Prof.dr hab.inż. Tadeusz BURCZYŃSKI, czł. koresp. PAN
Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice
tel. (32)2371204, fax (32)2371282
e-mail: tb@polsl.pl

Gliwice, 29.05.2012

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Szajka
pt. „Optimization of a two-component implantology system using genetic algorithm”

1. Uwagi ogólne

Rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Szajka poświęcona jest zagadnieniu optymalnego projektowania implantów stomatologicznych ze względu na ich wytrzymałość statyczną i zmęczeniową oraz inne właściwości związane z ich używaniem.

Wyniki pracy pozwolą na skonstruowanie ulepszonych implantów stomatologicznych oraz dostarczą stomatologowi cennych informacji związanych z procesem wszczepiania implantu.

Numeryczna strona rozprawy związana jest z opracowaniem zaawansowanych algorytmów obliczeniowych opartych na metodzie elementów skończonych oraz algorytmie genetycznym w celu uzyskania skuteczniejszych sposobów wszczepiania nowej, ulepszonej generacji implantów stomatologicznych.

Praca powstała w Zakładzie Komputerowego Wspomagania Komputerowego Instytut Konstrukcji Budowlanych Politechniki Poznańskiej, a jej promotorem jest prof. Tomasz Łodygowski.

Biorąc pod uwagę cel i zakres pracy, zastosowane metody badawcze oraz osiągnięte wyniki rozprawę można zakwalifikować do obszaru mechaniki konstrukcji, z zaawansowanymi elementami z zakresu metod obliczeniowych i biomechaniki.

Rozprawa doktorska wykonana została w ramach projektu badawczego R13 0020 06 „*Opracowanie i przygotowanie prototypów implantów stomatologicznych*” MNiSW.

2. Zakres rozprawy

Praca napisana jest w j. angielskim i składa się ze streszczenia, wykazu ważniejszych oznaczeń, siedmiu rozdziałów, spisu literatury, dodatku oraz 10 stronicowego podsumowania w j. polskim.

Ogólne informacje związane z implantami stomatologicznymi, cel, zakres oraz teza pracy zostały przedstawione w rozdziale 1.

W rozdziale 2 przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z używaniem implantów stomatologicznych.

Model obliczeniowy implantu stomatologicznego wraz z jego parametryzacją, istotną z punktu widzenia optymalizacji, zbudowany na podstawie MES, przedstawiony jest w rozdziale 3.

Opis procedur optymalizacyjnych zastosowanych w pracy, opartych głównie na algorytmach genetycznych, znajduje się w rozdziale 4.

Wyniki obliczeniowe optymalizacji jedno i wielokryterialnej wraz z dyskusją uzyskanych rezultatów znajdują się rozdziale 5.

Uzyskane wyniki optymalizacji dla modelu osiowosymetrycznego zweryfikowano analizując model przestrzenny implantu stomatologicznego.

Podsumowanie pracy znajduje się w rozdziale 7.

Spis literatury zawiera 202 pozycje z zakresu mechaniki obliczeniowej, optymalizacji ewolucyjnej oraz inżynierii biomedycznej.

W Dodatku A znajduje się zwięzły opis modułu ABAQUS /CAE, w którym Doktorant przeprowadzał obliczenia.

3. Ocena merytoryczna

Oceniana rozprawa poświęcona jest oryginalnej tematyce badawczej związanej z modelowaniem i optymalizacją implantów stomatologicznych.

Podjęcie tej tematyki badawczej należy uznać za bardzo cenne i ma ona wszelkie walory aktualności ze względów medycznych i cywilizacyjnych.

Doktorant zbudował złożony osiowo-symetryczny model obliczeniowy implantu, uwzględniający najważniejsze jego cechy konstrukcyjne i użytkowe wykorzystując do tego celu komercyjny kod obliczeniowy ABAQUS oparty na metodzie elementów skończonych. Model został sparametryzowany pod kątem jego optymalizacji ze względu na wytrzymałość statyczną i zmęczeniową oraz inne właściwości związane z ich użytkowaniem. tzn. luzowaniem śruby montażowej, niedokładnością jej sprężenia (dokręcenia), szczelnością oraz redukcją średnicy wszczepu. Rozpatrywana była także optymalizacja wielokryterialna uwzględniająca powyższe kryteria dla założonych wag poszczególnych kryteriów. Opracowany model parametryczny składał się z 8. zmiennych decyzyjnych (7 geometrycznych i 1 określający sprężenie śruby).

Do optymalizacji Doktorant zastosował algorytm genetycznych wspomagany algorytmem bezgradientowym Hooke-Jeevesa. Algorytm optymalizacji, zmiana geometryczna modelu połączona z automatycznym generowaniem siatki elementów skończonych oraz sprzężenie z kodem obliczeniowym analizy zostały zaprogramowane w postaci niezależnego modułu w środowisku ABAQUS/CAE.

