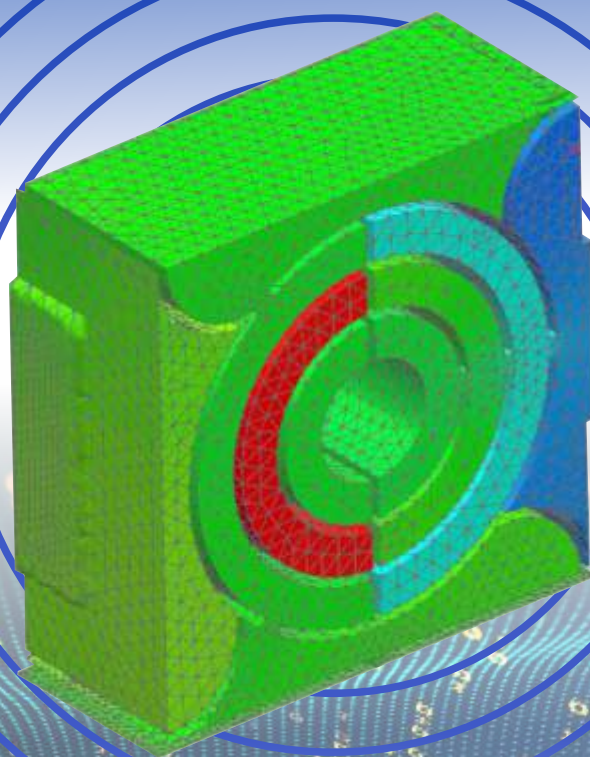


Grzegorz Szczepański

# Metamateriały akustyczne jako innowacyjne podejście do walki z hałasem – materiały informacyjne



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Metamateriały akustyczne jako innowacyjne podejście do walki z hałasem

*Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*

*Projekt III.PB.05. Opracowanie metamateriału akustycznego do zastosowania w układach dźwiękoizolacyjnych do ograniczania hałasu w warunkach przemysłowych*

Autor:

mgr inż. Grzegorz Szczepański – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych

Zdjęcie na okładce:

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2022

**CIOP**  **PIB**

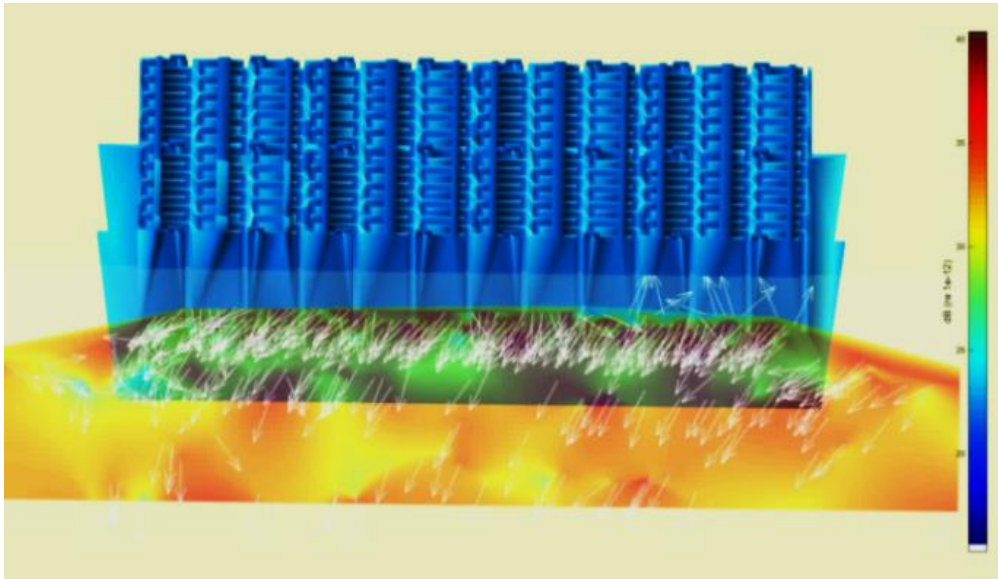
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa  
tel. (48-22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

## Wprowadzenie

Metamateriał akustyczny jest materiałem o sztucznie wytworzonej strukturze wewnętrznej (w skali mikro i makro), który umożliwia kontrolę fali dźwiękowej. Możliwości opracowania tego rodzaju materiałów przewidywały prace teoretyczne prowadzone w drugiej połowie XX wieku. Jednak dokładniejsze prace badawcze związane z tymi metamateriałami zaczęły pojawiać się na początku XXI wieku i dotyczyły przede wszystkim opisu matematycznego zachowania fali akustycznej dla prostych struktur metamateriału. Obecnie metamateriały akustyczne są tematyką dominującą na międzynarodowych konferencjach poświęconych problemom i rozwiązaniom z obszaru zwalczania hałasu. Zarówno w symulacjach numerycznych, jak i w badaniach laboratoryjnych dowiedziono, że w wyniku odpowiednio dobranej geometrii metamateriału akustycznego można osiągnąć efekt absorpcji dźwięku w określonym zakresie częstotliwości lub przekierowania energii fali akustycznej do innego obszaru.

## Zastosowanie

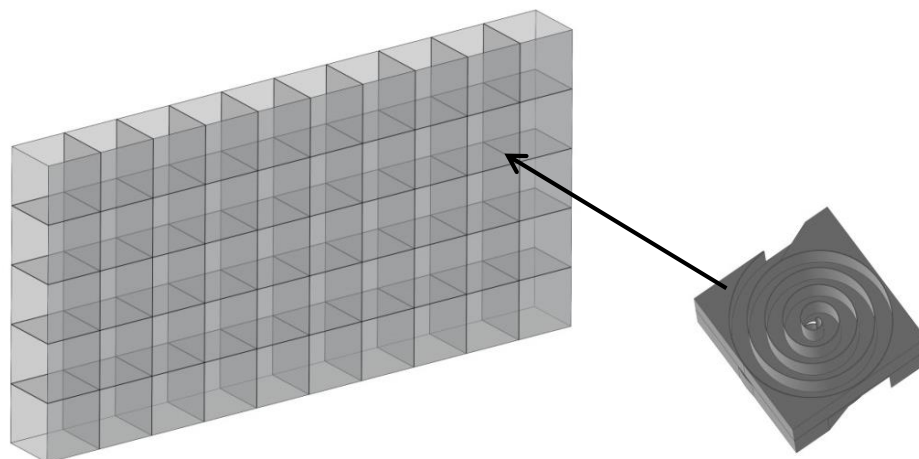
W większości przypadków specyficzne właściwości metamateriałów i wynikająca z nich funkcjonalność dotyczą zakresu niskich i średnich częstotliwości. Hałas niskoczęstotliwościowy powstaje w wyniku funkcjonowania wielu urządzeń, powszechnie wykorzystywanych w przemyśle. Są to m. in. sprężarki, turbiny, kotły czy silniki. Jest to hałas trudny do eliminacji i słabo pochłaniany przez tradycyjne rozwiązania przeciwhałasowe, dlatego też z metamateriałami akustycznymi związane są duże nadzieje. Badania, rozwój i wdrożenia tego typu materiałów umożliwią poprawę warunków pracy w wielu przedsiębiorstwach. Przykładowe wyniki badań wektorów prędkości akustycznej dla próbki metamateriału o strukturze labiryntowej przedstawiono na Rys.1.



