

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај о докторској дисертацији **Kaled M. B. Legweel**-а, студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1781/2 од 24.09.2015. године, именовани смо за чланове Комисије преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата под насловом:

**Утицај биоматеријала на интегритет и век вештачког кука
(Effect of biomaterial on integrity and life of artificial hip).**

После прегледа достављеног материјала подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1. Увод

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат, **Kaled M. B. Legweel, M.Sc**, уписан је на докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2009/10 године, а школске 2015/16 године му је одобрена додатна година студија. После положених испита и стечених других услова, поднео је захтев за одобравање израде докторске дисертације **Effect of biomaterial on integrity and life of artificial hip**. Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду формирало је 5.2.2015. године Комисију у саставу проф. др Александар Седмак, проф. др Зоран Радаковић, доц. др Милош Ђукић, др Катарина Чолић, научни сарадник ИЦМФ, проф. др Марко Ракин, ТМФ, са задатком да оцени подобност теме и кандидата за израду Докторске дисертације. Комисија је поднела позитиван Извештај бр. 217/4 9.4.2015. године. Наставно-научно веће

Машинског факултета у Београду је одлуком бр. 217/5 од 16.4.2015. године прихватило предлог Комисије о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **Effect of biomaterial on integrity and life of artificial hip**. Веће научних области техничких наука, Универзитета у Београду својом одлуком бр. 61206-1850/2-15 од 11.5.2015. дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације, а за ментора именовало проф. др Александра Седмака.

На предлог ментора проф. др Александра Седмака и Комисије за докторске студије, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду, Одлуком бр. 1781/2 од 24.09.2015. именовало је Комисију за преглед, оцену и одбрану Дисертације са задатком да поднесе извештај о урађеној дисертацији.

Докторска дисертација под насловом **Утицај биоматеријала на интегритет и век вештачког кука (Effect of biomaterial on integrity and life of artificial hip)**

припада области техничких наука (машинство), ужа научна област „Механика лома – Наука о материјалима“, које припадају Машинском факултету Универзитета у Београду.

1.2. Подаци о кандидату

Kaled M. B. Legweel рођен је 7.3.1972 у месту Себха у Либији. Ожењен је и држављанин је Либије.

- Основну и средњу школу је завршио у месту Ghordah, Shati, у Либији.
- Дипломирао је 1997. године на University of Sebha, Либија.
- Мастер рад завршио је 2005. године на University of Newcastle Upon Tyne, England, Faculty of Science, Agriculture and Engineering, Department of Automation and Control.
- Радио као инжењер Одржавања у General Electronic Company, Триполи, Либија, 1995-1996. године
- Ради на Sebha High Institute, Sebha, Либија, од 1996. године.

2. Опис дисертације

2.1 Садржај

Докторска дисертација кандидата **Kaled M. B. Legweel**-а под насловом **Утицај биоматеријала на интегритет и век вештачког кука (Effect of biomaterial on**

integrity and life of artificial hip) урађена је на 125 страница и 57 навода литературе. Дисертацију чине следећа поглавља:

1. Увод
2. Биоматеријали за израду импланата. Вештачки кука.
3. Механика лома биоматеријала. Процена интегритета импланата.
4. Експериментално одређивања параметара механике лома коришћених биоматеријала.
5. Експериментално истраживање понашања вештачког кука применом методе корелације дигиталне слике.
6. Нумеричко симулација понашања вештачког кука применом методе коначних елемената.
7. Анализа и дискусија добијених експерименталних и нумеричких резултата.
8. Закључци на основу анализе и дискусије резултата.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Садржај дисертације чини увод, који обухвата циљеве и задатке, и поглавља у којима је обрађена теоријска основа и преглед достигнућа у истраженој области, затим поглавља везана за само истраживање са резултатима, њиховом дискусијом, као и закључци са препорукама. Следи приказ појединачних поглавља дисертације:

Поглавље 1: У уводном поглављу су дати циљеви и задаци ове дисертације, а посебно је указано на значај обрађене проблематике, имајући у виду да су Протезе тоталне замене кука стални имплантати, и да губитак ткива, нарочито кости, чини реимплантацију тешком и често скраћује век трајања поновне замене зглоба. Стога је посебно наглашена потреба проучавања понашања биоматеријала који се користе за израду тоталних протеза вештачког кука у циљу обезбеђења интегритета и дуготрајног рада импланта.

У поглављу 2 су описани материјали који се најчешће примењују за израду фемурске основе вештачког кука, односно 316L нерђајући челик, Ti-легура и CoCr-легура. Направљена је упоредна анализа основних карактеристика наведених материјала, са оценом њихове применљивости.

Поглавље 3: Приказана је и анализирана целокупна проблематика лома и отказа вештачког кука, тј. импланата направљених од биоматеријала. Дефинисани су услови под којима долази до лома вештачког кука, односно поступак процене његовог интегритета и века. Описана су експериментална испитивања настанка и раста прслине у условима карактеристичним за вештачки кук. Анализирана је отпорност на крти и еласто-пластични лом при статичком оптерећењу, односно брзина раста прслине при заморном оптерећењу, као и отпорност на ударно оптерећење, за сва три карактеристична биоматеријала за израду ортопедских импланата.

У поглављу 4 су приказани резултати експерименталног одређивања параметара механике лома коришћених биоматеријала. На основу кривих отпорности ($J - \Delta a$) одређена је отпорност на настанак и раст прслине при статичком оптерећењу, а на основу испитивања на инструментираним Шарпијевом клатну одређена је отпорност на ударно дејство силе. Тиме су добијени параметри механике лома потребни за процену интегритета биоматеријала.

У поглављу 5 је приказано експериментално истраживање понашања вештачког кука применом методе корелације дигиталне слике. Ова савремена метода мерења деформација је детаљно описана, имајући у виду специфичности примене на објекте као што је вештачки кук. Објашњена је процедура испитавања статичким дејством силе, за коју је направљена посебан алат, односно постоље које је омогућило услове испитивања блиске реалним.

У поглављу 6 је приказана нумеричка симулација понашања вештачког кука применом методе коначних елемената. Имајући у виду комплексност проблема анализе отпорности на лом биоматеријала у реалним условима, најефикаснију могућност даљих истраживања дају нумеричке методе, односно метода коначних елемената. Софтверски пакет ABAQUS је коришћен за статички прорачун, што је омогућило поређење са експерименталним истраживањем, описаним у поглављу 5, док је заморни раст прслине симулиран софтвером MORFEO, што је омогућило процену века вештачког кука, узимајући у обзир почетну и критичну дужину прслине.

У поглављу 7 су дати закључци изведени на основу приказаних резултата и њихове дискусије.

У последњем поглављу је дато 57 навода коришћене литературе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У дисертацији је дата исцрпна анализа понашања материјал који се користе за вештачки кук, као и могућности процене интегритета и века вештачког кука, применом параметара механике лома, у условима статичког и динамичког оптерећења, што представља оригинални допринос у овој дисертацији.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена је целокупна референтна литература, међу којом су и најновији радови из међународних научних часописа који се баве тематиком ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Примењене су следеће експерименталне и нумеричке методе:

- Експериментална истраживања параметара механике лома вештачког кука.
- Експериментална истраживања напонско-деформационог стања применом методе корелације дигиталне слике
- Нумеричка анализа еласто-пластичног напонско-деформационог стања вештачког кука применом методе коначних елемената.
- Нумеричка симулација раста заморне прслине.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени резултати омогућавају процену интегритета и века вештачког кука у условима статичког и динамичког оптерећења.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је потпуно способан за самостални рад јер је применио најсавременије методе научно истраживачког рада. Публиковани/изложени рад у часописима категорије М24 и М23 указује на смисао кандидата да се бави теоријским, нумеричким и експерименталним истраживањима, као и способност да тумачи добијене резултате и и зведе научне закључке. Кандидат је својим активностима испољио квалитет, заинтересованост и стручност за научни и истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени су следећи научни доприноси:

- Објашњен је утицај својстава биоматеријала на интегритет и век вештачког кука.
- Верификовани су нумерички и експериментални резултати напонско-деформационог стања вештачког кука при статичком оптерећењу.
- Разрађена је и примењена методологија процене интегритета и века вештачког кука.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Остаје потреба да се уради експериментално истраживање замораног раста заморне прслине код кога би се раст прслине пратио оптичким методама мерења деформација. Такође, одређивање параметара механике лома у условима недостатка материјала за стандардно испитивање би требало даље разрадити и довести до стандардне методе испитивања. У сваком случају, ова дисертација представља добру основу за даља истраживања у овој области.

4.3. Верификација научних доприноса

Део резултата рада у овој дисертацији објављен је у следећим референцама.

- *Kaled Legweel, Aleksandar Sedmak, Katarina Čolić, Miloš Milošević, Nenad Mitrović, Žarko Mišković, Sergej Hloch*, EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESEARCH OF MECHANICAL BEHAVIOUR OF TITANIUM ALLOY HIP IMPLANT, прихваћено за објављивање, Technical Gazette ISSN 1330-3651 (print) ISSN1848-6339 (Online), IF=0.56, **M23**
- *Khaled Legweel, Aleksandar Sedmak, Katarina Colic, Zijah Burzic, Lana Gubeljak*, Final Stretch Zone Width Determination for MP35N Multiphase alloy Integritet i Vek Konstrukcija, Vol. 15, No. 3, p. 163-166, 2015 **M24**
- *Khaled Legweel, Aleksandar Sedmak, Katarina Colic*, Numerical Simulation of Fatigue Crack Growth in Ti alloy implant, прихваћено за објављивање, Integritet i Vek Konstrukcija, Vol. 16, No. 2, p. 3-8, 2016 **M24**

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У дисертацији је уведена и примењена методологија одређивања интегритета и века вештачког кука, која је омогућила процену утицаја биоматериал који се користе за такве импланте - нерђајући челик 316L, Ti-легура и CoCr-легура. Ови научни резултати су од изузетног значаја за постављање критеријума пројектовања импланата, и постављање основа за могућност дефинисања методе пројектовања и испитивања импланата.

На основу свега наведеног, констатујемо да је кандидат *Kaled Legweel* завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним планом и постављеним циљевима докторске дисертације. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета и Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да прихвати докторску дисертацију под насловом **Утицај биоматеријала на интегритет и век вештачког кука (Effect of biomaterial on integrity and life of artificial hip)** кандидата *Kaled Legweel*-а, студента докторских студија, у складу са законским одредбама изложи на увид јавности и закаже јавну одбрану.

У Београду, 14. марта 2016

Чланови Комисије

Проф. др Александар Седмак (ментор),
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Зоран Радаковић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Милош Ђукић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Катарина Чолић, научни сарадник
Иновациони центар Машинског Факултета у Београду

Проф. др Марко Ракин,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

