

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

1581/5

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)

12.11.2012. године

(Датум)

ЗАХТЕВ за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06)“, дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

МИЛОША (СЛОБОДАН) МИЛОШЕВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛОШ (СЛОБОДАН) МИЛОШЕВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

**ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА ОПТИЧКА АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЈА ПОЛИМЕРИЗАЦИЈСКЕ КОНТРАКЦИЈЕ
СТОМАТОЛОШКИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ СМОЛЕ**

Универзитет је дана 26.03.2012. год. својим актом под бр. 06-17793/20-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА ОПТИЧКА АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЈА ПОЛИМЕРИЗАЦИЈСКЕ КОНТРАКЦИЈЕ
СТОМАТОЛОШКИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ СМОЛЕ**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛОША (СЛОБОДАН) МИЛОШЕВИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 13.09.2012. године, одлуком факултета под бр. 1581/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Александар Седмак	Редовни професор	Технологија мат.- Маш.матер. и заваривање	Машински факултет Београд
2. Др Ташко Манески	Редовни професор	Отпорност конструкција	Машински факултет Београд
3. Др Ђуро Коруга	Редовни професор	Биомедицинско инжењерство Нанотехнологија и фрактална механика	Машински факултет Београд
4. Др Драгослав Стаменковић	Редовни професор	Стоматолошка Протетика и Стоматолошки материјали	Стоматолошки факултет БГД
5. Др Ненад Губељак	Редовни професор	Машински елементи и конструкције	Универзитет у Марибору, Машински факултет

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 11.10.2012. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –

Број: 1581/4

Датум: 11.10.2012. године

Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Александар Седмак, ментор, проф.др Ташко Манески, проф.др Ђуро Коруга, проф.др Драгослав Стаменковић, проф.др Ненад Губељак, Универзитет у Марибору, Машински факултет о оцени докторске дисертације „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ докторанта Милоша Милошевића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 11.10.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА ОПТИЧКА АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЈА ПОЛИМЕРИЗАЦИЈСКЕ КОНТРАКЦИЈЕ СТОМАТОЛОШКИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ СМОЛЕ“** докторанта **МИЛОША МИЛОШЕВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај о завршеној докторској дисертацији **Милоша С. Милошевића**, дипл. инж. маш., студента докторских студија

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду број 1581/2 од 13.09.2012. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Милоша Милошевића под насловом "Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле", о којој подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша С. Милошевића, дипл. инж. маш., под насловом „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ изложена је на 228 страна у оквиру осам поглавља, списак коришћене и цитиране литературе на 10 страна.

1.2 Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат Милош Милошевић, дипл. инж. маш., завршио је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду 2011. год. и пријавио је израду докторске дисертације 25.10.2011. године. под бројем 2713/1 Катедри за технологију материјала Машинског факултета у Београду, а за ментора предложио редовног професора др Александра Седмака. Научно-наставно веће је на основу сагласности Катедре за технологију материјала бр. 168/1 од 23.01.2012., на седници 26.01.2012., донело одлуку бр. 168/2, о формирању Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу проф. др Александар Седмак, проф. др Ташко Манески, проф. др Ђуро Коруга, проф. др Драгослав Стаменковић, са Стоматолошког факултета Универзитета у Београду и проф. др Ненад Губељак, са Машинског факултета Универзитета у Марибору. Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 08.02.2012. год. поднела Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај бр. 168/3 о испуњености услова за одобрење тезе. Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанта Милоша Милошевића, дипл. инж. маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 04.03.2010. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, на седници одржаној 26.03.2012. године Веће научних области техничких

наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на теми докторске дисертације „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“, под менторством редовног професора др Александра Седмака (одлука бр. 06-17793/20-12). Усвајањем Извештаја Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду са седнице од 26.03.2012., декан Машинског факултета у Београду је 04.04.2012. год. донео закључак бр. 661/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ кандидату Милошу Милошевићу. За ментора дисертације је именован проф. др Александар Седмак.

О завршетку докторске дисертације „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“, ментор др Александар Седмак, ред. проф. обавестио је Катедру за технологију материјала, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 1581/1 од 12.09.2012. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Александар Седмак, проф. др Ташко Манески, проф. др Ђуро Коруга, проф. др Драгослав Стаменковић, са Стоматолошког факултета Универзитета у Београду и проф. др Ненад Губељак, са Машинског факултета Универзитета у Марибору.

На основу наведеног извештаја ментора проф. др Александра Седмака, 12.09.2012., бр. 1581/1, да је докторант Милош Милошевић завршио докторску дисертацију под називом "Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле", предлога Катедре за технологију материјала и члана 30. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета је на седници од 13.09.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата и донело одлуку број 1581/2 од 13.09.2012. године о именовању предложене Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ припада области техничких наука, односно машинству, односно ужој научној области Наука о материјалима.

1.4 Биографски подаци о кандидату

Милош Милошевић рођен је 28.07.1984. године у Београду. Завршио је основну школу Илија Бирчанин у Земун Пољу 1999. и Земунску гимназију 2003. године. Машински факултет, Универзитета у Београду уписао је 2003., а дипломирао на Катедри за процесну технику 2008. године са просечном оценом 9,05. Докторске студије уписао је 2008. године на Машинском факултету, Универзитета у Београду.

Радни однос засновао је 2008. године у Иновационом центру Машинског факултета у Београду д.о.о. као истраживач сарадник. Милош Милошевић био је ангажован у настави на Машинском факултету у Београду из предмета Интегритет конструкција школске 2010./2011. и 2011./2012. и био акиван члан Друштва за интегритет и век конструкција. За време рада у Иновационом центру Машинског факултета учествовао је као:

- Пројектант - сарадник на изради главног машинског појекта погона за производњу СМС-а, наручилац VALVE PROFIL, Милан Благојевић, Лучани 2009.
- Аутор и координатор акредитованог програма: “Програм заштите животне средине-савремена технологија и одрживи развој”, Завода за Унапређивање Образовања и Васпитања, Република Србија, 2009-2012.

- Акредитовани предавач на програму стручног усавршавања у образовању и васпитању под називом: “Програм заштите животне средине-савремена технологија и одрживи развој” , Завода за Унапређивање Образовања и Васпитања, Република Србија, 2009-2012.
- Истраживач сарадник на пројекту: “Технологија заваривања аустенитних материјала”, Министарство за науку и технолошки развој, Република Србија, Бр. ТР-14067А.
- Интернационални судија на локалном и регионалном инжењерском такмичењу у дисциплинама “Тимски дизајн” И “Студија случаја”, Balcan Res, European BEST Engineering Competition – ЕВЕС, Београд 2010.
- Истраживач – сарадник на пројекту: “Развој савремених метода дијагностике и испитивања машинских структура”, Министарства просвете и науке, Република Србија, евиденциони број Но. ТР35040.
- Сарадник у стручно-техничкој контроли Главног пројекта - Тунел “Стражевица”, десна цев, књига 5Ф-3.31.3и 5Ф-8.32.3 (2010), Београд, 2010.
- Предавач - “Тренинг за потенцијалне пројект менаџере за Еурека пројекте“, Министарство науке, Црна Гора, 2011.
- Предавач - “Финансирање тржишно оријентисаних пројеката-ЕУРЕКА”, Промоција истраживања и иновација у функцији конкурентности, Привредна комора Србије, Београд, 2011.
- Сарадник у лабораторија за отпорност констукција- 3D оптичко мерење деформација, GOM опрема, софтвери Арамис и Понтос, 2008-

Говори енглески и руски језик. Обучен је за рад на рачунару у програмском пакету MsOffice, AutoCad, Aramis и Pontos.

У току досадашњег усавршавања Милош Милошевић учествовао је на неколико стручних курсева и семинара, а неки од њих су:

- [1] International workshop Structural Integrity Assessment and Residual Life Time, University of Maribor, Slovenia, 5-7July, 2010.
- [2] Waste materials as a bio-renewables materials and energy sources potentials for CDM, University of Tuscia, Italy and Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade 2007.
- [3] Fire Protection and Modeling, Steinbeis University, Berlin/Stuttgart, Germany 2010.
- [4] Innovation Coach, Capacity Building for Innovation Support Organisations, Serbia 2012.

Милош Милошевић је на основу досадашњих истраживања и испитивања, објавио више научних и стручних радова. Аутор је и коаутор на више од **20** (двадесет) радова који су саопштени на научним скуповима или објављени у часописима различитих категорија, а од тога 5 (пет) радова прихваћено је за штампу у међународним часописима који имају импакт фактор на SCI листи. За 3 презентована рада добијене су награда за најбоље селектоване радове на међународним конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Милоша Милошевића, дипл. инж. маш., под насловом „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ је документ формата А4, штампан једнострано, са текстом на српском језику и изложена је на 228 нумерисаних страна. У оквиру дисертације материја је приказана у укупно седам поглавља, списак ознака дат је на почетку рада, док је списак коришћене литературе дат као осмо поглавље. На почетку рада дат је продужени резиме рада на српском и енглеском језику, а на крају биографски подаци кандидата.

Дисертација садржи следећих осам поглавља:

1. Увод
2. Композитни материјали на бази смоле, механизми стврдњавања и полимеризацијска контракција
3. Деформације и опште просторно напонско стање
4. Материјал, методе и процедуре мерења

5. Резултати
6. Дискусија
7. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ састоји се из седам поглавља.

Прво поглавље представља увод у коме су приказана почетна разматрања која обухватају предмет истраживања и стање науке у предметној области. Предмет истраживања ове докторске дисертације је испитивање стоматолошких композитних материјала на бази смоле (у даљем тексту композитни материјали), тј. анализа полимеризацијске контракције композитних материјала настале услед полимеризације LED (светлосна-емитујућа диода) диодом у тефлонским калупима и кавитетима на пластичним и екстрахованим зубима. У оквиру овог поглавља дат је кратак приказ предности и недостатака композитних материјала. Примећено је да најчешћи проблеми који се јављају као последица полимеризацијске контракције су појаве настанка полимеризацијских напона и прслина које могу проузроковати маргиналну пукотину између испуна и зуба, и лом и код напона много мањих од границе течења материјала. Разумевање полимеризацијске контракције и локалног деформационог поља у складу са структурним особинама композита су изузетно важни за даље коришћење постојећих и унапређивање нових композитних материјала. Кандидат на бази сакупљених и обрађених података дефинише предмет истраживања и детаљно образложе циљеве и научне методологије решавања постављених задатака.

У другом поглављу дефинисани су основни појмови неопходни за проучавање проблематике полимеризацијске контракције. У оквиру овог поглавља кандидат на бази сакупљених и обрађених података идентификује проблеме који се јављају као последица полимеризацијске контракције, као што су појава полимеризацијских напона и прслина које могу проузроковати маргиналну пукотину између испуна и зуба, нестабилно ширење прслина и лом и код напона много мањих од границе течења материјала. Примећено је да досадашње контактне методе могу проузроковати настанак додатних гравитационих или адхезивних сила и самим тим могу деформисати композитни материјал и пре полимеризације. У тренутно доступној литератури нема много података о тродимензионалној оптичкој анализи деформација/померања композита, које настаје услед светлосно инициране полимеризације. Померање и просторна организација молекула мономера одговорна су за промене запремине у току полимеризације. Разумевање полимеризацијске контракције, локалног деформационог поља и поља померања у складу са структурним особинама композита су изузетно важни за даље коришћење постојећих и унапређивање нових композитних материјала.

У трећем поглављу дефинисане су основне величине од којих се полази при проучавању деформација тела, малих површина и опште напонског стања материјала. Постављене су добро познате физичко-математичке основе неопходне за научно-стручну структуру рада. У овом поглављу дат је и систематизован приказ најзначајнијих величина као што су дилатације, углови клизања, вектори померања, тензори деформација и напона, von Mises деформација и др., које ће описивати предмет истраживања у дисертацији.

У оквиру четвртог поглавља приказане су експерименталне, аналитичке и нумеричке методе, материјали и развијене процедуре, које су коришћене у овој докторској дисертацији. Експериментално истраживање контракције композитних материјала реализовано је у три правца. Први део истраживања обухватио је испитивање контракције композитних материјала у тефлонским калупима. У другом делу материјал је апликован у кавитете на пластичним зубима без употребе адхезивног система, а у трећем делу у кавитете на екстрахованим зубима уз примену одговарајућег адхезивног система. У овом поглављу представљен је развој процедура за машинску припрему модификованог кавитета по Тиршу на пластичним и екстрахованим зубима, при чему су добијени поновљиви и унапред дефинисани облици кавитета за анализу слободне полимеризацијске контракције и контракције између супротних зидова кавитета. На основу приказане процедуре, дат је оптималан број пролаза, дубине резања, и режим обраде

зуба за добијање унапред дефинисаног кавитета. Детаљно су описани коришћени материјали и опрема у свакој фази истраживања. Такође су приказане технике и процедуре улагања материјала у тефлонске калупе, кавитете на пластичним и екстрахованим зубима, поштујући захтеве актуелне клиничке праксе. У оквиру овог поглавља детаљно је приказана методологија тродимензионалне оптичке анализе деформација и померања испитиваних композита услед полимеризације са посебним освртом на прорачун малих површина и корелацију дигиталних слика. Дефинисане су карактеристичне секције и тачке за анализу померања/деформација и визуализацију вектора померања. Експерименталним 3D оптичким мерењем координата мерних тачака у различитим зонама одређен је правац, смер и интензитет вектора померања на мерним површинама после полимеризације. Такође је приказана процедура развоја 3D компјутерских модела зуба, извршена је дискретизација континуума и дефинисани су материјали и ослонци.

У оквиру петог поглавља приказани су резултати истраживања који валоризују уочене проблеме и постављене циљеве. Добијени су оригинални резултати мерења померања/деформација композита у тефлонским калупима, кавитетима на пластичним зубима и екстрахованим зубима. Такође, обрада експерименталних резултата је спроведена методама статистичке анализе, у циљу утврђивања релевантних функционалних зависности посматраних величина и добијања дијаграма. Добијени подаци експерименталним путем описани су одговарајућим аналитичким обрасцем, при чему је извршена обрада резултата на основу испитивања великог броја регресионих модела за сваки од испитиваних композита. У овом поглављу приказана су добијена поља померања/деформација композита услед полимеризације и функционалне везе померања/деформација и дужине карактеристичних секција анализираних узорака. Упоредно су анализирани различити материјали у тефлонским калупима, кавитетима на пластичним зубима и екстрахованим зубима. Такође, приказани су резултати анализе оптерећења зубног ткива услед полимеризацијске контракције композита применом методе коначних елемената на претходно верификованом 3D моделу зуба.

У оквиру шестог поглавља на основу приказаних резултата дискусијом су појашњена питања о понашању анализираних композитних материјала, које је изазвано полимеризацијом. Разјашњени су одговори на питања око избора анализираних материјала различитог састава органског матрикса и величине пуниоца, око различитог типа полимеризације, типа и димензија калупа и кавитета у које је материјал улаган, обезбеђивању истих услова испитивања и начину обраде зуба. У овом поглављу је приказана детаљна дискусија о обезбеђивању симулираних клиничких услова, услова за припрему узорака за снимање камерама и избору коришћених метода.

У оквиру седмог поглавља сагласно претходно дефинисаним циљевима истраживања и добијеним резултатима сублимирају се стручни и научни доприноси остварени у тези. Такође, наводе се главни резултати као потврда постављених хипотеза на почетку истраживања. На основу ових података, у овом поглављу дати су закључци дисертације и указано је на могуће правце даљих истраживања.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ представља савремен и оригиналан допринос разматраној проблематици контракције композитних материјала на бази смоле услед полимеризације. У оквиру докторске дисертације примењени су савремени истраживачки поступци и лабораторијска мерења уз коришћење најновијих софтверских решења за нумеричке симулације.

Контракција композитних материјала на бази смоле услед полимеризације се може анализирати применом различитих метода, базираних на контактним или неконтактним шемама за мерење померања/деформација, при чему се нове оптичке стереометријске методе све чешће користе у истраживању механичког понашања биоматеријала. У складу са модерним истраживачким трендовима, кандидат у дисертацији примењује најсавременије бесконтактне методе експерименталне анализе композитних материјала базиране на тродимензионалној

оптичкој методологији мерења. Применом ове методе омогућена је тродимензионална анализа површинских деформација, при чему мерни системи проучавају реалну геометрију компоненте, што није могуће користећи традиционалне мерне уређаје. Добијене вредности локалних деформација у функцији дужине карактеристичног пресека на узорку описује хетероген карактер читавог деформационог поља. Неуниформна расподела деформација није раније примећена коришћењем поменутих контактних метода, први пут је приказана коришћењем методе корелације дигиталних слика. У оквиру дисертације приказане су процедуре лабораторијских мерења које укључују тродимензионалну експерименталну оптичку анализу композитних материјала на бази смоле и испитивање поља деформација композита уложених у пластичне калупе и у симулираним клиничким условима у екстраховане зубе. Применом савремених експерименталних методологија мерења омогућена је верификација резултата добијених нумеричким приступом. При изради нумеричких модела примењени су најсавременији софтверски пакети. Почетни виртуелни модели зуба добијени су дигитализацијом 2D слика пресечених слојева експерименталног модела, при чему су повезивањем свих пресека добијени 3D модела у којима је могућа репрезентација геометријски неправилних површина зоне глеђи и дентина. Нумерички прорачуни су спроведени применом МКЕ у софтверском пакету Abaqus, и одговарајућих подпрограма.

Приступ кандидата је оригиналан јер се у тези дају поступци аналитичке анализе и експерименталног одређивања контракције композитних материјала услед полимеризације, применом нових оптичких метода мерења на дефинисаним узорцима у тефлонским калупима и на пластичним зубима, али и на екстрахованим зубима. У оквиру тезе приказани су резултати испитивања добијени праћењем поља деформација и померања применом бесконтактне оптичке методе за одабрана три материјала различитог састава органског матрикса и величине пуниоца, како би се испитала полимеризациона контракција више група савремених композита. Адхезивни тип препарације је изведен у складу са савременом праксом за композитне материјале, а дубина кавитета од 2 mm је омогућила рад са само једним слојем материјала. Такође приказана је и упоредна анализа на пластичним и екстрахованим зубима, што је први овакав случај анализе у литератури.

Оригиналност добијених резултата у оквиру дисертације потврђују радови који су публиковани и саопштени на научним скуповима или објављени у часописима. Дисертација се може оценити веома успешном, узевши у обзир да су дискусију и добијене резултате у тези пратили зрели научни и инжењерски закључци.

Истраживања у области понашања материјала у стоматолошкој пракси су веома значајна и актуелна. Кандидат даје јасну идентификацију и анализу основних проблема полимеризацијске контракције, који проузрокују настанак полимеризацијских напона, што представља значајан проблем у савременој стоматолошкој пракси. У оквиру дисертације детаљно је обрађено слободно понашање материјала услед полимеризације при чему је анализирана наспрамна површина у односу на површину зрачења у тефлонским калупима и апроксимална површина кавитета на пластичним зубима. Показано је да је примена тродимензионалне оптичке мерне методе корисна у одређивању неких од кључних особина композитних материјала на бази смоле које се примењују у стоматолошкој пракси.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература из области композитних материјала, нумеричких метода и примене тродимензионалне оптичке методе у инжењерској пракси. Осим тога, узевши у обзир да је дисертација уско повезана са облашћу стоматологије, коришћена литература је обухватила и широк спектар радова из области анализе композитних материјала, полимеризацијске контракције и појаве полимеризацијских напона. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за формирње прегледа постојећих истраживања везаних за област полимеризацијске контракције композитних материјала на бази смоле, као и за припрему експеримената и нумеричких модела, на такав начин који најприближније симулира клиничке услове.

Од наведених наслова коришћене литературе, више од 35 референци је млађе од десет година, а већина тих радова је из водећих међународних часописа.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији је, у циљу истраживања полимеризацијске контракције композитних материјала на бази смоле, коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода, које су примењиване сходно типу проблема који је решаван. Услед комплексности проблема анализе полимеризацијске контракције у реалним условима, кандидат је у истраживању користио и нумерички и експериментални приступ истраживања који најприближније симулира клиничке услове. Ради постизања поновљивих услова за испитивање полимеризацијске контракције композита развијена је процедура за машинску припрему кавитета. Оклузална и апроксимална површина зуба препарисана је на машини Изомет 4000 (Buehler, Lake Bluff, IL, USA; Универзитет у Београду Стоматолошки факултет, клиника за Болести зуба), док је препарација кавитета урађена на обрадном центру ХМЦ 500 (Computer Numeric Control) глодалици (Универзитет у Београду Машински факултет, Катедра за производно машинство). Улагање исте количине материјала за сваку анализирану групу омогућено је коришћењем истих димензија кавитета и тефлонских калупа. За контролу дубине, ширине и дужине кавитета након обраде глодањем коришћено је помично кљунасто мерило са дигиталним показивачем, а вредности одступања нису прешле 5 % у односу на референтне димензије. Пре препарације кавитета у пластичним и екстрахованим зубима, дијамантском тестером је на сваком зубу одсечена оклузална трећина крунице са квржицама како би се добила равна површина дентина и како би у преосталом делу крунице могли бити препарисани кавитети стандардног облика и димензија. Овим је на екстрахованим зубима искључен утицај различите висине квржица и дубине јамица на удаљеност светлосног извора од композитног материјала. Због свега наведеног је одлучено да се препарише модификовани кавитет по Тиршу како би се у датим условима снимања максимално репродуковао клинички облик кавитета. Адхезивни тип препарације је изведен у складу са савременом праксом за композитне материјале, а дубина кавитета од 2 mm је омогућила рад са само једним слојем материјала. Тиме је избегнута варијабилност приликом постављања више слојева материјала у дубљи кавитет. Осим тога, дубина кавитета од 2 mm у преосталом делу зуба након одсецања оклузалне трећине је обезбеђивала очување интегритета пулпне коморе. Ширина кавитета од 5,8 mm је одговарала пречнику светлосног извора и, као и у случају тефлонских калупа, омогућавала равномерно просветљавање материјала.

Описивањем података добијених експерименталним путем одговарајућим аналитичким обрасцем, извршена је обрада резултата испитивањем великог броја регресионих модела у програму CurveExpert за сваки од испитиваних композита. Обрада експерименталних резултата је спроведена методама статистичке анализе, у циљу утврђивања релевантних функционалних зависности посматраних величина и добијања дијаграма. Применом методе најмањих квадрата одређене су функционалне зависности посматране величине за карактеристичне области на бази 5 пута поновљених мерења, по критеријуму да је сума квадрата одступања мерења од добијених вредности на кривој најмања.

Непосредно пре полимеризације камерама је сниман почетни, недеформисани положај материјала и калупа. Овај корак је референтан за даљи прорачун. Полимеризација композита извршена је LED лампом са удаљености од 1 mm, које је постигнуто коришћењем стопера. Непосредно након полимеризације је извршено накнадно снимање камерама. За одређивање поља деформација и померања коришћена је GOM опрема за тродимензионално мерење деформација и софтверски систем Aramis.

У циљу израде нумеричког прорачунског модела зуба извршена је дигитализација 2D слика пресечених слојева експерименталног модела. Кандидат је у оквиру дисертације урадио нумеричке прорачуне у софтверском пакету за прорачун MKE ABAQUS. Тежило се изради што гушће, а тачније мреже, са вођењем рачуна и о процесорским и меморијским ограничењима компјутера на којима је прорачун спроведен. Метода коначних елемената је одабрана као метод у овом истраживању зато што је помоћу MKE могуће описати шта се дешава у одређеној зони кавитета која није доступна за снимање, тј. анализирани су напони који се јављају у дентину, а који су последица померања наспрамних зидова кавитета.

Протоколи и научне методе за наведене активности су реализоване (развијене) на основу техника испитивања по следећем алгоритму:

- Операције пре испитивања (припрема за испитивање, стезање, позиционирање, подешавање сензорске јединице, калибрација система, избор услова испитивања, мерење пре испитивања, дефинисање облика и димензија узорака и калупа, припрема мерне површине узорака).
- Операције у току испитивања (провере пре пуштања апарата у рад, мерење у току рада).
- Операције после испитивања (дефинисање координантиних оса, одређивање почетних тачака и секција).
- Обрада резултата (цртање и обрада дијаграма, статистичка обрада, дефинисање поља највећих деформација и померања, визуализација вектора померања).

Истраживања у овој докторској дисертацији у највећој мери су спроведена у лабораторијама Катедре за отпорност конструкција и Катедре за производно машинство, Машинског факултета, Универзитета у Београду и на Клиници за Болести зуба Стоматолошког факултета, Универзитета у Београду. Примењене су методе верификације, засноване на поређењу добијених нумеричких и експерименталних резултата, као и метода експертског мишљења током анализе и тумачења добијених резултата.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације поред научне вредности имају и широку практичну примену, пре свега у прорачунима полимеризацијске контракције композитних материјала различитог састава органског матрикса и величине пуниоца.

Остварени експериментални резултати омогућавају одређивање померања наспрамних зидова кавитета насталог услед полимеризације композитних материјала. Нумеричким моделима могућа је анализа напона зубног ткива проузрокованог померањем наспрамних зидова кавитета. Резултати нумеричких симулација сложене геометријске структуре екстрахованих зуба верификовани су поређењем са експерименталним резултатима.

У овој дисертацији представљен је развој процедура за машинску припрему кавитета на пластичним и екстрахованим зубима, при чему су добијени поновљиви и унапред дефинисани облици кавитета за анализу слободне полимеризацијске контракције и контракције између супротних зидова кавитета. Приказане процедуре су практично применљиве за добијање различитог типа кавитета за различите врсте испитивања у стоматолошкој пракси где је важно обезбедити исте димензије кавитета.

Методологија експерименталних испитивања дефинисана у оквиру тезе базирана је на примени тродимензионалног оптичког мерног система, методе погодне за анализу неправилних геометрија и предмета израђених од разних материјала, што је често случај у стоматолошким применама. Дакле, принципи поставке експерименталних мерења и добијени резултати, које је кандидат приказао су практично применљиви и на основу њих је могућ развој нове методологије за испитивање механичких карактеристика биоматеријала, укључујући реално праћење понашања материјала, при чему је могућа примена методологије и у другим стоматолошким апликацијама.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације кандидат је показао способност за самостални научни рад. Анализом постављених претпоставки и експерименталних резултата приказаних у тези, кандидат је показао да је у стању да самостално решава научне проблеме, као и да успешно влада научним и истраживачким методама. Поседује широко радно и истраживачко искуство, као и потребно теоријско знање за даљи успешан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Коначан резултат и основни научни допринос истраживања спроведених у оквиру дисертације јесте систематски приказ и потпуно разумевање понашања композитних материјала на бази смоле услед полимеризацијске контракције. Као основни остварени научни циљ ове дисертације поставља се добијање функционалних зависности померања/деформације и карактеристичне области посматрања материјала различитог састава органског матрикса и величине пуниоца.

Остварени научни допринос докторске дисертације „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле”:

- Анализирана је и објашњена појава полимеризацијских контракција и напона које она изазива услед померања наспрамних зидова кавитета, у смислу препознавања потребе за анализом полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле чиме је јасно указано на актуелност проблема који су решавани у тези.
- Експериментално су одређене функционалне зависности померања/деформација и дужине карактеристичних пресека за дефинисане области посматрања код три савремена композитна материјала на бази смоле Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Filtek Silorane (3M, ESPE) и Filtek Z250 (3M, ESPE); дефинисана је методологија испитивања, која укључује примену тродимензионалне оптичке анализе за добијање вредности деформација и померања, поља деформација материјала и векторског поља померања након полимеризације.
- Одређен је смер вектора померања тачака на наспрамој површини зрачења композитних материјала на бази смоле при слободној полимеризацији у односу на смер извора светлости.
- Развијене су процедуре за машинску припрему кавитета на пластичним и екстрахованим зубима, при чему су добијени поновљиви и унапред дефинисани облици кавитета за анализу слободне полимеризацијске контракције и контракције између супротних зидова кавитета.
- Развијени су оригинални тродимензионални нумерички модели екстрахованих зуба и употребом одговарајућег МКЕ софтвера добијени су резултати симулације понашања зубног ткива услед полимеризацијске контракције апликованог композита; развијени су оригинални тродимензионални нумерички модели и добијене су вредности полимеризацијског напона услед померања наспрамних зидова кавитета.
- Верификовани су тродимензионални нумерички модели упоредном анализом са експерименталним резултатима; применом верификованих нумеричких модела извршена је анализа полимеризацијских напона услед померања наспрамних зидова кавитета.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Ови научни резултати су од изузетног значаја за разумевање понашања композитних материјала на бази смоле услед полимеризацијске контракције.

Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Методологија која је коришћена за експериментална мерења и добијени резултати које је кандидат приказао су практично применљиви, пошто отварају могућност за даља

истраживања у циљу добијања нових методологија за испитивање контракције материјала у току и после полимеризације.

Добијени резултати, развијене методологије и процедуре отварају нови простор за иновативно систематско испитивање свих врста стоматолошких композита на бази смоле у циљу контроле квалитета постојећих и нових композита са нижом полимеризацијском контракцијом.

4.4. Верификовани научни доприноси

Научни допринос докторске дисертације је верификован радовима објављеним у часописима и саопштеним на конференцијама током вишегодишњег истраживања:

Naučni radovi

Međunarodni časopisi

Milosevic M., Miletic V., Mitrovic N., Manojlovic D., Savic-Stankovic T., Maneski T.: "Measurement of local deformation fields in dental composites using 3D optical system", *Chemicke Listy* 105, s751 - s753, 2011. (M23)

Jovicic R., Sedmak A., Colic K., **Milosevic M.**, Mitrovic N.: "Evaluation of the local tensile properties of austenite-ferrite welded joint", *Chemicke Listy* 105, s754 - s757, 2011. (M23)

Miletic V., Manojlovic D., **Milosevic M.**, Mitrovic N., Savic Stankovic T., Maneski T.: "Analysis of local shrinkage patterns of self-adhering and flowable composites using 3D digital image correlation", *Quintessence Int* 2011;42(9):797-804 ISSN 0033-6572 (print) • ISSN 1936-7163 (online) (M23)

Tihacek-Sojic Lj., Milic-Lemic A., Tanasic I., Mitrovic N., **Milosevic M.**, Petrovic A.: "Compressive strains and displacement in a partially dentate lower jaw rehabilitated with two different treatment modalities", *Gerodontology* 2011; DOI: 10.1111/j.1741-2358.2011.00572.x (M23)

Tanasic I., Tihacek-Sojic Lj., Milic Lemic A., Djuric M., Mitrovic N., **Milosevic M.**, Sedmak A.: "Optical aspect of deformities analysis in the bone-denture complex", *Collegium Antropologicum*, 36 (2012) 1: 173–178 (M23)

Ivan Tanasic, Ljiljana Tihacek-Sojic, Aleksandra Milic-Lemic, Nenad Mitrovic, Radivoje Mitrovic, **Milos Milosevic** and Tasko Maneski: Analysing Displacement in the Posterior Mandible using Digital Image Correlation Method, *J Biochip Tissue chip* 2011, doi: 10.4172/2153-0777.S1-006, ISSN:2153-0777 (M24)

Sedmak A., **Milosevic M.**, Mitrovic N., Petrovic A., Maneski T.: "Digital image correlation in experimental mechanical analysis", *Integritet i vek konstrukcija (Structural Integrity and Life)*, Vol.12, No1, 2012, pp.39–42, ISSN 1451-3749 (M24)

Domaći časopisi

Mitrović N., **Milošević M.**, Petrović A.: „Uparedni prikaz metodologija proračuna i analiza rezultata za posude pod pritiskom prema srpskim i svetskim standardima – danca“, *YUSQ ICQ 2009 – International Journal, Total Quality Management & Excellence*, Vol 37, No. 1-2, str 387-392, 2009. (M53)

Mitrović N., **Milošević M.**, Petrović A.: „Analiza proračuna delova posuda pod pritiskom prema srpskim i svetskim standardima, Deo 1: Danca“, *Procesna tehnika*, broj 1, godina 21, str 26-29, Beograd, jun 2009. (M53)

Petrović A., **Milošević M.**, Mitrović N.: „Upporedni prikaz dimenzionisanja ravnog zapornog ventila prema postojećim i EN standardima“, YUSQ ICQ 2010 – International Journal, Total Quality Management & Excellence, Vol 38, No. 1, str 324-331, 2010. (M53)

Mitrovic N., **Milosevic M.**, Sedmak A., Petrovic A., Prokic-Cvetkovic R.: „Application and Mode of Operation of Non-Contact Stereometric Measuring System of Biomaterials“, FME Transactions, Vol. 39, No 2, page 55-60, 2011 (M51)

Konferencije

Međunarodne konferencije

Prokic-Cvetkovic R., Popovic O., Sedmak A., Bukvic A., **Milosevic M.**, Jovicic R.: "The influence of welding process on mechanical properties and microstructure of micro-alloyed steel weldments", ISIM Innovative technologies for joining advanced materials, pp. 218-221, Timisoara, Romania, June 2010 (M33)

Mitrovic N., **Milosevic M.**, Colic K., Hut I., Tanasic I., Petrovic A., Sedmak A.: „Use of non-contact stereometric system to measure mechanical properties of biomaterials“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 95, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. (M34)

Manojlovic D., Miletic V., **Milosevic M.**, Mitrovic N., Dzindo E., Sedmak A.: „Non-contact optical 3D deformation measurement of polymerization shrinkage of resin-based composites using digital image correlation“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 96, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. (M34)

Janjus Z., Petrovic A., Ilic P., Mitrovic N., **Milosevic M.**, Jovovic A., Prokic-Cvetkovic R.: „Analysis of hardness properties for polypropylene specimens with the addition of glass powder“, Yucomat 2010 – twelfth annual conference, 163, Herceg Novi, Montenegro, September 2010. (M34)

Milosevic M., Mitrovic N., Sedmak A.: “Digital Image Correlation Analysis of Biomaterials”, 15th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2011, 421-425, Poprad, Slovakia, June 23–25, 2011, ISBN: 978-1-4244-8955-8, IEEE Catalog Number: CFP11/ES-CDR, DOI: 10.1109/INES.2011.5954784 (M33)

Milosevic M., Mitrovic N., Tanasic I., Ezdenci A., Tihacek-Sojic Lj., Maneski T., Colic K.: “3D strain analysis of restored lower jaw with total denture using optical measuring system”, DAS 2011 – 28th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 101-102, Siofok, Hungary, 28 September-01 October, 2011, ISBN:978-963-9058-32-3 (M34)

Mitrovic N., **Milosevic M.**, Momcilovic N., Sedmak A., Petrovic A., Maneski T.: “Experimental – digital image correlation method and numerical simulation of standard globe valve housing”, DAS 2011 – 28th Danubia-Adria-Symposium on Advances in Experimental Mechanics, 103-104, Siofok, Hungary, 28 September-01 October, 2011, ISBN:978-963-9058-32-3 (M34)

Miletic V., Manojlovic D., Savic Stankovic T., **Milosevic M.**, Mitrovic N.: “Digital image correlation study on polymerization shrinkage of resin-based composites“, Journal of Dental research, Res 90(Spec Iss B):314 (DIV/CED), 2011 (www.dentalresearch.org) (M34)

Домаће конференције

Maneski T., **Milošević M.**, Mitrović N.: „Mogućnosti primene optičkih merenja deformacija u procesnoj tehnici“, Procesing 2009 – 22. kongres o procesnoj industriji, Beograd, 2009. (M63)

Milošević M., Petrović A., Mitrović N., Momčilović N.: „Analiza napona i deformacija ravnih zapornih ventila“, Procesing 2010 – 23. kongres o procesnoj industriji, Tara, 2-4.jun, 2010. (M63)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“ кандидата Милоша Милошевића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, констатује се да је кандидат Милош Милошевић, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних резултата који су и верификовани, што им обезбеђује велику применљивост у овој атрактивној области.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства, Наука о материјалима, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату Милошу Милошевићу, дипл. маш. инж. одобри одбрану докторске дисертације под називом „Тродимензионална оптичка анализа деформација полимеризацијске контракције стоматолошких композитних материјала на бази смоле“, када се за то стекну законски услови, пред комисијом у истом саставу.

Београд, 03. 10. 2012. год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

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

Проф. др Ташко Манески,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Ђуро Коруга,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Драгослав Стаменковић,
Универзитет у Београду, Стоматолошки факултет

Проф. др Ненад Губељак,
Универзитет у Марибору, Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1581/6
Датум: 11.10.2012.
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 12.2 Статута Машинског факултета Универзитета у Београду и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 11.10.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео МИЛОШ МИЛОШЕВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА ОПТИЧКА АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИЈА ПОЛИМЕРИЗАЦИЈСКЕ КОНТРАКЦИЈЕ СТОМАТОЛОШКИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА НА БАЗИ СМОЛЕ“

II Универзитет је дана 26.03.2012. године, својим актом број 06-17793/20-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја (извор КОБСОН):

Milosevic M., Miletic V., Mitrovic N., Manojlovic D., Savic-Stankovic T., Maneski T.: “Measurement of local deformation fields in dental composites using 3D optical system”, Chemicke Listy 105, s751 - s753, 2011. (M23)

Miletic V., Manojlovic D., **Milosevic M.**, Mitrovic N., Savic Stankovic T., Maneski T.: “Analysis of local shrinkage patterns of self-adhering and flowable composites using 3D digital image correlation“, Quintessence Int 2011;42(9):797-804 ISSN 0033-6572 (print) • ISSN 1936-7163 (online) (M23)

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за технологију материјала и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић