

Krzysztof Schabowicz<sup>1\*</sup>, Marcin Matuszewski<sup>2</sup>, Brigitte Nierösel<sup>3</sup>, Dominik Schlößler<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Wrocawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Wrocław

<sup>2</sup>CASP System Sp. z o.o., Jaworzno

<sup>3</sup>YXLON International GmbH, Hamburg, Germany

# Nieniszczące badania struktury materiałów w ównisto-cementowych z użyciem tomografa i 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 fibre-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, fibre-cement board, x-ray computer tomography

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę badań nieniszczących płyt w ównisto-cementowych metodami tomografii i komputerowej. Badaniom poddano 5 rodzajów płyt w ównisto-cementowych: płytę wewnętrzną, elewacyjną, elewacyjną barwioną w masie, wewnętrzną barwioną w masie i wodoodporną. Otrzymano rezultaty badań, które pozwoliły zaobserwować mikrostrukturę badanych płyt i odnieść wyniki do badań metalograficznych, jak i do innych badań nieniszczących.

**Słowa kluczowe:** badania nieniszczące, płyty w ównisto-cementowe, tomografia komputerowa

### 1. Wprowadzenie

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

Płyty w ównisto-cementowe produkowane są z innymi składnikami: w ówno celulozowego i polialkoholu winylowego (PVA) oraz wypełniaczami takimi jak np. wapień, kaolin oraz woda. Znaczącą mieszankę produkcyjną (ponad 50%) stanowi cement odpowiedzialny za wiązanie materiału i jego ostateczną trwałość. Celuloza stanowi zbrojenie i wypełniacz oraz jest dodatkiem gwarantującym wadliwym ilości wody podczas procesu wiązania cementu. Z kolei w ówno PVA stosuje się jako zbrojenie konstrukcyjne płyt w ównisto-cementowych, które nadaje im odpowiednią wytrzymałość [1, 2].

Płyty w ównisto-cementowe stosowane na elewacjach i powierzchniach dachowych są narażone na powstawanie wad produkcyjnych poprzez nieprawidłowe wymieszanie składników, wydzielenia lub zaleganie powietrza powodujące pocienie nominalnej grubości. Ponadto wpływ czynników środowiskowych takich jak zmiany temperatury, opady deszczu, śnieg itp. mogą powodować starzenie produktu i powstanie mikropęknięć. 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 w ówno-cementu.

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

Obecnie przeprowadzone badania materiału płyt w ówno-cementu dotyczą określenia normowych parametrów wytrzymałościowych [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 innych metod badań nieniszczących w celu szerszego poznania zagadnienia 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 i komputerowej możemy przeprowadzić analizę takich materiałów w zakresie kontroli mikrostruktury i wszelkich występujących niezgodności.

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 badanych materiale. Autorzy niniejszego artykułu podjęli próbę wykorzystania tomografii i komputerowej do nieniszczącego badania struktury płyt w ównisto-cementowych.

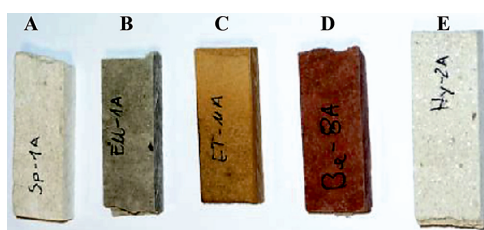
### 2. Opis badań

Analizie poddano pięć płyt w ównisto-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

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

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

Podczas badania oceniano wygląd przekroju i strukturę płyt w ównisto-cementowych.



Rys. 1. Widok próbek pobranych z płyt w ównisto-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 tomogra i komputerowej FF 20 CT firmy Yxlon International GmbH pozwalający na badanie detali o wadze do 20 kg i wymiarach przestrzenni roboczej  $\varnothing 150$  na 300mm. Ten zaawansowany system tomogra i komputerowej wyposażony w pakiet metrologiczny umożliwia prowadzenie badań zgodnie z normą VDI 2630 i uzyskanie takich samych lub dokładniejszych pomiarów niż maszyny współczesne.



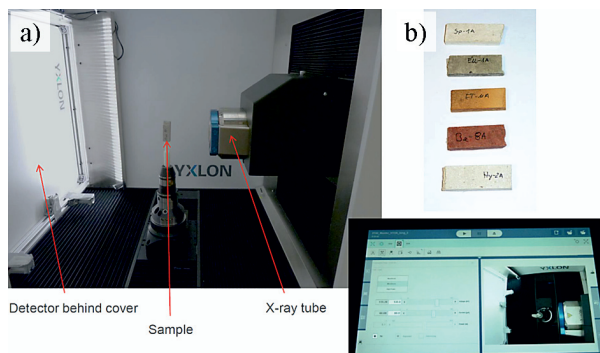
System FF 20 CT składa się z następujących elementów:

- ‡ mikroogniskowej lampy rentgenowskiej Y.FXE 190.61,
- ‡ detektora cyfrowego o wymiarze piksela 127  $\mu$ m,
- ‡ granitowej bazy manipulatora wraz z stołkiem inspekcyjnym,
- ‡ komputera z oprogramowaniem Volume Graphic 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 do wiadczalnie i przyjęto:

- ‡ parametry ekspozycji lampy rentgenowskiej 135 kV, 60 A,
- ‡ odległość lampy od detektora 600mm,
- ‡ liczbę projekcji: 1200,
- ‡ powiększenie geometryczne 5x,
- ‡ rozmiar woksela: 27  $\mu$ m.

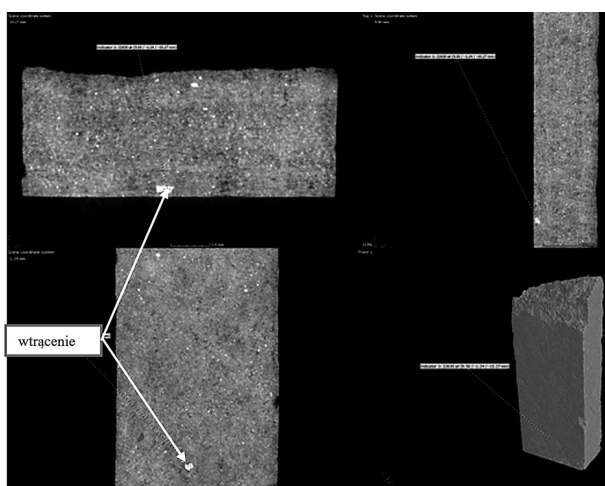


Rys. 2. Widok wykorzystanego do systemu badawczego na zewnętrznej stronie (a) i widok od środka wraz z próbkami do badania (b)

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

### Wyniki badań

Na rysunku 3 przedstawiono model 3D próbki A (płyta wewnętrzna trzyna) wraz z obrazami w płaszczyznach 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 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 warstwową strukturę mineralnego wypełnienia płytowego zgodną z kierunkiem prasowania płyt. 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 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 płyt w ównisto-cementowej jest stosunkowo niewielkie, ale poddane czynnikom eksploatacyjnym (obciążenie wiatrem, woda opadowa itp.) może propagować

