

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

255/3
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)04.03.2010.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

АНАЛИЗА ОТПОРНОСТИ НА ЛОМ БИОМАТЕРИЈАЛА ЗА ВЕШТАЧКИ КУК

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ наука о материјалима, механика пома

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: КАТАРИНА (ГОРАН) БОЈИЋ

2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд

3. Година дипломирања: 2006.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____ / _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____ / _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____ / _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____ / _____

Година завршетка докторских студија: 2008.

Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 04.03.2010. године
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број:255/4
Датум: 04.03.2010. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев Катарине Бојић, дипл.инж.маш., бр. 2377/1 од 28.12.2009. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Александар Седмак, проф.др Вера Шијачки-Жеравчић и доц.др Марко Ракин, ТМФ Београд, бр. 255/3 од 01.03.2010. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 04.03.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«АНАЛИЗА ОТПОРНОСТИ НА ЛОМ БИОМАТЕРИЈАЛА ЗА ВЕШТАЧКИ КУК»** докторанта **КАТАРИНЕ БОЈИЋ**, дипл.инж.маш.

За ментора докторанту **КАТАРИНИ БОЈИЋ**, именује се проф.др **Александар Седмак**.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о испуњености услова докторанта и научне заснованости теме

На основу пријаве за израду докторске дисертације бр. бр. 2377/1 од 28.12.2009. године, коју је поднела Катарина Г. Бојић, дипл. инг. маш., под радним насловом „Анализа отпорности на лом биоматеријала за вештачки кук“ чланови Комисије у саставу проф. др Александар Седмак, проф. др Вера-Шијачки Жеравчић, доц. др Марко Ракин, Технолошко–металуршки факултет Београд, подносе следећи извештај о испуњености услова за израду докторске дисертације:

ИЗВЕШТАЈ

1. Испуњеност услова кандидата

Биографски подаци

Катарина Бојић рођена је 17.5.1977. године у Београду. Основну школу Краљ Петар I и III београдску гимназију завршила је у Београду. Дипломирала је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2006. године, на тему: "Системи пнеуматског транспорта и пројекат система са низ струјним повећањем пречника", на Катедри за Хидроенергетику. Докторске студије уписала је на Машинском факултету Универзитета у Београду 2006. године.

Запослена је као истраживач-сарадник у Иновационом центру Машинског факултета у Београду од 2006. године. Бави се научно-истраживачким радом у области машинског и биомедицинског инжењерства, пре свега у области примене биоматеријала и примене нумеричких метода у машинском инжењерству. Током досадашњег рада овладала је коришћењем нумеричких програма за моделирање и анализу понашања различитих чврстих тела и структура методом коначних елемената, пре свега програмом Abaqus. Активно примењује у раду рачунарске алате који укључују добро познавање апликација за дизајн у машинству, као што су AutoCAD и MatLab, као и основно познавање програмских језика Visual Basic, C++ и C#. Користи енглески језик на конверзацијском нивоу, а на основном

нивоу влада немачким и шпанским језиком. Овладала је теоријским и практичним знањем из области понашања материјала и примене нумеричких метода.

Научна и стручна активност

У досадашњем раду учествовала је у више националних и међународних пројекта, укључујући пројекте које финансира Министарство за науку. Сарадник је на иновационим пројектима и пројектима технолошког развоја, а неки од пројеката на којима је од сада учествовала су:

- „Пројектовање и израда уређаја за рану дијагностику пигментних кожних уређаја и меланома“,
- „Развој биолошки мотивисаних контролних и сензорских система и израда студијског прототипа ножног помагала“,
- „Мале хидроелектране са банки турбинама за производњу електричне енергије и директне везе са пумпним системима“,
- „Мале хидроелектране са цевним турбинама за производњу електричне енергије и директне везе са пумпним системима“,
- „Израда прототипа уређаја за регенерацију искоришћених минералних електроизолационих уља методом сорпције на минералном сорбенту“,
- „Освајање производње одливака од композита на бази челик-SiC отпорних на хабање“.

Као студент докторских студија држала је вежбе из неколико предмета на додипломским и дипломским студијама на Машинском факултету Универзитета у Београду: Методе коначних елемената 2 (предметни наставник проф. др Александар Седмак), Биоматеријали 2 (предметни наставник проф. др Александар Седмак), Интегритет и век конструкција (предметни наставник проф. др Александар Седмак) и Мехатроника (предметни наставник проф. др Александар Вег).

На основу досадашњих истраживања и испитивања, објавила је неколико научних и стручних радова на скуповима међународног и националног значаја. Неки од објављених радова су:

- [1] N. Gubeljak, J. Lozanovic, A. Sedmak, M. Rakin, **K. Bojic**, *Stereometric Measurement of Strain by using interferometry*, 6th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, p. 259-262, Danubia, Adria, Imeko, Vrnjačka Banja 9-12.05.2007.
- [2] G. Sinikovic, **K. Bojic**, J. Lozanovic, *Ultrasound Probe Design for the Rolling Bearing Fault Detection*, 6th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, p. 259-262, Danubia, Adria, Imeko, Vrnjačka Banja 9-12.05.2007.

- [3] J. Lozanovic, **K. Bojic**, *Mathematical modeling the torsional mechanical system with feedback control*, 4th International Conference on Engineering Technologies - ICET2009, 2009.
- [4] J. Lozanovic, **K. Bojic**, *Application of 3D coordinate measurement in material testing*, 8th Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, May, 20 -23 2009, Győr – Hungary
- [5] **K. Bojic**, A.Sedmak, J. Lozanovic *Analysis of total hip replacement recalls caused by fatigue behaviour of biomaterials*, 9th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture – NT2F9, Belgrade , October 12-14. 2009.
- [6] **K. Bojic**, A.Sedmak, - Structural integrity assessment of hip implant made of MP35N alloy, рад прихваћен у часопису Интегритет и век конструкција, 2010

Активан је члан у неколико професионалних асоцијација: ДИВК (Друштво за интегритет и век конструкција), DOTS (Member of European Federation of National Maintenance Societies) и IFTOMM (International Federation for the promotion of the Theory of Machines and Mechanisms).

У току досадашњег усавршавања Катарина Бојић учествовала је на неколико курсева и семинара, као што су:

- [1] Семинар из Механике лома у организацији ДИВК-а, Златибор, 2008.
- [2] Курс из коришћења нумеричког програмског пакета “ABAQUS- Finite element program for modeling and analys of the behavior of solids and structures”, Универзитет у Београду, Технолошко-Металуршки Факултет, Београд, 2008.
- [3] Семинар “Numerical Methods in Engineering” Универзитет у Београду, Машински факултет, у организацији TU Erlangen-Nürnberg and DAAD, 2006.
- [4] Радионица: “Design in Mechanical Engineering”,Tempus Project JEP 40069, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Novembar 2006.
- [5] Базични семинар из дермоскопије у организацији катедре за Биомедицинско инжењерство, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 25-26.11.2006.
- [6] Семинар “SimLab”, International Seminar for Numerical Methods, Универзитет у Београду, Машински факултет,Београд, 2002.

2. Научна заснованост тезе

Назив пријављене докторске дисертације

Анализа отпорности на лом биоматеријала за вештачки кук

Предмет истраживања

Истраживања у области понашања материјала у биомедицинским апликацијама су веома значајна и актуелна. Резултати истраживања на овом пољу имају значајне ефекте на аспект безбедности самих импланата, али и значајне економске ефекте који се огледају у сигурнијем и дуготрајнијем раду импланата. Истраживање, испитивање и анализа отпорности

на лом биоматеријала који се користе за израду тоталних протеза вештачког кука представља предмет предложене докторске дисертације.

Протезе тоталне замене кука су стални имплантати, а велика количина кости и хрскавице која је отклоњена за време имплантације чини ову процедуру неповратном. Губитак ткива, нарочито кости, чини реимплантацију тешком и често скраћује век трајања друге замене зглоба. Идентификација и анализа основних проблема који доводе до потпуног отказа вештачког кука представља значајан проблем у савременом биомедицинском инжењерству.

У том смислу, проучавање понашања биоматеријала који се користе за израду тоталних протеза вештачког кука под дејством спољашњег оптерећења има важну улогу у обезбеђивању интегритета и сигурног рада импланта. Нарочито је важно дефинисати под којим условима долази до њиховог лома и који фактори утичу на динамику губитка носивости. Дакле, истраживање параметара механике лома и анализа раста прслине у биоматеријалу је од суштинског значаја за процену интегритета и века трајања тоталне протезе вештачког кука.

У оквиру предложене дисертације планира се анализа отпорности на лом три карактеристична биоматеријала са различитим механичким својствима која се користе за израду ортопедских импланата. У питању су материјали који се најчешће примењују за израду фемурске основе вештачког кука, односно нерђајући челик, Ti-легура и CoCr-легура. Планирана истраживања отпорности на лом биоматеријала подразумевају извођење експерименталних испитивања настанка и раста прслине у карактеристичним биоматеријалима, а затим и нумеричку симулацију понашања биоматеријала у импланту применом методе коначних елемената. Потребно је познавати поље напона и деформације у околини врха прслине и на месту концентрације напона. У том циљу прво ће бити урађена детаљна анализа делујућих сила, а на основу оптерећења кука, које је последица различитих активности људског тела.

Експериментална испитивања предвиђају појединачно испитивање сваког од три дефинисана биоматеријала, односно израчунавање параметра механике лома (нпр. J-интеграл) и граничних оптерећења опремом за тродимензионално мерење деформација по површини испитиваног биоматеријала. Услови лабораторијских испитивања требало би да буду што приближнији реалним условима експлоатације биоматеријала у самом импланту, да би се добиле што тачније вредности потребних параметара отпорности на лом биоматеријала.

Нумерички прорачуни ће бити урађени у програмском пакету за МКЕ ABAQUS, а у појединим случајевима ће бити коришћени и кориснички потпрограми. Предвиђена је примена и других комерцијалних софтвера, као и њихова модификација у складу са по-

требама тезе. У циљу израде компјутерског прорачунског модела имплантата предвиђа се дигитализација реалних модела костију и постојећих модела имплантата, који ће бити скенирани оптичким скенером Атос.

На основу резултата добијених применом наведених поступака и модела, у оквиру дисертације ће бити формиране силе раста прслине за различите нивое оптерећења и дужине прслина, као и криве отпорности према лому (J - Δa криве), на основу којих ће бити урађена анализа отпорности на лом биоматеријала за вештачки кук.

Научни циљ дисертације

Основни научни циљ ове дисертације је да се утврди отпорности на лом биоматеријала који се примењују у изради тоталне протезе вештачког кука, а у циљу што тачнијег предвиђања понашања, интегритета и века имплантата.

Посебни циљеви истраживања предвиђају идентификацију проблема који доводе до потпуног отказа имплантата вештачког кука, у смислу препознавања потребе за анализом појаве прслина и лома биоматеријала који се примењују, као и утврђивање механизма којима се биоматеријал супротставља расту прслине, да би се направио оптимални избор биоматеријала који се примењују у изради тоталне протезе вештачког кука.

Основне хипотезе

Основна полазна хипотеза је да се узроци који доводе до потпуног отказа имплантата вештачког кука могу утврдити поређењем сила раста прслина, као мере оптерећења и геометрије, и отпорношћу на лом биоматеријала, односно J - Δa кривом.

Остале хипотезе су да је могуће одредити силе раста прслине нумеричким прорачуном и да је експериментално истраживање у лабораторијским условима меродавно за одређивање отпорношћу на лом биоматеријала

Предвиђене научне методе рада

Услед комплексности проблема анализе отпорности на лом биоматеријала у реалним условима, научне методе истраживања које ће се применити у предложеној докторској дисертацији су:

- *Експерименталне методе*
- *Нумеричке методе*

Планира се примена савремених истраживачких поступака и лабораторијских мерења, уз коришћење софтверских пакета за нумеричке симулације у циљу израде предложене докторске дисертације.

Предвиђа се почетно експериментално испитивање и одређивање карактеристика појединачних биоматеријала, израчунавања параметра механике лома и граничних оптерећења у контролисаним лабораторијским условима. Узевши у обзир да се биоматеријали примењују за импланте који се налазе у организму, потребно је дефинисати услове околине у којој се врши испитивање, у смислу што сличнијих услова.

Очекивани научни допринос

За познате услове испитивања одређене изабраним биоматеријалима који се користе при изради вештачког кука, истраживања ће дати следеће научне доприносе:

- одређивање параметара механике лома у односу на услове сличне условима у људском организму
- формирањем крива отпорности према лому (J - Δa криве) изабраних биоматеријала:
- добијањем прорачунског модела импланта применом одговарајућих софтверских пакета;
- процену отпорности на лом биоматеријала у односу на услове експлоатације импланта.

Коначан резултат и допринос ових истраживања треба да буде боље разумевање понашања испитиваних биоматеријала и импланата сложене геометрије код којих се јавља прслина и лом под дејством спољног оптерећења.

Закључак

На основу пријаве за израду докторске дисертације Катарине Г. Бојић, дипл.инж., под радним насловом **Анализа отпорности на лом биоматеријала за вештачки кук** и достављеног материјала, бр. 2377/1 од 28.12.2009. чланови Комисије су закључили да кандидат испуњава све услове из законских прописа и одговарајућих захтева из општих аката Машинског факултета у Београду за израду докторске дисертације, као и да је предложена тема актуелна и да може да буде предмет докторске дисертације. Стога чланови Комисије предлажу Научно-наставном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Катарини Г. Бојић, дипл.маш. инж. одобри израду докторске дисертације под наведеним радним насловом.

За ментора ове докторске дисертације предлаже се **проф др Александар Седмак**.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Александар Седмак

проф. др Вера-Шијачки Жеравчић

проф. др Марко Ракин,
Технолошко–металуршки факултет Београд

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Александар С. Седмак

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Rakin, M., Gubeljak, N., Dobrojević, M., **Sedmak, A.**: *Modelling of ductile fracture initiation in strength mismatched welded joint*, Engineering Fracture Mechanics 75 (11), pp. 3499-3510, 2008. **IF=1.319 ISSN 0013-7944**
2. Vojvodic Tuma, J., **Sedmak, A.**: *Analysis of the unstable fracture behaviour of a high strength low alloy steel weldment*, Engineering Fracture Mechanics, 71 (9-10), pp. 1435-1451., 2004. **IF=1.319 ISSN 0013-7944**
3. Rakin, M., Cvijovic, Z., Grabulov, V., Putic, S., **Sedmak, A.**: *Prediction of ductile fracture initiation using micromechanical analysis*, Engineering Fracture Mechanics, 71 (4-6), pp. 813-827., 2004. **IF=1.319 ISSN 0013-7944**
4. Shaji, E.M., Kalidindi, S.R., Doherty, R.D., **Sedmak, A.S.**: *Fracture properties of multiphase alloy MP35N*, Materials Science and Engineering A, 349 (1-2), pp. 313-317., 2003. **IF=1.347 ISSN 0921-5093**
5. Shaji, E.M., Kalidindi, S.R., Doherty, R.D., **Sedmak, A.S.**: *Plane strain fracture toughness of MP35N in aged and unaged conditions measured using modified CT specimens*, Materials Science and Engineering A, 340 (1-2), pp. 163-169. 2003. **IF=1.347 ISSN 0921-5093**

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
