

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

Celem pracy było stworzenie modelu matematycznego metamateriału o specjalnych właściwościach mechanicznych, mających szerokie zastosowanie w dziedzinie biomedycyny. Skupiono się na modelowaniu mikrostruktury metamateriału o kształcie podobnym do pantografu, aby osiągnąć równomierne rozłożenie energii sprężystości i sztywności w jego mikrostrukturze. Optymalizacja przeprowadzona została z myślą o nadaniu badanym materiałom unikatowych właściwości dedykowanych dla zastosowań w biomechanice. W rezultacie, zoptymalizowana mikrostruktura miała przynieść takie korzyści, jak zmniejszenie naprężeń lokalnych, zwiększenie stabilności i poprawa trwałości. W celu oceny przydatności takiej struktury w inżynierii biomedycznej, szczególnie w regeneracji tkanek, przeprowadzono analizy numeryczne. W pracy podjęto również tematykę gojenia się skóry w rejonie nadgarstka. Modelowanie procesów gojenia się ludzkiej skóry czy jej wzrostu jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym. Zarówno metamateriały o mikrostrukturze pantografu czy tkanki biologiczne wykazują nieliniowe zachowania mechaniczne. Wymagają również wielkoskalowego podejścia ze względu na swą budowę. W pracy ograniczono się do podania równań konstytutywnych uwzględniających nieliniowe zachowania ludzkiej skóry, opisując również podejścia uwzględniające proces wzrostu i leczenia ludzkiej skóry. Struktury pantograficzne zamodelowano jako układy dyskretne, z uwagi na to, że model ciągły wymagałby intensywnych obliczeń i zaawansowanych technik numerycznych, które mogłyby utrudnić optymalizację. Ponieważ jednym z bardziej skomplikowanych pod względem budowy stawów człowieka jest staw nadgarstkowy, który jest złożoną formacją mniejszych stawów, proces optymalizacji metamateriałów przeprowadzono mając na uwadze ich zastosowanie w leczeniu tego konkretnego stawu. Znajomość rozkładu odkształceń i naprężeń w stawie nadgarstka i tkankach biologicznych może spersonalizować leczenie oraz umożliwić zidentyfikowanie potencjalnych obszarów, które w trakcie procesu gojenia będą ulegać dalszym uszkodzeniom. Wykorzystanie takich materiałów może przyczynić się do poprawy jakości leczenia, spersonalizowania terapii oraz zmniejszenia ryzyka powikłań i dalszych uszkodzeń tkankowych.

Słowa kluczowe: metamateriał, optymalizacja, biomechanika, mechanika continuum, mikrostruktura pantograficzna