

**Doktorant:**

mgr inż. Krzysztof Jankowski  
Wydział Inżynierii Produkcji  
Instytut Mechaniki i Poligrafii  
Zakład Konstrukcji Maszyn i Inżynierii Biomedycznej

**Opiekun naukowy:**

dr hab. inż. Marek Pawlikowski

**Temat rozprawy**

*Konstrytuwne modelowanie gąbczastej tkanki kostnej człowieka  
na poziomie mikrostrukturalnym*

Tkanka kostna jest obiektem badań od wielu lat. Badania te obejmują swym zakresem zarówno testy eksperymentalne, jak i próby sformułowania modelu matematycznego opisującego zachowanie się tej tkanki. Wydłużająca się długość życia oraz jego tryb powodują poważne schorzenia związane z układem kostnym, do których zalicza się takie choroby, jak osteoporoza, nowotwory kości, złamania po wszczepieniu implantów wynikające z niekorzystnej przebudowy tkanki itd. Możliwość przedoperacyjnego przewidywania choćby części zjawisk zachodzących w tkance kostnej jest więc bardzo ważna w kontekście poprawy jakości życia. Najlepszą metodą wydaje się być konstrytuwne modelowanie tkanki kostnej czyli sformułowanie równania konstrytuwnego tkanki uwzględniającego jej właściwości fizyczne i mechaniczne oraz użycie tego równania w symulacjach numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES).

Teza pracy to: nowe równanie konstrytuwne dla gąbczastej tkanki kostnej człowieka, sformułowane na podstawie testów nanoindentacji, pozwala na zaawansowane modelowanie jej własności mechanicznych. Natomiast celem rozprawy doktorskiej jest sformułowanie nowego równania konstrytuwnego dla gąbczastej tkanki kostnej człowieka, identyfikacja parametrów w nim występujących, implementacja równania do wybranego oprogramowania MES oraz wykonanie weryfikujących symulacji numerycznych. Równanie to uwzględnia nieliniową lepkosprężystość tkanki kostnej. Należy podkreślić, że sformułowano je na poziomie mikrostrukturalnym, tzn. stałe materiałowe zidentyfikowano na podstawie testów wytrzymałościowych wykonanych na pojedynczych beleczkach kostnych.

Większość dotychczasowych badań w zakresie modelowania konstytutywnego tkanki kostnej była przeprowadzana w skali makroskopowej. Testy eksperymentalne wykonywano na makroskopowych próbkach tkanki głównie pochodzenia zwierzęcego.

Obiektem badań są próbki kości gąbczastej człowieka pozyskane z zabiegów alloplastyki stawu biodrowego pacjentów w różnym stopniu zaawansowania choroby zwyrodnieniowej, różnej płci oraz w różnym wieku. W ramach badań eksperymentalnych wykonano na pojedynczych beleczkach testy nanoindentacji obejmujące zarówno fazę obciążania, jak i odciążania. Na próbkach kości gąbczastej wykonano także testy relaksacji naprężeń. Na podstawie wyników badań eksperymentalnych zidentyfikowano parametry materiałowe występujące w formułowanym równaniu konstytutywnym.

Zakres rozprawy doktorskiej obejmuje:

- testy wytrzymałościowe (nanoindentacja i jednoosiowe ściskanie),
- opracowanie modeli geometrycznych struktur kostnych,
- modelowanie matematyczne tkanki kostnej na poziomie mikrostrukturalnym,
- identyfikację stałych materiałowych,
- implantację równania do programu MES,
- symulacje numeryczne gąbczastej tkanki kostnej zamodelowanej za pomocą nowego równania konstytutywnego.