

Mateusz Szymków*, Krzysztof Schabowicz, Tomasz Gorzelańczyk
Politechnika Wrocławska

Nieniszcząca ocena wpływu wysokiej temperatury na destrukcję struktury płyty włóknisto-cementowej

Non-destructive assessment of the effect of high temperature on the destruction of the structure of the fiber-cement board

ABSTRACT

The paper presents the influence of high temperature to the destruction of the structure of fiber-cement board. It was shown on the results obtained for the boards that were in a tunnel furnace during the failure. Fiber cement boards were tested on the plate in a tunnel furnace during a failure and plate dried in normal conditions. During the research a non-destructive method of acoustic emission in combination with artificial neural networks were used. Results allowed to observe visible changes in the structure of the tested panels under the influence of high temperature.

Keywords: fiber cement boards; high temperature; acoustic emission; non-destructive methods; artificial neural networks

STRESZCZENIE

W pracy pokazano, jaki wpływ ma wysoka temperatura na destrukcję struktury płyty włóknisto-cementowej. Przedstawiono to na podstawie badań uzyskanych dla płyt, które przebywały w piecu tunelowym podczas jego awarii. Badane były płyty włóknisto-cementowe przebywające w piecu tunelowym podczas awarii oraz płyta wysuszona w prawidłowych warunkach. Do badań zastosowano nieniszcząca metodę emisji akustycznej w połączeniu ze sztucznymi sieciami neuronowymi. Rezultaty badań pozwoliły zaobserwować widoczne zmiany zachodzące w strukturze badanych płyt pod wpływem działania wysokiej temperatury.

Słowa kluczowe: płyty włóknisto-cementowe; wysoka temperatura; emisja akustyczna; metody nieniszczące; sztuczne sieci neuronowe

1. Wstęp

Technologia produkcji płyt włóknisto-cementowych została opracowana przez czeskiego wynalazcę Hatscheka. Pierwsze wyprodukowane płyty otrzymały nazwę „Eternit” [1]. Włókno-cement od tamtego czasu był wielokrotnie modyfikowany, a jego skład istotnie zmieniany. W latach 90 usunięto z jego składu azbest, zastępując go włóknami celulozowymi [2-4]. Dziś w jego składzie można znaleźć włókna pochodzące z recyklingu, co wpisuje się w zasady zrównoważonego rozwoju i czyni go produktem innowacyjnym stosowanym w budownictwie głównie jako: okładzina zewnętrzna elewacyjna w systemie elewacji wentylowanych, a także okładziny wewnętrzne [5, 6]. Jak wiele wyrobów budowlanych tak i płyty włóknisto-cementowe narażone są na powstawanie wad i uszkodzeń na etapie produkcji. Proces produkcji płyt włóknisto-cementowych składa się z wielu etapów, opisanych dokładnie w pracy [6]. W końcowej fazie produkcji następuje suszenie płyt w piecu tunelowym i polega to na przemieszczeniu płyt na rolkach transportowych w czasie około 10 minut w temperaturze od 160°C do 180°C. Sytuacja komplikuje się, kiedy piec tunelowy ulega awarii, np. z powodu uszkodzenia sterowania pieca i napędu urządzenia transportującego płyty. Z taką sytuacją spotkali się autorzy pracy. Awaria pieca spowodowała, że płyty włóknisto-cementowe pozostały w jego wnętrzu przez okres dłuższy niż przewidywała to technologia suszenia. Temperatura w piecu

była wysoka i mogła osiągnąć ponad 200°C, wpływając destrukcyjnie na strukturę płyt włóknisto-cementowych, co postanowiono sprawdzić przy wykorzystaniu nieniszczących metod badawczych.

2. Opis badań

Badaniom poddano płytę, która przebywała w piecu tunelowym podczas awarii (oznaczona jako „płyta U”) i dla porównania płytę referencyjną tego samego typu, z tej samej serii produkcyjnej, która została wysuszona w prawidłowych warunkach (oznaczona jako „płyta D”). Z każdej płyty wycięto do badań po 5 próbek o wymiarach 20 mm × 100 mm. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem nieniszczącej metody emisji akustycznej podczas trójpunktowego zginania. Dla badanych płyt określano także wartości wytrzymałości na zginanie MOR według zależności podanej w normie [4]. W trakcie badania rejestrowanymi deskryptorami EA w funkcji czasu były tempo zdarzeń N_{zd} i suma zdarzeń ΣN_{zd} oraz charakterystyki widm akustycznych zarejestrowanych zdarzeń EA. Następnie w celu wykazania zmian zachodzących w strukturze płyt pod wpływem wysokiej temperatury, posłużono się sztucznymi sieciami neuronowymi jednokierunkowymi, wielowarstwowymi ze wsteczną propagacją błędów.

3. Wyniki badań i ich analiza

W tabeli 1 przedstawiono rezultaty otrzymane podczas trójpunktowego zginania i rejestracji sygnałów z wykorzystaniem metody emisji akustycznej dla badanych płyt.

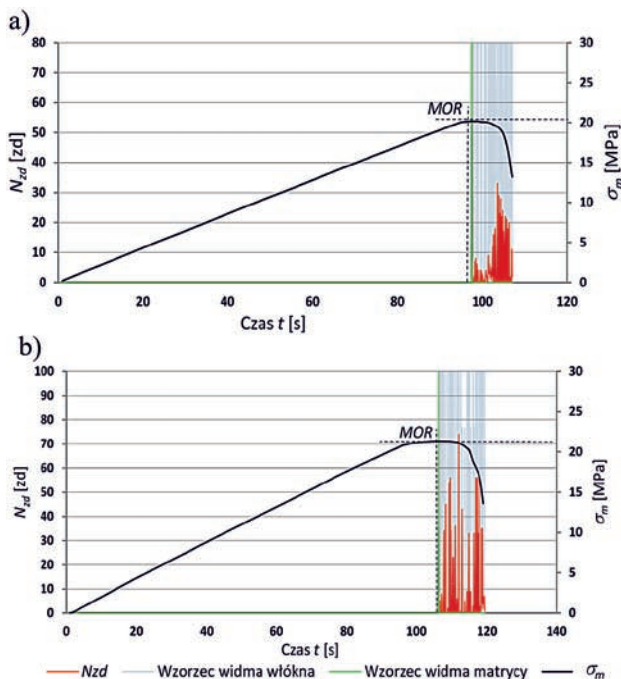
*Autor korespondencyjny. E-mail: mat.szymkow@gmail.com

Tab. 1. Zestawienie uśrednionej wartości wytrzymałości na zginanie MOR oraz przykładowej sumy zdarzeń ΣN_{zd} .

Tab. 1. Comparison of the average value of bending strength of the MOR and an exemplary sum of events ΣN_{zd} .

Oznaczenie płyty	Wytrzymałość na zginanie MOR [MPa]	Suma zdarzeń ΣN_{zd} [-]
U	20,24	512
D	21,49	701

Na podstawie analizy wyników zestawionych w tabeli 1, należy zauważyć, że różnica w wartościach wytrzymałości na zginanie MOR pomiędzy płytami wynosi tylko 5%, i można przyjąć, że zawiera się w granicach błędu pomiarów. Otrzymana niewielka zmiana wytrzymałości na zginanie MOR nie pozwala więc wnioskować, że podczas awarii pieca nastąpiły destrukcyjne zmiany w strukturze płyty U. Przeprowadzono zatem dodatkową analizę zarejestrowanych zdarzeń EA z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Ostatecznym etapem analizy sygnałów EA było rozpoznanie zarejestrowanych zdarzeń i przypisanie ich do sygnałów towarzyszących pękaniu włókien oraz matrycy cementowej. Na rysunku 1 przedstawiono zapis tempa zdarzeń N_{zd} i naprężeń zginających σ_m w funkcji czasu odpowiednio dla płyty U oraz płyty D wraz z naniesioną identyfikacją wzorcowych charakterystyk widmowych.



Rys. 1. Zależność tempa zdarzeń N_{zd} i naprężeń zginających σ_m w funkcji czasu wraz z naniesioną identyfikacją wzorcowych charakterystyk widmowych: a) dla płyty U, b) dla płyty D.

Fig. 1. Correlation of the rate of events N_{zd} and bending stresses σ_m in the time function with the identification of the standard spectral characteristics: a) for the board U, b) for the board D.

W tabeli 2 przedstawiono przykładowe rezultaty rozpoznanych zdarzeń dla płyty U i D po procesie uczenia sztucznej sieci neuronowej.

Na podstawie analizy rysunku 1 oraz rezultatów zawartych w tabeli 2 widać, że dla płyty U podczas próby trójpunktowego zginania zarejestrowano znacznie mniejszą liczbę zdarzeń towarzyszących pękaniu włókien o około 30%, w porównaniu z płytą D. Biorąc powyższe pod uwagę, można z pewnością stwierdzić, że wskutek awarii pieca tunelowego i tym samym działania wysokiej temperatury, struktura płyty włóknisto-cementowej uległa widocznej destrukcji, tj. część włókien została „wypalona”.

Tab. 2. Zestawienie rezultatów rozpoznanych zdarzeń dla płyty U i D po procesie uczenia sieci neuronowej.

Tab. 2. List of the results of the identified events for the U and D board after the process of teaching the artificial neural network.

Suma zdarzeń	Oznaczenie płyty	
	U	D
Wszystkie zarejestrowane ΣN_{zd}	511	698
Rozpoznane $\Sigma N_{zd,r}$	489	663
Przypisane do pękania włókien $\Sigma N_{zd,wl}$	416	642
Przypisanych do pękania matrycy $\Sigma N_{zd,m}$	87	39

4. Podsumowanie

W pracy zamieszczono rezultaty badań wpływu niekontrolowanej wysokiej temperatury na destrukcję struktury płyty włóknisto-cementowej w wyniku awarii pieca tunelowego. Badaniom poddano dwie płyty włóknisto-cementowe. Jedną stanowiła płyta przebywająca w piecu tunelowym podczas awarii, a drugą stanowiła płyta wysuszona w prawidłowych warunkach. W badaniach użyto nieniszczącej metody emisji akustycznej ze współudziałem sztucznych sieci neuronowych. Rezultaty, które uzyskano, pozwoliły zaobserwować widoczne zmiany zachodzące w strukturze badanych płyt pod wpływem działania wysokiej temperatury. Pozwoliło to sformułować wniosek istotny z punktu widzenia praktyki budowlanej, że ocenianie płyt włóknisto-cementowych tylko na podstawie wytrzymałości na zginanie MOR jest niewystarczające i może doprowadzić do sytuacji, w której uszkodzone w czasie produkcji płyty włóknisto-cementowe zostaną wykorzystane do wykonania elewacji budynków.

5. Literatura

- [1] Informacje ze strony internetowej: <http://www.equitone.com>
- [2] Informacje ze strony internetowej: <http://www.cembrit.com>
- [3] Informacje ze strony internetowej https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Hatschek
- [4] PN-EN 12467+A1:2016-08. Płyty płaskie włóknisto-cementowe. Charakterystyka wyrobu i metody badań.
- [5] K. Schabowicz, T. Gorzelańczyk, M. Szymków „Elewacje wentylowane” Architektura Murator, nr 6, dod. "Warsztat Architekta" nr 3, 36-53, 2017.
- [6] Z. Ranachowski, K. Schabowicz, "The Fabrication, Testing and Application of fibre cement boards" Cambridge Scholars Publishing, Newcastle, 2018.