

## ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У НОВОМ САДУ

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>На основу предлога Катедре за технологије обликовањем и инжењерство површина, Одлуке Наставно-научног већа Департмана за производно машинство и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, а у складу са чланом 77, став 1, Статута Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука, решењем 012-199/1-2013 од 28.05.2015. године, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Др Дамир Какаш, редовни професор</b>, уно: Технологија ливења и термичке обраде, инжењерство површина и нано технологије, 14.03.1994., Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>председник</b>.</li> <li>2. <b>Др Лепосава Шиђанин, професор емеритус</b>, уно: Наука о материјалима и инжењерски материјали, 24.01.2008., Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>члан</b>.</li> <li>3. <b>Др Петер Пањан, научни саветник</b>, уно: Превлаке и површинска обрада – плазма инжењерство површина, 21.06.2007., Институт „Јожеф Стефан“, Љубљана, Р. Словенија, <b>члан</b>.</li> <li>4. <b>Др Велимир Радмиловић, научни саветник</b>, уно: Физичка металургија; Наука и инжењерство материјала, 2012., Технолошко-металуршки факултет, Београд, <b>члан</b>.</li> <li>5. <b>Др Бранко Шкорић, редовни професор</b>, уно: Технологија ливења и термичке обраде, инжењерство површина и нано технологије, 13.06.2011., Факултет техничких наука, Нови Сад, <b>ментор</b>.</li> </ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Александар, Веселко, Милетић</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: <b>05.05.1982., Осијек, Р. Хрватска</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Факултет техничких наука, Нови Сад, производно машинство, дипломирани машински инжењер - мастер.</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2006., Машинство</b></li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</li> </ol>

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

### **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Развој нанослојних и нанокompatитних метал-нитридних превлака**

### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација је написана на 199 страна А4 формата. Дисертација садржи 112 слика/графикона/шема/дијаграма, 8 табела и 412 литературних референци. Испред основног дела текста у дисертацији су приказани наслов рада, кључна документацијска информација, захвалност и садржај.

Дисертација садржи осам поглавља:

1. Увод
2. Теоретски део
3. Циљеви истраживања
4. Експериментални део
5. Резултати истраживања
6. Дискусија резултата
7. Закључак
8. Литература

### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

#### **Увод**

На самом почетку увода кандидат јасно указује да су предмет истраживања тврде превлаке које се користе за заштиту алата за обраду резањем. У уводу је наглашен значај примене тврдих превлака са становишта повећања трајности алата, повећања продуктивности производње и смањења загађења животне средине. Кратко је приказан тренд развоја тврдих превлака од двокомпонентних једнослојних до вишекомпонентних нанослојних и нанокompatитних превлака којима се тренутно придаје највише значаја. Указано је да нанослојне и нанокompatитне превлаке омогућавају обраду веома тврдих материјала и да се од таквих превлака захтевају висока тврдоћа и отпорност на лом. Надаље се указује да је велики број истраживања посвећен развоју превлака високе тврдоће, а значајно мањи развоју превлака високе отпорности на лом. У наставку кандидат јасно износи да је циљ дисертације развој превлака које би се поред високе тврдоће одликовале и високом отпорношћу на лом које би омогућавале обраду тешко обрадљивих материјала попут челика високе тврдоће. Наглашено је да је у ту сврху направљен спој нанослојног и нанокompatитног дизајна кроз развој нанослојних превлака које се састоје из нанокompatитних слојева. Након тога кандидат износи да су поред нанослојних, проучаване и једнослојне, вишеслојне и нанокompatитне превлаке како би се утврдило како дизајн превлака утиче на њихову микроструктуру, текстуру, тврдоћу и модул еластичности и каква је веза између тих особина и отпорности на лом. Надаље кандидат указује да висока оптерећења која владају на површини алата превучених нанослојним превлакама могу довести до преурањеног одвајања превлака од алата. Потом се износи трећи циљ, а то је утврђивање да ли се вишеслојним дизајном може повећати отпорност на одвајање нанослојних и нанокompatитних превлака од основног материјала алата. Кандидат указује да су све превлаке припремане у индустријском уређају где се алати обрћу током nanoшења превлака. На крају се наводи да је један од циљева доктората да се утврди како избор броја степени ротације утиче на особине нанослојних и нанокompatитних превлака.

Комисија сматра да је у уводу кандидат јасно упознао читаоца са проблематиком дисертације, да је јасно указао на потребу за истраживањем и експлицитно навео циљеве истраживања.

### **Теоретски део**

Теоретски део је организован у четири целине. У првој целини указује се на значај примене тврдих превлака за заштиту алата и машинских елемената. Представљен је историјат развоја превлака за алате од двокомпонентних карбида и нитрида, преко вишекомпонентних до нанослојних и нанокмпозитних превлака. Кандидат је у овој целини изнео више детаља о трокомпонентним TiAlN и CrAlN нитридима који су саставни материјали развијених нанослојних превлака. Потом је дат осврт на технике припреме тврдих превлака, са посебним нагласком на технику наношења магнетронским распршивањем која је коришћена за припрему превлака проучаваних у дисертацији. Друго и треће поглавље кандидат је посветио нанокмпозитним и нанослојним превлакама. У другом потпоглављу дефинисан је појам нанокмпозитних превлака, направљен је опсежан преглед литературе посвећене нанокмпозитним превлакама, детаљно је образложено на који начин се кроз самоорганизацију формира нанокмпозитна структура, наведене су особине нанокмпозитних превлака и кључни фактори који су носиоци тих особина. У првом делу треће целине приказани су дефиниција и историјат развоја нанослојних превлака са великим бројем литературних навода. У наставку кандидат на специфичан начин приказује како се путем нанослојног дизајна могу контролисати особине превлака. Посебан осврт даје се на механизме ојачавања нанослојних превлака. Четврто потпоглавље посвећено је механизмима деформације и лома тврдих превлака. Указано је на значај отпорности на лом и начине евалуације отпорности на лом тврдих превлака. Дат је обиман преглед механизма деформације и лома превлака које одликује стубаста структура, нанослојних и нанокмпозитних превлака. Направљен је критички осврт на предности и недостатке нанослојног дизајна са становишта отпорности на лом.

Преглед досадашњих истраживања написан је веома систематично, јасно, са великим бројем информација које обухватају све неопходне аспекте за истраживања спроведена у дисертацији.

### **Циљеви истраживања**

У оквиру овог поглавља кандидат указује на потребу за истраживањем, износи циљеве и хипотезе. Као први циљ наводи производњу превлака које би се поред велике тврдоће одликовале великом отпорношћу на лом. Хипотезе да се висока отпорност на лом и висока тврдоћа истовремено могу остварити комбиновањем нанослојног и нанокмпозитног дизајна, тј. припремом нанослојних превлака које би се састојале из нанокмпозитних слојева. У наставку кандидат износи претпоставку да се избором хрома као саставног елемента нанослојних превлака, поред високе тврдоће и отпорности на лом могу остварити ниске вредности коефицијента трења. Као други циљ наводи се повећање отпорности на одвајање нанокмпозитних и нанослојних превлака од основног материјала. Кандидат претпоставља да се то може постићи уколико се пре наношења наноструктурне превлаке изврши наношење превлаке стубасте структуре. Изучавање утицаја дизајна превлака на њихове механичке особине, отпорност на лом и триболошко понашање наводи се као трећи циљ. Као четврти циљ наводи се испитивање утицаја броја степени обртања у току наношења на особине нанослојних и нанокмпозитних превлака.

Комисија сматра да су циљеви јасно и експлицитно изложени.

### **Експериментални део**

Експериментално поглавље подељено је у две целине. Прва целина обухвата материјале, технике и процедуре наношења превлака. У другом делу изнети су детаљи карактеризације превлака. За сваку технику карактеризације наведени су принцип рада, предности, недостаци, сврха примене у дисертацији и коришћени уређаји и параметри. Употребљен је већи број техника карактеризације, попут спектроскопије фотоелектрона добијених X-зрацима, трансмисионе електронске микроскопије, скенирајуће електронске микроскопије, микроскопије атомским силама, фокусираног јонског снопа, дифракције X-зрака, енергетско дисперзивне спектроскопије и инструментисаног утискивања.

Избор техника наношења и карактеризације превлака у складу је са постављеним циљевима. Све технике, почевши од технике наношења магнетронским распршивањем преко наведених техника карактеризације су актуелне и заступљене у савременим истраживањима инжењерских материјала. Јасан и детаљан опис свих експерименталних процедура омогућава добијање поновљивости резултата.

### **Резултати истраживања**

Поглавље се састоји од осам потпоглавља у којима су представљени резултати карактеризације превлака. За превлаке различитог дизајна, произведене са различитим бројем степени ротације приказани су резултати испитивања хемијског састава и хемијских веза, испитивања структуре које обухвата испитивања дифракцијом X-зрака, скенирајућом електронском микроскопијом, и трансмисионом електронском микроскопијом, затим су представљени резултати испитивања топографије површине, механичких особина, отпорности на лом, адхезије и триболошких особина.

Резултати су представљени у виду табела, дијаграма, 3D снимака топографије површине и микроскопских снимака узорака. Резултати су представљени на модеран начин и са високим степеном техничког квалитета. Цело поглавље организовано је веома систематично, а резултати су описани квалитетно и са довољно детаља. Комисија сматра да су степен организације, квалитет приказа и описа резултата на високом нивоу и да тако описани резултати представљају добру основу за квалитетну дискусију.

### **Дискусија резултата**

Дискусија резултата организована је у шест потпоглавља, али се у принципу састоји из две целине. У првој целини кандидат даје свеобухватну анализу структуре проучаваних превлака. Анализом резултата спектроскопије фотоелектрона добијених X-зрацима, дифракције X-зрака, скенирајуће електронске микроскопије, трансмисионе електронске микроскопије и микроскопије атомским силама и њиховим међусобним повезивањем кандидат је направио детаљну дискусију кристалне структуре, слојевите структуре, микроструктуре и текстуре превлака. Указао је на утицај дизајна превлака, броја степени ротације и великог броја фактора на наведене особине. За поменуте особине експлицитно наводи значај са становишта механичког понашања.

У другој целини кандидат је представио дискусију механичких особина, отпорности на лом, адхезије и триболошког понашања. У овом делу кандидат је доводио у међусобну везу резултате испитивања различитих особина што дискусији даје посебну тежину. За све испитиване особине представљена су образложења утицаја дизајна превлака и њихове структуре.

Кандидат је добијене резултате упоредио са резултатима других истраживања која се баве истом или сличном проблематиком. Од посебног је значаја критички осврт на своје и резултате других истраживања. Сва представљена образложења су у складу са савременим научним сазнањима. Комисија сматра да је дискусија написана у складу са постављеним циљевима истраживања, да је јасна, свеобухватна, систематична, аргументована и на високом научном нивоу.

### **Закључак**

У оквиру овог поглавља јасно су приказани главни закључци изведени на основу резултата истраживања и њихове дискусије. На основу наведених закључака комисија сматра да су остварени циљеви докторске дисертације. Кандидат је указао на могући правац даљег развоја тврдох превлака.

### **Литература**

У последњем поглављу дат је списак употребљене литературе који садржи 412 литературних навода. Литература је цитирана на одговарајући начин, а избор референци је примеран проучаваној проблематици. Референце су актуелне, више од 50% референци објављено је у протеклих десет година.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

### Рад у врхунском међународном часопису (M21)

A. Miletić, P. Panjan, B. Škorić, M. Čekada, G. Dražić and J. Kovač, *Microstructure and mechanical properties of nanostructured Ti-Al-Si-N coatings deposited by magnetron sputtering*, Surface and Coatings Technology, 2014, Vol. 241, pp. 105-111.

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

A. Miletić, P. Terek, P. Panjan, L. Kovačević, D. Kukuruzović, B. Škorić, *Mechanical and tribological properties of nanolayered TiAlN/TiSiN coating*, Proceeding of the 14th International Conference on Tribology - SERBIATRIB `15, Belgrade, Serbia, 13-15 May, pp. 137-142.

A. Miletić, P. Panjan, B. Škorić, M. Čekada, G. Dražić and J. Kovač, *Microstructure and mechanical properties of nanostructured Ti-Al-Si-N coatings deposited by magnetron sputtering*, Proceedings of the 56th Annual SVC 2013 Technical Conference, Rhode Island, USA, 20-25 April 2013.

### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

A. Miletić, B. Škorić, P. Panjan, M. Čekada, L. Kovačević and P. Terek, *Microstructure of nanocomposite TiSiN and nanolayered TiSiN/TiAlN coatings*, Book of Abstract of the Microscopy Conference MC 2013, Regensburg, Germany, 25-30 August 2013, pp. 613-614.

A. Miletić, B. Škorić, P. Panjan, L. Kovačević, P. Terek, M. Vilotić, D. Kukuruzović, *Characterization of nanostructured TiAlN/TiSiN coatings*, Book of Abstract of the Conference for Young Scientists in Ceramics, Novi Sad, Serbia, 6-9 November 2013, p. 87.

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу спроведених истраживања и добијених резултата изведени су следећи закључци:

- Микроструктура и текстура превлака различитог дизајна разликује се у великој мери. Једнослојна TiAlN превлака има стубасту структуру са израженом 111 оријентацијом. Са друге стране, нанослојну TiAlN/TiSiN и нанокомпозитну TiSiN превлаку одликује компактна нанокристална структура са израженом 200 оријентацијом кристалних зрна. У нанослојној превлаци раст кристала ограничавају аморфни TiSiN слојеви, док у нанокомпозитној превлаци аморфна Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> фаза која окружује кристале блокира њихов раст.
- Нанослојну CrAlN/TiSiN превлаку такође одликује фина микроструктура, али су кристална зрна већа у поређењу са TiAlN/TiSiN превлаком. Показало се да је дебљина TiSiN слојева кључна за формирање микроструктуре и текстуре нанослојних превлака. Док у нанослојној TiAlN/TiSiN превлаци аморфни TiSiN слојеви дебљине 2 nm ограничавају раст кристала, TiSiN слојеви дебљине 1 nm нису у могућности да ефективно блокирају раст кристалних зрна CrAlN/TiSiN превлаке који епитаксијално расту преко већег броја граничних површина.
- Број степени ротације значајно утиче на микроструктуру превлака. Све превлаке припремане са једним степеном ротације одликују се изражено стубастом структуром. Преласком на већи број степени ротације структура постаје значајно финија. Велика брзина доношења и недовољна покретљивост честица главни су фактори који су довели до формирања стубасте, порозне структуре превлака припреманих са једним степеном ротације. У случају двоструке и троструке ротације периоди без доношења остављају више

времена за прераспodelу атома растуће превлаке. Поред тога, у превлаке са две и три ротације уноси се више енергије бомбардовањем јонима из плазме, па је покретљивост честица на површини превлаке већа. Као резултат долази до рафинације структуре, смањују се величина зрна и порозност. За рафинацију је заслужна и стална промена угла nanoшења код двоструке и троструке ротације, јер не иде у прилог стварању усмерене стубасте структуре.

- Ефекат рафинације микроструктуре није исти за све превлаке и условљен је њиховим дизајном. Иако долази до рафинације структуре, једнослојна TiAlN превлака остаје стубаста са повећањем броја степени ротације, док код TiSiN и нанослојних TiAlN/TiSiN превлака стубасти раст потпуно ишчезава. Код нанокomпозитних и нанослојних превлака кључну улогу у развоју микроструктуре игра разлагање TiSiN на TiN и Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> фазе. При двострукој и трострукој ротацији довољно је времена и енергија је довољно висока да се постигне издвајање посебних TiN и Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> фаза, док исто не важи за превлаке припремане са једном ротацијом.
- Дизајн превлака значајно утиче на механичко понашање превлака. Нанослојне TiAlN/TiSiN и CrAlN/TiSiN превлаке и нанокomпозитна TiSiN превлака одликују се не само већом тврдоћом, већ и већом отпорношћу на пластичну деформацију и већим еластичним враћањем у поређењу са једнослојном TiAlN превлаком. Висока тврдоћа нанокomпозитних и нанослојних превлака последица је ограничене дислокационе активности у нанокристалним зрнима.
- Тврдоћа превлака повећава се повећањем броја степени ротације. Ефекат повећања много је израженији при прелазу са једног на два степена ротације, а у мањој мери при преласку са два на три степена ротације. Овакав тренд промене тврдоће у потпуности се поклапа са трендом рафинације микроструктуре.
- Отпорност на лом и начин на који се лом одвија одређени су архитектуром и микроструктуром превлака. Највећу отпорност на лом испољиле су нанокристалне TiAlN/TiSiN и TiSiN превлаке. Ове превлаке одликују се великом чврстоћом и високом еластичношћу па су за иницирање кретања пукотина неопходне велике силе. Њихова нанокристална структура обезбеђује им велику отпорност на стварање и ширење пукотина. Са друге стране, обе превлаке састоје се из аморфних слојева кроз које се пукотине лакше простиру. Захваљујући епитаксијалном расту кристала преко TiAlN/TiSiN граничних површина, овај проблем је много мање изражен код нанослојних TiAlN/TiSiN превлака.
- Најмању отпорност на лом испољиле су стубасте превлаке код којих преовладава механизам интергрануларног смицања стубова. Финија структура која подразумева стубове мањег пречника и мању порозност резултује већом отпорношћу на смицање стубова.
- Све превлаке одликују се одговарајућом адхезијом. Највећа практична адхезија забележена је за вишеслојну TiAlN/TiSiN превлаку. Клизање стубова и стварање радијалних пукотина унутар доњег TiAlN слоја механизми су заслужни за растерећење напона на граничној површини при запаравању ове превлаке, а тиме за њено касније одвајање.
- Базна адхезија повећава се повећањем броја степени ротације, што се приписује рафинацији структуре превлака. Преласком са једноструке на двоструку ротацију структура постаје значајно финија, а у мањој мери преласком са двоструке на троструку ротацију. Стога је повећање базне адхезије израженије при преласку са једне на две, него при преласку са две на три ротације.
- Триболошка испитивања показују да се триболошко понашање превлака не може предвидети само на основу њихове тврдоће, већ да значајну улогу играју отпорност на лом, присуство дефеката, динамика стварања оксида и њихова смицајна чврстоћа.
- Забележена је значајнија зависност отпорности на хабање од тврдоће, отпорности на лом и присуства дефеката. Када је реч о превлакама које не садрже хром, највећу отпорност на хабање испољиле су нанослојне TiAlN/TiSiN и нанокomпозитне TiSiN превлаке које се одликују највећом тврдоћом и отпорношћу на лом. У складу са тим, TiAlN превлаке која се

одликују најмањом тврдоћом и најмањом отпорношћу на лом испољиле су најмању отпорност на хабање.

- Утицај присуства оксида хрома изражен је у толикој мери да је за нанослојне CrAlN/TiSiN превлаке забележен три пута мањи коефицијент трења и хабање за ред величина мање у поређењу са нанослојним TiAlN/TiSiN и нанокомполитним TiSiN превлакама, иако се TiAlN/TiSiN и TiSiN превлаке одликују већом тврдоћом и већом отпорношћу на лом. Ова истраживања показују да поред микро и макро механичких механизма трења и хабања, трибохемијски механизми играју важну улогу, тј. да је поред механичких особина, хемијски састав од суштинског значаја за триболошко понашање превлака.

У оквиру дисертације показано је да се посебним нанослојним дизајном могу произвести превлаке високе тврдоће, високе отпорности на лом и ниског коефицијента трења. Применом оваквих превлака може се повећати радни век алата и смањити утрошак енергије због смањења трења. Такође је показано да се отпорност нанослојних и нанокомполитних превлака на одвајање од подлоге може успешно повећати претходним наношењем TiAlN слоја.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати су приказани на прегледан и систематичан начин. Описани су квалитетно и са довољно детаља. Упоредени су са резултатима других истраживања која се баве истом или сличном тематиком. Тумачење резултата је на високом научном нивоу, свеобухватно и у складу са савременим научним сазнањима.

У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

**Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

**Дисертација садржи све битне елементе.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација даје вишеструки оригинални допринос науци. Направљене су посебне нанослојне превлаке и спроведена је њихова свеобухватна анализа. Поред нанослојних превлака проучаване су једнослојне, нанокомполитне и вишеслојне превлаке чиме је направљен јединствен приказ утицаја дизајна на структуру, механичко понашање, отпорност на лом, адхезију триболошко понашање тврдих превлака. Посебност дисертације се такође огледа у испитивању утицаја ротације на особине нанокомполитних и нанослојних превлака. Надаље, успостављена је веза између великог броја особина и триболошког понашања превлака, где је потребно посебно издвојити везу отпорности на лом и триболошког понашања. У дисертацији је представљен посебан приступ одређивању силе која доводи до лома превлака. Стечена научна сазнања дају смернице за развој будућих нанокомполитних и нанослојних превлака.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Нису уочени недостаци дисертације.**

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- <b><u>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</u></b>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

**Проф. др Дамир Какаш**, редовни професор  
Факултет техничких наука, Нови Сад  
*Председник комисије*

---

**Проф. др Лепосава Шиђанин**, професор емеритус  
Факултет техничких наука, Нови Сад  
*Члан комисије*

---

**Др Петер Пањан**, научни саветник  
Институт "Јожеф Стефан", Љубљана, Словенија  
*Члан комисије*

---

**Др Велимир Радмиловић**, научни саветник  
Технолошко-металуршки факултет, Београд  
*Члан комисије*

---

**Проф. др Бранко Шкорић**, редовни професор  
Факултет техничких наука, Нови Сад  
*Ментор - Члан комисије*

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.