

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Predmet: Ocena završene doktorske disertacije pod nazivom "Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane kobalt, hrom, molibden, volfram legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze" kandidata **dr stom. Dejana Stamenkovića.**

Odlukom Nastavno-naučnog veća Stomatološkog fakulteta u Beogradu na trećoj redovnoj sednici u školskoj 2021/22.godini održanoj 15. marta 2022. godine izabrana je komisija za ocenu završene doktorske disertacije pod nazivom **"Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane kobalt, hrom, molibden, volfram legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze"** kandidata dr stom. Dejana Stamenkovića u sastavu:

1. Prof.dr Vojkan Lazić, Klinika za stomatološku protetiku, Stomatološkog fakulteta u Beogradu
2. Doc.dr Branka Trifković, Klinika za stomatološku protetiku, Stomatološkog fakulteta u Beogradu
3. Prof.dr Miljana Popović, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu

Mentori : Prof.dr Aleksandar Todorović

Doc.dr Katarina Radović

Dr stom. Dejan Stamenković je predao završenu doktorsku disertaciju i imenovana komisija je proučila disertaciju i podnosi Nastavno naučnom veću Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu sledeći

I Z V E Š T A J

Završena doktorska disertacija dr. stom Dejana Stamenkovića pod nazivom **"Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane kobalt, hrom, molibden, volfram legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze"** ispunjava sve formalne uslove, napisana je na 135 strana razvrstanih u 10 poglavlja : Uvod i naučna osnova problema, pregled literature, preliminarna istraživanja, ciljevi

istraživanja, materijal i metode istraživanja, rezultati istraživanja, diskusija, zaključci istraživanja i literatura. Doktorska disertacija sadrži 22 tabele, 4 dijagrama napona u aneksu, 119 slika i 140 literaturnih navoda.

Kandidat je u **UVODU** naveo naučnu osnovu problema a to je da su dentalne legure vrlo dinamična oblast stomatologije i promene koje se dešavaju u ovoj oblasti su, u stvari, refleksija razvoja tehnologije bazičnih nauka. Mehaničke i biološke karakteristike jedne iste legure zavise od tehnoloških procesa oblikovanja legure u zubnu nadoknadu. Sasvim novi pristup oblikovanja zubnih nadoknada je došao sa novim tehnologijama – aditivnim tehnologijama. Kako ove tehnologije ne zahtevaju izradu alata ni dugo podešavanje mašina to su u stručnoj literaturi nazvane brze, direktne proizvodne tehnologije (Rapid Prototyping - RP) ili aditivne tehnologije. U stomatološkoj protetici se sa uspehom primenjuje u izradi fiksnih zubnih nadoknada na brušenim zubima i implantatima. U mobilnoj protetici se još uvek traže optimalna rešenja.

U naučnoj osnovi problema kandidat navodi da DMLS tehnologija (*Direct Metal Laser Sintering*)- direktno lasersko sinterovanje je u izradi metalnog skeleta parcijalne proteze značajno limitirana njenim fizičkim i mehaničkim karakteristikama iako ima mnogo prednosti u odnosu na tehnologiju livenjem. DMLS i SLM tehnologije imaju i nedostatke, koje se ogledaju u zaostalim termičkim naponima. Zaostali (rezidualni) naponi utiču na mikrostrukturu, pa time i na fizičko-mehaničke karakteristike sinterovane legure. Imperativ struke je, naravno, svesti na minimum rezidualne termičke napone i dobiti poboljšanu mikrostrukturu legure koja će imati dovoljno krutosti, kada su u pitanju veliki konektori parcijalne proteze, odnosno elastičnosti kod malih konektora. Ovo je moguće postići izmenom parametara tehnološkog procesa sinterovanja legure: snage lasera, orijentacije i brzine skeniranja. Rezidualni naponi se u velikoj meri mogu eliminisati termičkom obradom sinterovane legure. Temperatura i trajanje termičke obrade, kao i način hlađenja zagrejanih objekata značajno utiču na zaostale napone, ali i na krutost legure.

Optimizacija parametara selektivno laserski topljene i sinterovane Co,Cr,Mo,W legure za dobijanje metalnog skeleta, sa optimalnim fizičko-mehaničkim karakteristikama, je bio kao glavni problem istraživanja ove doktorske disertacije.

Kandidat je postavio **HIPOTEZU** istraživanja da : optimizacijom parametara selektivnog laserskog topljenja i sinterovanja i termičke obrade Co,Cr,Mo,W legure moguće je dobiti skelete dobrih mehaničkih karakteristika koje ispunjavaju zahteve kompleksnih parcijalnih proteza. Iz hipoteze proistekao je i **CILJ** istraživanja doktorske disertacije da se optimizuju parametri selektivnog laserskog topljenja i sinterovanja i termičke obrade Co,Cr,Mo,W legure u izradi metalnog skeleta parcijalne proteze.

Na osnovu hipoteze i osnovnog cilja istraživanja kandidat je doneo i **BLIŽE CILJEVE** istraživanja ove disertacije :

1. Ispitati uticaj orijentacije epruvete u radnom prostoru CNC mašine na mehaničke karakteristike sinterovane Co,Cr,Mo,W legure.
2. Ispitati uticaj lokacije epruvete u radnom prostoru CNC mašine na mehaničke karakteristike sinterovane Co,Cr,Mo,W legure.
3. Ispitati čvrstoću selektivno laserski topljene i sinterovane Co,Cr,Mo,W legure u zavisnosti od temperature naknadnog žarenja.
4. Uporediti mehaničke karakteristike laserski topljene i sinterovane Co,Cr,Mo,W legure dobijene optimalno orijentisanim i optimalno lociranim epruvetama u radnom prostoru CNC mašine i termički obrađene u najpovoljnijem režimu sa mehaničkim karakteristikama Co,Cr,Mo legure dobijene livenjem.
5. Uporediti mikrostrukturu frakturiranih površina uzoraka Co,Cr,Mo,W legure dobijenih pod optimalnim parametrima DMLS tehnologije sa mikrostrukturom frakturiranih površina uzoraka dobijenih livenjem Co,Cr,Mo legure.
6. Na osnovu dobijenih rezultata predložiti optimalnu orijentaciju i poziciju skeleta parcijalne proteze u radnom prostoru CNC mašine i optimalni režim termičke obrade.

MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA DISERTACIJE

Svoja istraživanja kandidat je obavio na epruvetama (probna tela) koja su izrađena od legure metala prema standardu i u CAD programu računara. Epruvete eksperimentalne grupe od Co,Cr,Mo,W legure štampane su u CNC mašini. Epruvete kontrolne grupe su izrađene na konvencionalni način livenjem.

Istraživanja na uzorcima podeljena su u dve grupe: eksperimentalnu i kontrolnu grupu. **Eksperimentalnu grupu** činilo je 18 metalnih epruveta dobijenih DMLS tehnologijom podeljenih u tri podgrupe.

EG-1 podgrupa. Ovu podgrupu činilo je 6 epruveta različito orijentisanih u radnom prostoru CNC mašine u odnosu na x,y i z osu.

EG-2 podgrupa. Ovu podgrupu činilo je 6 isto orijentisanih, a različito lociranih epruveta u radnom prostoru 3D mašine u odnosu na xy ravan.

EG-3 podgrupa. Ovu podgrupu činilo je 6 epruveta koje su pri štampanju bile jednako orijentisane i jednako locirane u radnom prostoru CNC mašine ali različito postavljene u odnosu na pravac sile u kidalici i termički su obrađivane na različitim temperaturama.

Kontrolnu grupu činilo je 6 metalnih epruveta, dizajniranih po istom standardu, i u istraživanju korišćen je isti STL fajl kao i za epruvete eksperimentalne grupe, dobijenih konvencionalnom metodom (topljenje u indukcionom strujnom kolu i livenje u prisustvu vazduha). Epruvete ove grupe izlivena su od Co,Cr,Mo legure (Remanium 2000+, Dentaurum, Nemačka).

Ispitivanje mehaničkih karakteristika svih uzoraka obuhvatilo je najvažnije mehaničke zahteve za metalni skelet parcijalne proteze – zateznu čvrstoću, konvencionalni napon tečenja, modul elastičnosti i izduženje. Sva mehanička ispitivanja uzoraka eksperimentalne i kontrolne grupe obavljeno je u Laboratoriji za ispitivanje materijala na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu na univerzalnoj kidalici Shimadzu (Japan).

Hemijski sastav svih uzoraka eksperimentalne i kontrolne grupe u istraživanju određen je na energetski disperzionom spektroskopu (EDS analiza). Mikrostruktura ispitivanih uzoraka eksperimentalne i kontrolne grupe kandidat je ispitao pod optičkim metalografskim mikroskopom (MM) i skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM) u

Laboratoriji za ispitivanje materijala na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Mariboru (Slovenija).

Svi spitivani materijali u ovoj disertaciji (Co,Cr,Mo,W legura, Cobalt Chromium SP2 EOS, EOS Germany i Co,Cr,Mo legura, Remanium 2000+, Dentaaurum, Nemačka) su registrovani u zemlji proizvođača i Republici Srbiji i poseduju CE znak. Kandidat je u disertaciji prikazao *Safety Data Sheet* za oba ispitivana materijala.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA DISERTACIJE

Rezultati ispitivanja mehaničkih karakteristika odnosno zatezne čvrstoće epruveta sinterovanih pod različitim uglovima (**I eksperimentalna grupa**) govore da se radi o leguri vrlo otpornoj na sile zatezanja. Posmatrajući dijagrame napona i deformacije i rezultate konvencionalnog napona tečenja, zatezne čvrstoće i % izduženja zaključuje se da se radi o leguri velike krutosti. Najviše vrednosti za napon tečenja i zatezne čvrstoće epruveta sinterovanih pod različitim uglovima u odnosu na platformu CNC mašine dobijeni su za epruvete sinterovane pod uglom od 0° . Nešto niže vrednosti dobijene su za epruvete sinterovane pod uglom od 15° , dok su rezultati za zateznu čvrstoću epruveta sinterovanih pod uglom od 30° značajno niže. Ovi rezultati su nas opredelili da dalja ispitivanja budu epruvete sinterovane pod uglom od 0° .

Dobijeni rezultati ispitivanja mehaničkih karakteristika epruveta sinterovanih pod istim uglovima, ali različito lociranih u radnom prostoru CNC mašine (**II eksperimentalna grupa**) su za 0,1% i 0,2% konvencionalni napon tečenja i zateznu čvrstoću približno isti, što navodi na zaključak da lokacija epruveta, odnosno 3D predmeta, na platformi CNC mašine nije od značaja za mehaničke karakteristike. Interesan je i zaključak da su sve epruvete, i one koje su postavljene tako da je njihova „gradnja“ paralelna sa pravcem opterećenja u kidalici i one koje su postavljene tako da je njihova „gradnja“ upravna na pravac opterećenja u kidalici, dale slične rezultate.

Rezultati mehaničkog testiranja epruveta sinterovanih pod istim uglovima i isto lociranih u radnom prostoru CNC mašine, ali nakon sinterovanja sa različitim režimima termičke obrade (**III eksperimentalna grupa**) pokazuju da konvencionalni napon tečenja, zatezna čvrstoća i % izduženja, sa izuzetkom rezultata jedne epruvete, približno

su istih vrednosti. Ipak, epruvete termički obrađene na 1100°C imaju neznatno veću zateznu čvrstoću.

Rezultati mehaničkog testiranja epruveta **kontrolne grupe** (legura topljena indukcijom strujom i epruvete livene centrifugalnom silom na vazduhu) pokazuju da se legura slično ponaša kao i epruvete eksperimentalne grupe, s tim što su vrednosti za napon tečenja i zateznu čvrstoću znatno niže. % izduženja kod epruveta kontrolne grupe je neznatno viši u poređenju sa % izduženja epruveta eksperimentalne grupe. Odlivci (epruvete) dobijeni na ovaj način su manje čvrsti.

Rezultati **EDS analize uzoraka eksperimentalne grupe** odnosno hemijske analize uzoraka svih podgrupa eksperimentalne grupe pokazuju dosta ujednačeni sastav koji ukazuje na prisustvo kobalta, hroma, molibdena i volframa u višim koncentracijama, dok su kiseonik, mangan i silicijum u niskim koncentracijama. Ovi rezultati ukazuju na činjenicu da parametri laserskog topljenja i kompaktiranja praškaste legure ne utiču značajno na njihov hemijski sastav.

Rezultati **EDS analize uzoraka kontrolne grupe** sadrže i prikaz SE snimka, BSE snimka, spektar analize odabranog polja i detaljan tabelarni prikaz hemijskog sastava analiziranog polja.

Hemijska analiza uzoraka kontrolne grupe pokazuje dosta ujednačeni sastav koji ukazuje na prisustvo kobalta, hroma i molibdena u višim koncentracijama, dok su kiseonik, volfram, mangan i silicijum u niskim koncentracijama. U jednom uzorku kandidat je u toku istraživanja pronašao i Ni-nikl u koncentraciji većoj od 0,1% koja obavezuje proizvođača da to jasno naznači u deklaraciji proizvoda.

Rezultati **SEM analize uzoraka eksperimentalne grupe** prikazani su na slikama. SEM-EDS analize na prelomnim površinama uzoraka svih podgrupa eksperimentalne grupe pokazuju homogenu, ultrafinu zrnastu strukturu gde dominiraju dve faze: ϵ -Co i ϵ -Cr faza (kristališe u formi prostorno centrirane kubne rešetke, *face central cubic – fcc*) i γ -Co faza (kristališe u formi gusto pakovane heksagonalne rešetke, *hexagonal close-packed – hcp*).

Za razliku od livenih uzoraka, uzorci eksperimentalne grupe nisu imali sekundarnu ili intermetalnu fazu. Na većini uzoraka kandidat je identifikovao i manji broj finih defekata tipa gasne poroznosti, ali bez orijentacije tipične za livenu strukturu. Na nekoliko uzoraka

je pronašao ravne fasete sa klinastim pukotinama koje su najverovatnije nastale lomljenjem (cepanjem) zrna duž pukotina. Kandidat je dokazao da mikrostruktura uzoraka laserski topljenih i sinterovanih i termički obrađivanih pod različitim uslovima ukazuje na činjenicu da parametri sinterovanja legure ne utiču značajno na njihovu mikrostrukturu.

SEM mikrografije uzoraka kontrolne grupe na prelomnim površinama uzoraka kontrolne grupe (uzorci topljeni u indukcionom strujnom kolu i liveni centrifugalnom silom u prisustvu vazduha) pokazuju zrnastu strukturu u formi paprati (u literaturi opisanu i kao *gross dendrite structure*). U poređenju sa zrnima sinterovane legure ova zrna su značajno veća. Takođe, u poređenju sa mikrostrukturom sinterovane legure ovi uzorci su pokazali heterogeniju strukturu.

Istraživanje je pokazalo da mikrostruktura kontrolne grupe ima dve faze: metalnu i nemetalnu fazu. Metalnu fazu čine zrna metala. Kobalt i hrom imaju slične atomske brojeve: Cr 24, Co 27, dobro se međusobno rastvaraju i obrazuju čitav niz čvrstih rastvora koji najčešće kristališu u formi različito orijentisanih dendrita.

Nemetalnu (intermetalnu) fazu uvek predstavlja ugljenik (C) formirajući karbide i prema literaturnim podacima to je najčešće Cr₇C₃ i Cr₂₃C₆.

Na nekim uzorcima ove grupe registrovane su pore, kao posledica kontrakcije metala usled hlađenja i prelaska iz tečnog u čvrsto stanje.

Kandidat navodi da je uzrok nastanku pora taj što metal u čvrstom stanju ima veću gustinu pakovanja atoma tako da pri očvršćavanju zauzima manju zapreminu. Ove šupljine, nastale najčešće usled zadržavanja gasova, dovode do poroznosti što utiče na njihove mehaničke karakteristike, pre svega do kontrakcije odlivka što će se svakako odraziti na preciznost skeleta parcijalne proteze.

DISKUSIJA u doktorskoj disertaciji podeljena je na četiri dela prateći odgovarajuće segmente istraživanja. Diskutovan je materijal istraživanja i to najpre izbor legure, zatim izbor epruvete a potom je diskutovana metoda istraživanja u okviru nje termička obrada sinterovanog objekta CNC mašinom, zatim diskusija ispitivanja mehaničkih karakteristika, hemijskog sastava i mikrostrukture Co,Cr,Mo,W legure.

U drugom delu su diskutovani rezultati ispitivanja mehaničkih karakteristika uzoraka eksperimentalne grupe, zatim rezultati ispitivanja hemijskog sastava uzoraka eksperimentalne grupe i uzoraka kontrolne grupe. Nadalje su diskutovani rezultati ispitivanja mikrostrukture uzoraka eksperimentalne i kontrolne grupe.

U trećem delu diskusije kandidat je diskutovao preciznost metalnog skeleta parcijalne proteze izrađenog DMLS tehnologijom dok je u poslednjem delu diskusije iznešena budućnost SLM/DMLS tehnologije u izradi skeleta parcijalne proteze gde je navedeno da je bez obzira na rezultate istraživanja koji se ne poklapaju u svim detaljima, gotovo svi istraživači se slažu u jednom – SLM/DMLS tehnologije su budućnost izrade skeleta parcijalne proteze. Izrada skeleta parcijalne proteze SLM/DMLS tehnologijom je napredna tehnologija sa elementima digitalizacije i robotike pa se s pravom može nazvati delom *Dentistry 4.0.* Kao ekološki čista tehnologija SLM je svrstana u tehnologije u literaturi poznate kao *Green Dentistry*. SLM tehnologija kao deo aditivne proizvodne tehnologije ima velike mogućnosti proizvodnje vrlo složenih geometrijskih oblika što ostavlja mogućnost daljeg usavršavanja i inoviranja skeleta parcijalne proteze, ali i drugih facijalnih proteza – proteza lica.

Kandidat nadalje u diskusiji navodi da brze proizvodne tehnologije zasnovane na laseru, pogodne za izradu zubnih nadoknada, danas se smatraju najsavremenijim aditivnim tehnologijama i citira Nandy J. i sar. u radu publikovanom 2019. godine gde zaključuju da se u SLM tehnologiji, kao jednoj od brzih proizvodnih tehnologija, odvijaju složeni fizički i hemijski metalurški procesi koji direktno zavise od parametara procesa i, posredno, utiču na mikrostrukturu i fizičke i mehaničke karakteristike sinterovanog objekta. **Zato je razumevanje procesa laserskog topljenja i sinterovanja praškaste legure od značaja za optimizaciju parametara SLM tehnologije u izradi skeleta parcijalne proteze.**

ZAKLJUČCI DOKTORSKE DISERTACIJE

Dobijeni rezultati istraživanja potvrđuju radnu hipotezu i pokazuju da se optimizacijom parametara laserskog topljenja i sinterovanja i termičke obrade Co-Cr-Mo-W legure dobijaju skeleti parcijalne proteze koji ispunjavaju zahteve savremene stomatološke

protetike. Najvažniji zaključci koje je kandidat doneo za postavljene ciljeve istraživanja u doktorskoj disertaciji su :

1. Epruvete sinterovane od Co-Cr-Mo-W legure orijentisane pod uglom od 0° (paralelne sa platformom CNC mašine) imaju najbolje mehaničke karakteristike (0,2% napon tečenja, zateznu čvrstoću i procenat izduženja).
2. Lokacija epruveta na platformi CNC mašine pri sinterovanju Co-Cr-Mo-W legure ne utiče na njene mehaničke karakteristike.
3. Najviše vrednosti za čvrstoću selektivno laserski topljene i sinterovane Co-Cr-Mo-W legure imaju epruvete koje su naknadno termički obrađene na 1100°C .
4. Epruvete dobijene pod optimizovanim parametrima DMLS tehnologije pokazuju više vrednosti za 0,1% konvencionalni napon tečenja, 0,2% konvencionalni napon tečenja i zateznu čvrstoću, a manji procenat izduženja u poređenju sa epruvetama dobijenih livenjem. Ove vrednosti mehaničkih karakteristika ukazuju da se radi o vrlo čvrstoj i nedovoljno elastičnoj leguri. Ovakve mehaničke karakteristike legure odgovaraju velikim i malim spojnicama kompleksnih parcijalnih proteza, ali nisu pogodne za livene kukice skeletirane proteze.
5. Mikrostruktura frakturiranih površina uzoraka dobijenih DMLS tehnologijom i livenjem se značajno razlikuju. SEM analize na prelomnim površinama uzoraka Co-Cr-Mo-W legure svih podgrupa eksperimentalne grupe pokazuju homogenu, ultrafinu zrnastu strukturu gde dominiraju dve faze: ϵ -Co i ϵ -Cr faza i γ -Co faza. EDS analiza pokazuje dosta ujednačeni hemijski sastav svih podgrupa. Parametri DMLS ne utiču na njihov hemijski sastav.
SEM analize na prelomnom površinama uzoraka kontrolne grupe pokazuju zrnastu strukturu u formi različito orijentisanih dendrita. U poređenju sa zrnima sinterovane legure ova zrna su značajno veća. Uzorci ove legure su pokazali heterogeniju strukturu. Mikrostruktura kontrolne grupe ima dve faze: metalnu i nemetalnu fazu. EDS analiza uzoraka kontrolne grupe pokazuje dosta ujednačeni hemijski sastav.
6. Optimalni parametri selektivnog laserskog topljenja i sinterovanja su:
 - položaj skeleta parcijalne proteze paralelan sa platformom CNC mašine;
 - bilo koja pozicija (u x-y ravni) na platformi CNC mašine;
 - naknadna termička obrada po režimu od 1100°C .

Skeleti parcijalne proteze dobijeni pod optimizovanim uslovima selektivnog laserskog topljenja i sinterovanja i naknadne termičke obrade su klinički precizne zubne nadoknade.

7. Najveći benefit DMLS tehnologije u izradi skeleta parcijalne proteze, pored preciznosti nadoknade (greške ljudskog faktora su svedene na minimum) i veće produktivnosti je ekološki čista tehnologija koja se uklapa u trendove tehnološkog razvoja 21. veka.

OBJAVLJENI RADOVI KOJI ČINE DEO DOKTORSKE DISERTACIJE

Dejan Stamenković, Kosovka Obradović-Đuričić, Rebeka Rudolf, Rajko Bobovnik, Dragoslav Stamenković : Selective laser melting and sintering technique of the cobalt-chromium dental alloy, Srp Arh Celok Lek, 2019 Nov-Dec; 147 (11-12): 664-669

PROVERA ORIGINALNOSTI DOKTORSKE DISERTACIJE

Na osnovu pravilnika o postupku provere originalnosti doktorskih disertacija koje se brane na Univerzitetu u Beogradu i nalaza u izveštaju iz programa iThenticate kojim je izvršena provera originalnosti doktorske disertacije autora dr stom. Dejana Stamenkovića pod nazivom "Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane Co,Cr,Mo,W legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze" utvrđeno je podudaranje teksta u iznosu manjem od 7%. Ovo podudaranje se odnosi, pre svega na nužno prisutne elemente doktorske disertacije, kao što su bibliografski podaci o korišćenoj literaturi, stručna terminologija, lična imena i institucije, i prethodno objavljeni rezultati istraživanja sprovedenih u okviru doktorske disertacije, što je u skladu sa članom 9. Pravilnika o postupku provere originalnosti doktorskih disertacija koje se brane na Univerzitetu u Beogradu i ukazuje na originalnost doktorske disertacije.

ZAKLJUČAK I OBRAZLOŽENJE NAUČNOG DOPRINOSA DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija pod nazivom "Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane kobalt, hrom, molibden, volfram legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze" dr stom. Dejana Stamenkovića predstavlja značajan i originalan doprinos u razumevanju izrade skeleta parcijalne zubne proteze od kobalt, hrom, molibden, volfram legure dobijenih pod uslovima optimizacije selektivnog laserskog topljenja i sinterovanja i naknadne termičke obrade. Detaljnom analizom je rasvetljena DMLS tehnologija direktnog laserskog sinterovanja u izradi skeleta parcijalne proteze kao veoma precizne. Greška ljudskog faktora je svedena na minimum, povećava se produktivnost a sama tehnologija je ekološki čista. Ovaj nalaz je originalan i značajan. Naučni problem je savremen i relevantan, a ciljevi i zadaci istraživanja odgovarajući i veoma precizno definisani. Metodologija zadovoljava sve principe naučnog rada i postavljena je tako da temeljno analizira razliku između uzoraka od kobalt, hrom, molibden, volfram legure dobijenih klasičnim postupkom livenja i tehnologijom laserskog topljenja i sinterovanja. Rezultati su jasno i odgovarajuće prikazani i vrlo precizno analizirani i diskutovani. Zaključci ove doktorske disertacije su takođe posebno značajni jer sadrže jasne smernice i preporuke za optimizacijom parametara laserskog topljenja i sinterovanja i termičke obrade kobalt, hrom, molibden, volfram legure u dobijanju skeleta parcijalne proteze koji ispunjavaju zahteve savremene stomatološke protetike.

Na osnovu svega navedenog, Komisija jednoglasno predlaže Nastavno-naučnom veću Stomatološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati pozitivan izveštaj komisije za ocenu doktorske disertacije dr stom. Dejana D. Stamenkovića pod naslovom nazivom "Optimizacija tehnoloških postupaka selektivno laserski topljene i sinterovane kobalt, hrom, molibden, volfram legure u izradi skeleta parcijalne zubne proteze".

Članovi Komisije

Prof.dr Vojkan Lazić
Stomatološki fakultet u Beogradu

Doc. Dr Branka Trifković
Stomatološki fakultet u Beogradu

Prof.dr Miljana Popović
Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu