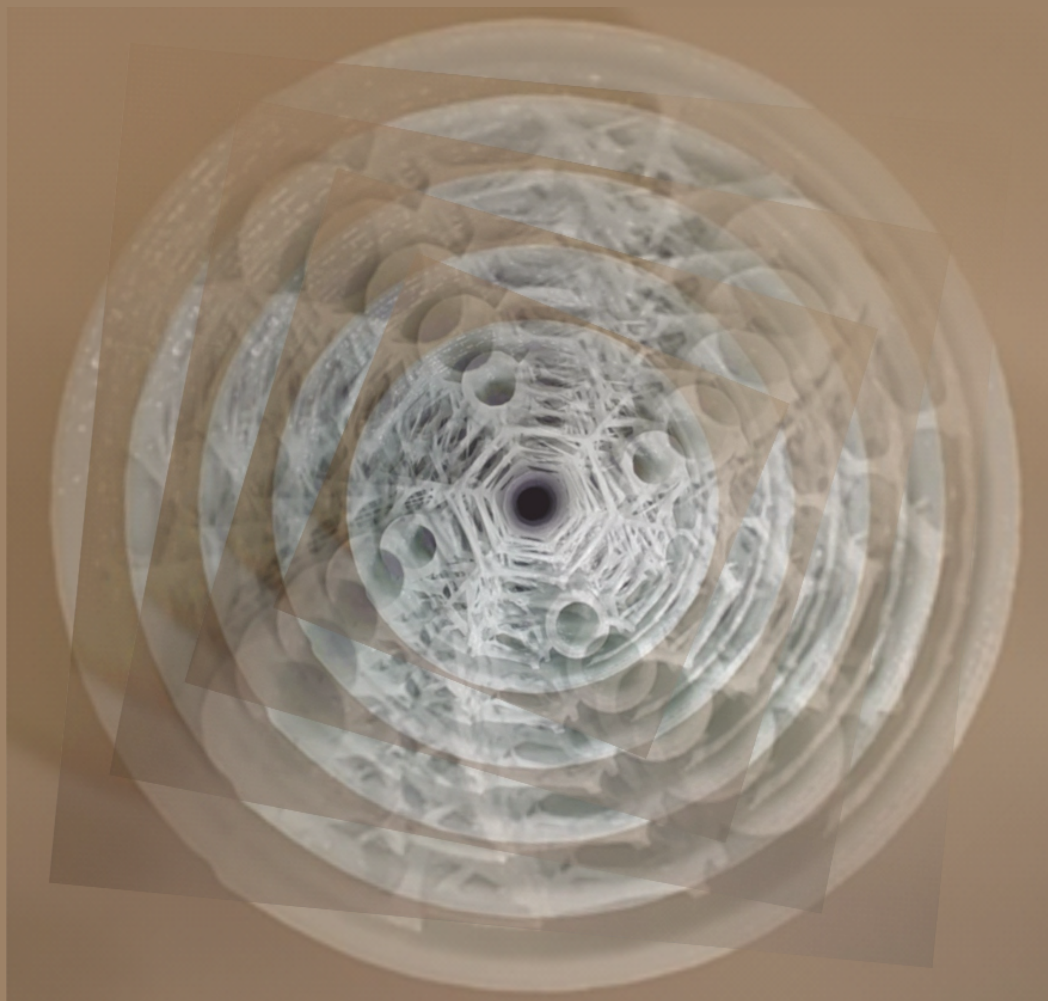


Grzegorz Szczepański

METAMATERIAŁY AKUSTYCZNE O ZMIENNEJ GĘSTOŚCI WYPEŁNIENIA

Materiały informacyjne



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Metamateriały akustyczne o zmiennej gęstości wypełnienia

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.

Projekt III.PB.05 „Opracowanie metamateriału akustycznego do zastosowania w układach dźwiękoizolacyjnych do ograniczania hałasu w warunkach przemysłowych”
Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor:

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

Projekt okładki:

Jolanta Maj

© Copyright by
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2023

CIOP  **PIB**

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

WPROWADZENIE

Ograniczenie hałasu w jest jednym z priorytetów działań mających na celu poprawę warunków pracy w przedsiębiorstwach. W tym celu stosowane są metody techniczne oraz metody organizacyjne. W ramach metod technicznych wyróżnić można stosowanie ustrojów dźwiękochłonnych i izolacyjnych, które mają na celu pochłonięcie lub odbicie hałasu emitowanego przez maszyny. Aktualnie na rynku dominują materiały dźwiękochłonne w postaci wełny mineralnej i pianek poliuretanowych o różnym kształcie (niekiedy zakończone klinami lub wypustkami w kształcie fali) i gabarytach (najczęściej w formie sporej wielkości prostopadłościanów). Z początkiem XXI wieku (pierwsze doniesienia literaturowe pojawiały się już w 2000 roku) dostrzeżono, że w pewnych przypadkach wpływ ukształtowania struktury wewnętrznej ustroju dźwiękochłonnego na jego zdolność do pochłaniania dźwięku może być bardziej znaczący od wpływu właściwości samego materiału który użyto do budowy takiego ustroju. Odkrycie to zapoczątkowało nową gałąź rozwiązań zwanych metamateriałami akustycznymi. Rozwiązania te najczęściej wykorzystują w swojej strukturze struktury rezonujące (np. rezonatory Helmholtza) oraz struktury tunelowe, pozwalające na wydłużenie ścieżki przejścia fali. W Centralnym Instytucie Ochrony pracy – Państwowym Instytucie Badawczym prowadzono badania nad nowym rodzajem metamateriału akustycznego – opartym o zmienną gęstość wypełnienia.

METAMATERIAŁ AKUSTYCZNY O ZMIENNEJ GĘSTOŚCI WYPEŁNIENIA

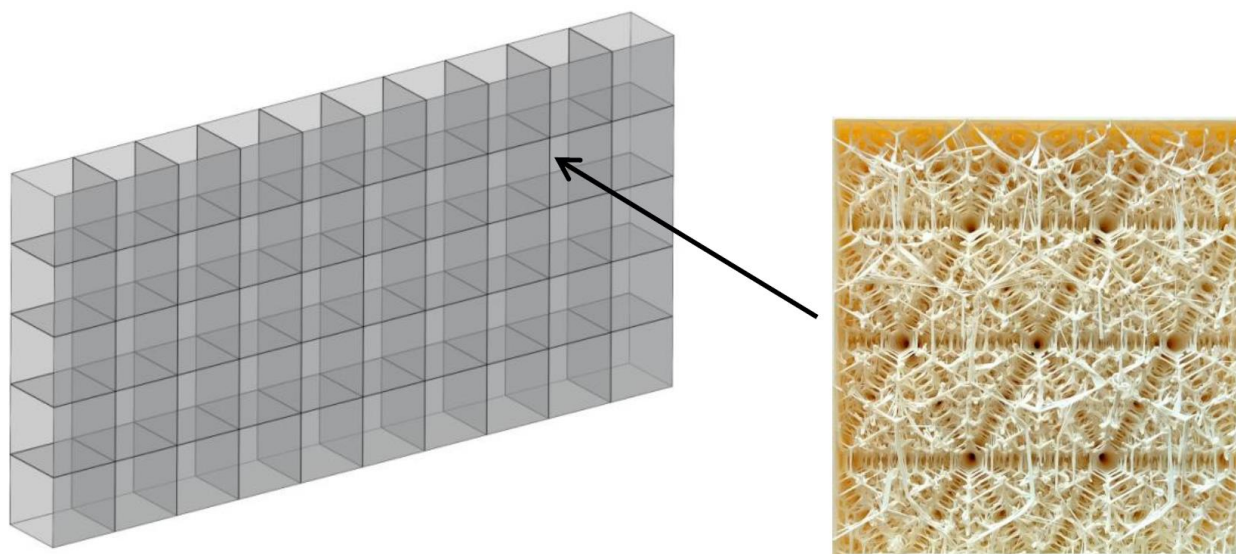
Do wytworzenia metamateriału o zmiennej gęstości wypełnienia wykorzystuje się technologię druku 3D. Ustrój może przyjmować dowolną formę – prostopadłościanu, walca, ostrosłupa lub inną dowolną objętość w przestrzeni 3D. Istotna jest płaszczyzna względem której dany ustrój będzie ustawiony prostopadle do źródła hałasu. Względem tej płaszczyzny metamateriał akustyczny jest dzielony na poszczególne warstwy o ściśle zdefiniowanych geometriach. Przykład czterech próbek wykorzystanych w badaniach struktur o zmiennej gęstości wypełnienia przedstawiono na Rys.1.



Rys. 1. Próbkki metamateriału akustycznego o zmiennej gęstości wypełnienia.

KONCEPCJA USTROJU OPARTEGO NA METAMATERIALE AKUSTYCZNYM

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 dźwiękochłonnych. 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 zbudowanego z metamateriału akustycznego o zmiennej gęstości wypełnienia.

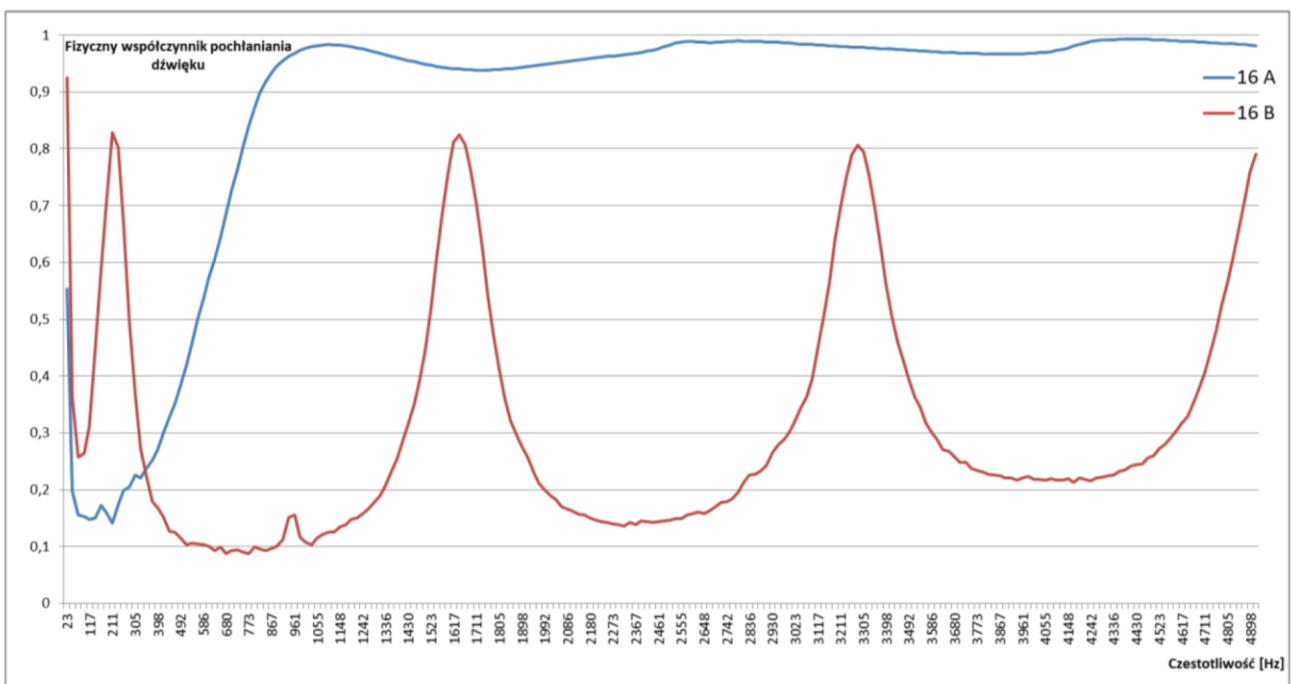
WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH

W Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym realizowane są prace mające na celu utworzenie ustroju dźwiękochłonnego na bazie metamateriału akustycznego. Opracowano i wytworzono 46 modeli, które objęto badaniami z wykorzystaniem rury impedancyjnej w celu określenia ich właściwości dźwiękochłonnych. Modele zostały sporządzone w postaci walca o średnicy 40 mm. Do utworzenia modeli wykorzystywano materiały o różnych właściwościach (m. in. elastyczne, ESD, o podwyższonych odpornościach na uderzenia mechaniczne, o podwyższonych odpornościach na działania wysokich temperatur). Przeprowadzono szereg badań laboratoryjnych, które miały za zadanie ocenić potencjał metamateriału akustycznego o zmiennej gęstości wypełnienia. Pod uwagę brano parametryzację m. in. wzoru strukturalnego wypełnienia, obecność dodatkowych (inaczej zdefiniowanych) obszarów w objętości próbki, kąta obrotu wzoru strukturalnego wypełnienia oraz wartości granicznych współczynników wypełnienia. Przykładowy model przedstawiony został na Rys.3. Jest to model oparty o zmienną gęstość wypełnienia, posiadający dodatkowo 5 przelotowych otworów o średnicy 5 mm pozwalając na swobodny przepływ powietrza. Model ten posiadał wysokość 100 mm i był wypełniony materiałem ABS ze wzorem wypełnienia w postaci plaster miodu. Badania wykazały, że model taki posiada dobre właściwości dźwiękochłonne (fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku o wartości powyżej 0,9) w szerokim zakresie

częstotliwości. Wartości fizycznego współczynnika pochłaniania dla obydwu stron przebadanego modelu przedstawiono na Rys.4.



Rys. 3. Model metamateriału akustycznego poddany badaniom z wykorzystaniem rury impedancyjnej.



Rys. 4. Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku badanego modelu

KIERUNEK DALSZYCH BADAŃ ORAZ MOŻLIWE KORZYŚCI Z WYKORZYSTANIA METAMATERIAŁÓW

Opisany w materiale informacyjnym nowy rodzaj metamateriału akustycznego został zgłoszony do Urzędu Patentowego RP na ochronę prawną (nr zgłoszenia P.443120). Niezbędne są jednak dalsze prace nad optymalizacją parametrów jego geometrii. Z uwagi na stopień skomplikowania struktury metamateriału o zmiennej gęstości wypełnienia nie ma możliwości przeprowadzenia dla takiej struktury badań symulacyjnych.

W ramach dalszych badań przewiduje się utworzenie kolejnej partii próbek o ściśle określonych parametrach w celu oceny wpływu zmiany poszczególnych parametrów na zdolności dźwiękochłonne metamateriału. Przewiduje się, że zastosowanie w praktyce gospodarczej ustrojów opartych na metamateriału akustycznego o zmiennej geometrii przyniesie znaczące korzyści w postaci poprawy warunków pracy i ograniczania narażenia pracowników na hałas, który jest powszechnie spotykanym czynnikiem szkodliwym związanym ze środowiskiem pracy. Jako materiału do wytworzenia metamateriału akustycznego można użyć dowolnie wybranego materiału (w technologii druku 3D filamentu) o właściwościach niezbędnych do danego zastosowania (np. odporność materiału na działanie promieni UV, odporność na wysokie temperatury i inne). Wachlarz możliwych zastosowań metamateriałów akustycznych jest szeroki: od zastosowania jako jedna z warstw obudów dźwiękochłonna-izolacyjnych, wykorzystanie jako ekran akustycznych, aż po wytworzenie w ramach usługi 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.

Osoby zainteresowane barierami dźwiękowymi bazującymi na metamateriałach akustycznych zapraszamy do kontaktu!

Kontakt:

Szczepański Grzegorz, e-mail: grszc@ciop.pl, tel.: 22 623-36-72
Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Pracownia Przetwarzania Dźwięku
Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy