

Mechaniczne metamateriały są klasą układów będących w stanie przejawiać niezwykle właściwości mechaniczne takie jak ujemny współczynnik Poisson'a, ujemną rozszerzalność cieplną albo ujemną sztywność na wskutek sposobu w jaki są zaprojektowane. Na przestrzeni lat pokazano, że takie bardzo nietypowe właściwości mechaniczne mogą się okazać przydatne w przypadku wielu zastosowań takich jak urządzenia stosowane w medycynie albo materiały ochronne. Na wskutek tego, w ostatnich dwudziestu latach społeczność naukowa przejawiała stale rosnące zainteresowanie badaniami związanymi z mechanicznymi metamateriałami i nowymi typami ich zastosowań które mogłyby zostać wykorzystane w przemyśle. Szczególnie interesujące z tego punktu widzenia są mechaniczne metamateriały w których to przypadku można kontrolować ich zachowanie oraz właściwości mechaniczne w programowalny sposób. Wynika to z faktu, że taka kontrola pozwoliłaby na dostosowanie się zachowania danego materiału do konkretnego typu zastosowania. To z kolei pozwoliłoby na zwiększenie jego efektywności. Jednakże ten kierunek badań jest nadal w bardzo wczesnej fazie i warto podkreślić, że sposób na osiągnięcie programowalnej kontroli nad zachowaniem metamateriału który nie zależy w głównej mierze od jego konfiguracji początkowej nie został jeszcze odkryty. Niemniej jednak jednym z najbardziej obiecujących pomysłów pozwalających na osiągnięcie takiej kontroli nad zachowaniem układu wydaje się równoczesne użycie wkładów magnetycznych wewnątrz układu jak i zewnętrznego pola magnetycznego.

Celem zrealizowania głównego założenia projektu, czyli zaprojektowania programowalnych magnetyczno-mechanicznych metamateriałów, rozważany projekt jest podzielony na trzy wzajemnie uzupełniające się części.

W pierwszej części projektu zaproponowany zostanie nowy typ hierarchicznego mechanicznego metamateriału z wkładami magnetycznymi. Oczekuje się, że rozważany układ jest w stanie przejawiać różne rodzaje deformacji jak i różne właściwości mechaniczne w zależności od zmiany w zewnętrznym polu magnetycznym. Szczególnie interesująca z tego punktu widzenia będzie możliwość przejścia układu z jednej nietypowej właściwości mechanicznej do drugiej bez potrzeby jego przebudowy. Ten pomysł będzie badany zarówno za pomocą symulacji komputerowych jak i prototypów eksperymentalnych. Warto zauważyć, że w przypadku eksperymentu podjęta będzie próba aby zbudować rozważany układ zarówno w makroskali (rozmiar układu osiągający kilka centymetrów) oraz w mikroskali dzięki użyciu mikro-drukarki 3D dostępnej w instytucji goszczącej kandydata, czyli w jednostce badawczej FEMTO-ST. Druga część badań będzie szczególnie istotna z punktu widzenia możliwych zastosowań ponieważ rozmiary komórki elementarnej układu w przypadku układu w mikroskali będą w okolicy 10-50 mikrometrów, gdzie 10 mikrometrów odpowiada jednej setnej milimetra.

W drugiej części projektu zamierzam zaproponować nowy rodzaj magneto-mechanicznego metamateriału zachowującego się jak siłownik liniowy z pamięcią kształtu. W tym celu rozważana będzie konkretna deformowalna struktura 3D będąca w stanie w znacznym stopniu zmienić swój kształt i wymiary na wskutek zmiany zewnętrznego pola magnetycznego. W tym przypadku, poza symulacjami komputerowymi, podobnie do pierwszej części projektu, zachowanie układu będzie badane zarówno za pomocą makroskopowego jak i mikroskopowego prototypu eksperymentalnego. Szczególnie interesujący z punktu widzenia możliwych zastosowań będzie drugi kierunek badań eksperymentalnych ponieważ poza innymi możliwościami może on zostać wykorzystany jako efektywne urządzenie w medycynie pozwalające na przykład na rozciągnięcie tkanki w ciele ludzkim.

Na koniec, w ostatniej części projektu, zamierzam skupić się na możliwości zaprojektowania nowego typu trójwymiarowego magneto-mechanicznego metamateriału zdolnego do przejawienia kilku nietypowych właściwości mechanicznych w tym samym czasie. To z kolei może okazać się bardzo istotne z punktu widzenia możliwych zastosowań takich materiałów przy projektowaniu przodujących nad obecnie stosowanymi rozwiązaniami urządzeń tłumiących drgania które mogą zostać wykorzystane np. przy projektowaniu fundamentów budynków. Wynika to z faktu, że w dodatku do innych właściwości mechanicznych, rozważany układ będzie w stanie równocześnie przejawiać zachowanie auksetyczne jak i ujemną sztywność gdzie wiadomo, że właściwości te są niezależnie od siebie przydatne w przypadku urządzeń ochronnych jak i urządzeń tłumiących drgania. Aby ocenić potencjał rozważanego układu do przejawienia takiego typu właściwości, zachowanie układu będzie badane przy pomocy symulacji komputerowych oraz eksperymentu uwzględniającego użycie maszyny wytrzymałościowej oraz zewnętrznego pola magnetycznego.