray computer tomography

W badaniach wykorzystano system tomografii komputerowej FF 20 CT firmy Yxlon International GmbH pozwalający na badanie detali o wadze do 20 kg i wymiarach przestrzeni roboczej $\varnothing 150$ na 300mm. Ten zaawansowany system tomografii komputerowej wyposażony w pakiet metrologiczny umożliwia prowadzenia badań zgodnie z normą VDI 2630 i uzyskanie takich samych lub dokładniejszych pomiarów niż maszyny współrzędnościowe.



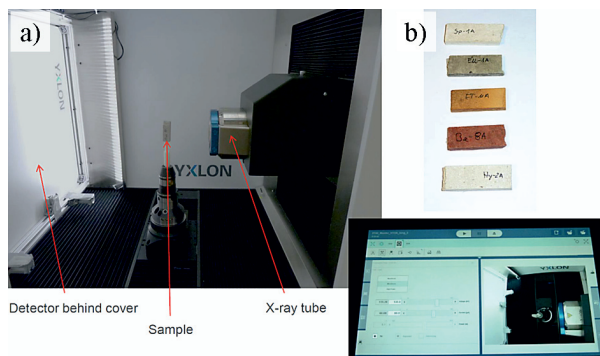
System FF 20 CT składa się z następujących elementów:

- mikroogniskowej lampy rentgenowskiej Y.FXE 190.61,
- detektora cyfrowego o wymiarze piksela $127 \mu\text{m}$,
- granitowej bazy manipulatora wraz z stolikiem inspekcyjnym,
- komputera z oprogramowaniem Volume Grapice 3.0.

Badane próbki zostały poddane działaniu promieniowania jonizującego, w wyniku czego uzyskano szereg obrazów 2D przy różnym kącie obrotu, następnie dokonano rekonstrukcji obrazów i otrzymano model 3D.

Parametry badania dla badanych próbek ustalono doświadczeniowo i przyjęto:

- parametry ekspozycji lampy rentgenowskiej 135 kV, 60 μA ,
- odległość lampy od detektora 600mm,
- liczbę projekcji: 1200,
- powiększenie geometryczne 5x,
- rozmiar voksela: 27 μm .

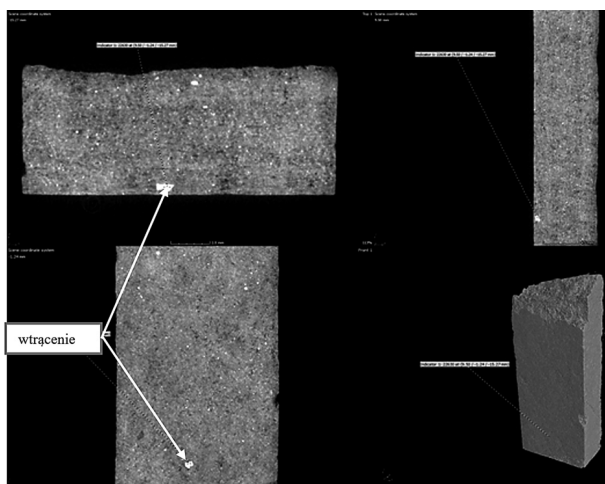


Rys. 2. Widok wykorzystanego do systemu badawczego na zewnątrz (a) i widok od środka wraz z próbkami do badań (b)

Fig. 2. The view of used for the outdoor test system (a) and center view with test specimens (b)

3. Wyniki badań

Na rysunku 3 przedstawiono model 3D próbki A (płyta wewnętrzna) wraz z obrazami w płaszczyźnie cięcia kolejno od lewej X, Y, Z. Warto podkreślić, że przy zastosowaniu rentgenowskiej tomografii komputerowej mamy możliwość wyboru miejsca przekroju analizowanej próbki, bez potrzeby jej niszczenia, a tym samym możemy analizować i obserwować zmiany w dowolnym jej miejscu.



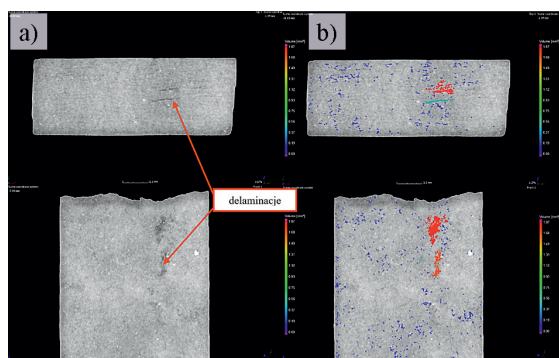
Rys. 3. Obrazy z tomografu komputerowego uzyskane dla próbki

pobranej z płyty A
Fig. 3. Images obtained with the use of X-ray computer tomography for the board A

Na podstawie analizy wyników przedstawionych na rysunku 3 stwierdzono warstwowy układ mineralnego wypełniacza płytkowego zgodny z kierunkiem prasowania płyty. Ponadto w badanej próbce stwierdzono wtrącenia pochodzenia organicznego powstałe na etapie produkcji, które zaznaczono na rysunku 3.

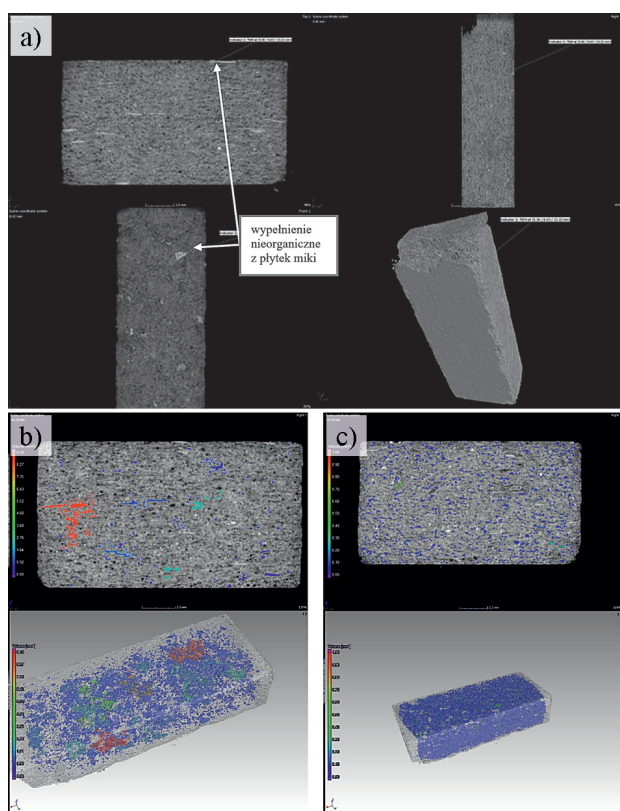
Na rysunku 4 pokazano obrazy z tomografu komputerowego uzyskane dla próbki pobranej z płyty D wraz z analizą wtrąceń i analizą porowatości. Na podstawie analizy wyników stwierdzono delaminację w próbce, którą zaznaczono na rysunku 4. Stwierdzone rozwarstwienie o długości 1,982 mm na styku warstw płyty włóknisto-cementowej jest stosunkowo niewielkie, ale poddane czynnikom eksploatacyjnym (obciążenie wiatrem, woda opadowa itp.) może propagować

i w konsekwencji doprowadzić do uszkodzenia całej płyty. Z tego powodu tak ważne jest wyeliminowanie wad na etapie produkcyjnym, aby w późniejszym etapie wykluczyć uszkodzenia, a tym samym wydłużyć czas eksploatacji.



Rys. 4. Obrazy z tomografu komputerowego uzyskane dla próbki pobranej z płyty D (a) wraz z analizą wtrąceń i analizą porowatości (b)

Fig. 4. Images obtained with the use of X-ray computer tomography for the board D (a) - analysis of inclusions with porosity analysis (b)



Rys. 5. Obrazy uzyskane przy użyciu rentgenowskiego tomografu komputerowego (a), analiza wtrąceń (b) wraz z analizą porowatości (c) dla próbki pobranej z płyty E

Fig. 5. Images obtained with the use of X-ray computer tomography, analysis of inclusions (b) with porosity analysis (c) for the board E

Próbka D została także zbadana pod kątem analizy porowatości i niezgodności objętościowych. Wykazała udział procentowy porów na poziomie 1,65 % i sumaryczną objętość wad 111 mm³.

Z kolei na rysunku 5 pokazano obrazy uzyskane przy użyciu rentgenowskiego tomografu komputerowego dla próbki pobranej z płyty E. Na rysunku 5b i 5c przedstawiono analizę wtrąceń i analizę porowatości. W próbce E określono, że wtrącenia stanowią 0,05% badanej próbki z objętością niezgodności na poziomie 1,07 mm³.

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono propozycję badania płyt włóknisto-cementowych nieniszcząca metodą tomografii komputerowej. Badaniom poddano łącznie pięć próbek pobranych z pięciu różnych płyt włóknisto-cementowych, o różnym składzie i zastosowaniu tj. A - płyta wewnętrzna, B - elewacyjna, C - elewacyjna barwiona w masie, D - wewnętrzna barwiona w masie i D - wodoodporna. Na podstawie uzyskanych rezultatów badań zaobserwowano zmiany zachodzące w mikrostrukturze badanych materiałów pod wpływem czynników powstałych w trakcie produkcji. Poszerzona analiza dla próbek D i E o badania porowatości oraz wtrąceń pozwalają pozyskać informacje o stanie i właściwościach badanych próbek. Umożliwia to dopracowanie procesu produkcyjnego, a w konsekwencji otrzymanie lepszego wyrobu budowlanego.

5. Literatura/References

- [1] "Dachówka cementowa EURONIT | CREATON Polska", Euronit.pl, 2017. [Online]. Available: <http://www.euronit.pl>. [Accessed: 09- Oct- 2017]
- [2] "Cembrit Holding A/S, Denmark", Cembrit.com, 2017. [Online]. Available: <http://www.cembrit.com>. [Accessed: 09- Oct- 2017]
- [3] PN-EN 12467:2013-03E, Płyty płaskie włóknisto-cementowe. Charakterystyka wyrobu i metody badań.
- [4] R. Drelich, T. Gorzelańczyk, M. Pakuła, K. Schabowicz, "Automated control of cellulose fibre cement boards with a non-contact ultrasound scanner", *Automation in Construction*, vol. 57, pp. 55-63, 2015. DOI 10.1016/j.autcon.2015.04.017
- [5] T. Gorzelańczyk, K. Schabowicz, "Non-Destructive Testing of Moisture in Cellulose Fiber Cement Boards", in *11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014)*, Prague, October 6-10, 2014.
- [6] T. Gorzelańczyk, K. Schabowicz, "Badania płyt włóknisto-cementowych zawierających materiały z recyklingu", *Materiały Budowlane*, no. 10, pp. 27-29, 2015. DOI 10.15199/33.2015.10.07
- [7] T. Gorzelańczyk, K. Schabowicz, "Rewitalizacja elewacji budynków z zastosowaniem płyt włóknisto-cementowych", *Materiały Budowlane*, no. 11, pp. 163-165, 2015. DOI 10.15199/33.2015.11.53
- [8] K. Schabowicz, T. Gorzelańczyk, M. Szymków, "Elewacje wentylowane", *Architektura Murator*, no. 6, Warsztat Architekta, no. 3, pp. 36-53, 2017.
- [9] T. Gorzelańczyk, K. Schabowicz, M. Szymków, "Nieniszczące badania płyt włóknisto-cementowych z wykorzystaniem emisji akustycznej", *Przegląd Spawalnictwa*, vol. 88, no. 10, pp. 35-38, 2016. DOI 10.26628/ps.v88i10.682
- [10] D. Szponder, K. Trybalski, "Określanie właściwości popiołów lotnych przy użyciu różnych metod i urządzeń badawczych", *Górnictwo i Geoinżynieria*, vol. 33, no. 4, pp. 287-298, 2009.
- [11] A. Kędzior, K. Trybalski, A. Konieczny, "Zastosowanie nowoczesnych metod badawczych w inżynierii mineralnej", *Inżynieria Mineralna*, no. 3, pp. 155-161, 2003.