Rys. 1. Przykład wyników badań wektorów prędkości akustycznej dla metamateriału akustycznego o strukturze labiryntowej

## Koncepcja wykorzystania metamateriałów

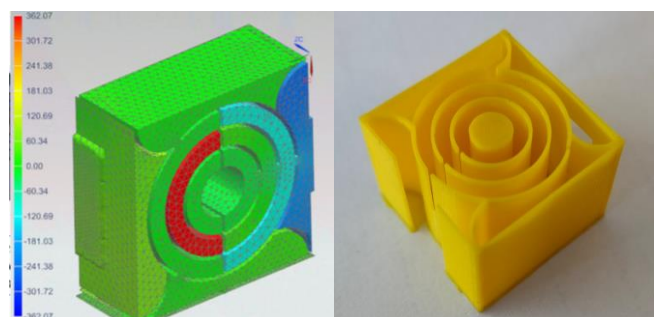
Układ o określonym wzorze struktury wewnętrznej stanowi jednostkowy element (komórkę) metamateriału. W wyniku połączeniu wielu jednakowych komórek metamateriału możliwe jest wykonanie ustroju (Rys. 2) o specjalnych właściwościach jak np. ujemny współczynnik załamania fali dźwiękowej, ujemny moduł odkształcenia objętościowego, ujemna masa efektywna czy zjawisko zmniejszenia prędkości fazowej. Te specjalne właściwości pozwalają na uzyskiwanie tłumienia hałasu w wąskich pasmach częstotliwości (przerwy pasmowe). Manipulacja strukturą wewnętrzną umożliwia zmianę charakterystyki przerwy pasmowej (możliwe jest choćby uzyskanie wyższego tłumienia dla węższego pasma częstotliwości lub niższego tłumienia dla szerszego pasma częstotliwości).



Rys. 2. Koncepcja ustroju z przykładową komórką w kształcie spirali Archimedesesa

## Przykładowe wyniki badań

W ramach prowadzonego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym projektu badawczego trwają prace nad utworzeniem bariery dźwiękowej na bazie metamateriału akustycznego. Projekt uzyskał nagrodę Brązowego Laura Innowacyjności 2021 w XI edycji Konkursu im. Stanisława Staszica na najlepsze produkty. Rozważane są struktury oparte o struktury wielopięścieniowe, labiryntowe oraz spiralne na bazie spirali Archimedesesa. Każda ze struktur badana jest numerycznie za pomocą oprogramowania symulacyjnego, a następnie konstrukcje charakteryzujące się najlepszymi wynikami drukowane są techniką 3D (Rys. 3) oraz badane w warunkach laboratoryjnych przy użyciu odpowiednich systemów pomiarowych.



Rys. 3. Wyniki badania numerycznego rezonansów własnych układu wielopięścieniowego oraz widok komórki metamateriału drukowany techniką 3D

Dotychczasowe badania laboratoryjne wykazały skuteczność tłumienia hałasu na poziomie od 10 do 14 dB dla częstotliwości środkowych pasm tercjowych od 100 Hz do 500 Hz, 2000 Hz oraz 3150 Hz.

## **Potencjał wdrożenia oraz możliwe korzyści z wykorzystania metamateriałów**

Opracowanie efektywnych metamateriałów akustycznych umożliwi ich zastosowanie w praktyce gospodarczej. Przyniesie to znaczące korzyści w postaci poprawy warunków pracy i ograniczenia narażenia pracowników na hałas, który jest powszechnie spotykanym czynnikiem szkodliwym związanym ze środowiskiem pracy. Szkodliwy dla zdrowia hałas spotyka się najczęściej w przetwórstwie przemysłowym, dlatego też główne zastosowanie metamateriału akustycznego znajdzie zastosowanie w warunkach przemysłowych. Wachlarz możliwych zastosowań metamateriałów akustycznych jest szeroki: od zastosowania jako jedna z warstw obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych, wykorzystanie jako ekran akustycznych, aż po wytworzenie dedykowanych obudów dźwiękoizolacyjnych. Wyniki prowadzonych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie prac nad metamateriałem akustycznym mogą zostać wykorzystane w dwóch formach: jako gotowy wyrób o określonej charakterystyce tłumienia oraz jako usługa opracowania metamateriału, dla którego skuteczność tłumienia hałasu byłaby dostosowana do charakterystyki hałasu emitowanego przez konkretne urządzenie przemysłowe.