Doktorant przeprowadził optymalizację dla przyjętych kryteriów oraz uzyskał nową zmodyfikowaną wersję implantu, różniącą się od konstrukcji referencyjnej.

Tak otrzymana konstrukcja implantu została zweryfikowana obliczeniami dla modelu przestrzennego implantu.

Zamieszczone w pracy wyniki symulacji komputerowych świadczą o bardzo dobrej znajomości problematyki badawczej, dużej pomysłowości i profesjonalności Doktoranta.

Na uwagę zasługuje ponadto wysoki poziom merytoryczny i znaczący dorobek publikacyjny.

Struktura rozprawy jest logiczna i dobrze przemyślana. Cała praca jest bardzo czytelna. Język pracy nie budzi zastrzeżeń.

4. Uwagi dyskusyjne

- W przyjętym modelu obliczeniowym założono sztywne umocowanie implantu stomatologicznego w tkance kostnej. Założenie to znacznie uprościło model, ale nie uwzględnia podatności umocowania implantu oraz zjawisk remodelingu kości. Doktorant przyjął takie założenie z pełną świadomością, zdając sobie sprawę z jego ograniczeń i konsekwencji. Niewątpliwie, brak takiego założenia nie tylko skomplikowałoby model obliczeniowy, ale także wymagałoby znajomości

parametrów materiałowych kości pacjenta. Warto jednak w przyszłości zastanowić się nad rozbudowa modelu o ten istotny czynnik i rozważyć możliwość konstrukcji tzw. implantów dedykowanych, które uwzględniałyby cechy osobnicze pacjenta.

- W celu minimalizacji czasu obliczeń Doktorant przyjął w algorytmie genetycznym prosty sposób kodowania chromosomów. Zdecydowanie większe możliwości przyspieszenia obliczeń można jednak uzyskać stosując rozproszoną (wyspową) wersję algorytmu ewolucyjnego i zrównoleglenie obliczeń funkcji celu oraz ograniczeń, co jest najbardziej czasochłonnym etapem optymalizacji.
- Zagadnienie optymalizacji wielokryterialnej zostało sprowadzone do optymalizacji jednokryterialnej poprzez wprowadzenie wag dla poszczególnych kryteriów cząstkowych. Wartości tych wag Doktorant dobrze uzasadnił, tym niemniej zaproponowane podejście ma swoje ograniczenia. Określenie przestrzennego frontu Pareto, poprzez zastosowanie w pełni podejścia ewolucyjnego optymalizacji wielokryterialnej pozwoliłoby na podejmowanie decyzji dotyczącej rozwiązania optymalnego bez wcześniejszego ustalania preferencji ważności kryteriów cząstkowych.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Krzysztofa Szajka jest bardzo interesującym studium z zakresu modelowania i optymalizacji implantów stomatologicznych.

Zamieszczone w rozprawie rozważania związane z budową adekwatnego model numerycznego implantu i zaproponowana strategia optymalizacyjna, oparta na obliczeniach genetycznych, świadczą o bardzo dobrej znajomości zarówno badanego obiektu jak i metodologii wszczepiania implantów stomatologicznych.

Główny cel rozprawy został osiągnięty, a uzyskane wyniki stanowią bardzo cenny materiał dla producentów implantów stomatologicznych oraz dla stomatologów wykonujących zabieg wszczepienia.

Doktorant wykazał się bardzo dużą wiedzą i doświadczeniem oraz posiada znaczący dorobek publikacyjny.

Biorąc pod uwagę przedstawioną opinię stwierdzam, iż praca mgr inż. Krzysztofa Szajka pt: „*Optimization of a two-component implantology system using genetic algorithm*” w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim.

Doktorant jest bardzo dobrze przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych, zwłaszcza w zakresie modelowania komputerowego oraz optymalizacji.

Dlatego uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska w pełni spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budownictwa o Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoką ocenę merytoryczną rozprawy chciałby zgłosić wniosek o jej wyróżnienie.

Uzasadnienie wniosku

Doktorant jest współautorem 16 artykułów i referatów, z czego 6 ukazało się w czasopismach z listy MNiSW, a sumaryczna liczba punktów wynosi 41.

Praca zasługuje na wyróżnienie z następujących powodów:

- opracowany został sparametryzowany dobrze przemyślany i adekwatny model obliczeniowy implantu stomatologicznego, opary na metodzie elementów skończonych,
- opracowano efektywną i skuteczną metodę doboru optymalnych cech geometrycznych i dynamicznych, opartą na algorytmie genetycznym,
- przeprowadzono optymalizację dla wybranych kryteriów wytrzymałościowych i użytkowych implantu,
- Doktorant zaproponował nową, zmodyfikowaną postać konstrukcyjną implantu stomatologicznego.

