

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
родитеља и име Јовановић Новица Десимир
Датум и место рођења 20.07.1958.

Основне студије

Универзитет У Крагујевцу
Факултет Машински
Студијски програм Машинске конструкције
Звање Дипломирани машински инжењер
Година уписа 1977
Година завршетка 1983
Просечна оцена 8.55

Магистер студије, магистарске студије

Универзитет У Крагујевцу
Факултет Машински
Студијски програм Машинске конструкције
Звање Магистар техничких наука
Година уписа 1984
Година завршетка 2005
Просечна оцена 9.55
Научна област Машинско инжењерство
Наслов завршног рада Триболошки процеси механизма слободног хода
импулсних - полужно фриксионих варијатора

Докторске студије

Универзитет У Нишу
Факултет Машински
Студијски програм Машинске конструкције
Година уписа 2016
Остварен број ЕСПБ бодова 150
Просечна оцена

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске
дисертације **Утицај фактора процеса обраде на технолошке
карактеристике превлака код производа наменске индустрије**
Име и презиме ментора,
звање Др Предраг Јанковић, ванредни професор
Број и датум добијања
сагласности за тему
докторске дисертације 8 /20-01-004/17-011, У Нишу, 15.05.2017.год.

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна 165
Број поглавља 7
Број слика (шема,
графикона) 139
Број табела 23
Број прилога -

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ	
Преглед од:	26.10.2018.
Својеручно:	
612-80-426/18	

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>Jovanović D., Stojanovic B, Janjic R.: <i>Capacity For Improving Tribological Characteristics Of Barrel's Interior Line On A Gun</i>, J Balk TribolAssoc, Vol.22, No.1, 2016, <i>Barrel is the most important part of a weapon. It represents an element in which double energy transformation is performed: chemical energy of gunpowder combustion transforms into thermal energy, and then it transforms to mechanical energy. A barrel gives a projectile necessary initial speed and flight direction, and through helical grooves, high spinning necessary for stability during the motion towards the target. Barrel's exposure to combined effects of heat, high pressures, chemical effect of gunpowder gases and external influences points out the necessity of comprehensive researches of this element of the weapon. Subject of the paper is a presentation of improving tribological characteristics of barrel's interior lines of a gun using modern means for surfaces modification in the conditions with high temperatures and pressures.</i></p>	M23
2	<p>Jovanović D., NedicB.: <i>ScratchTest Of Chromium Coatings</i>, J Balk TribolAssoc, Vol.22, No.3, 2016, <i>Galvanic chromium coatings are applied to the surface of the base material with purpose for it to receive adequate resistance to abrasion, hardness, aesthetic impression etc. Investigations of galvanic chromium coatings are usually directed to the connection between chrome and base material, while there is very little data on the impact of the base material on the characteristics of the coatings. This paper presents results of research of the influence of hardness and surface topography on the adhesion properties of chromium coatings that was investigated by scratch test.</i></p>	M23
3	<p>Jovanović D, Janković P, Radovanović M, Đurić S.: <i>The Replacement Of Cadmium Coating On Parts Of The Weapon With Tungsten-Disulphide Coating</i>, Advanced Technologies, Vol.7, No.1, 2018, <i>The galvanic coatings of cadmium are applied so that the surface of the base material gets the corresponding properties, such as: corrosion resistance, improved tribological properties, chemical stability, and so on. The paper deals with the properties of the cadmium coating and the properties of the coating that can be replaced. Cadmium is very toxic, so its use in EU countries and around the world is limited or completely eliminated. During the process of deposition of cadmium coating, it is necessary to comply with the relevant legislation in order to protect the living and working environment. As an alternative to cadmium coatings, zinc coatings, zinc nickel alloys, tin-zinc coatings, and aluminum-coated aluminum coatings are commonly used in vacuum coatings. As one of the possible replacement of the cadmium coating, there is a coating of nano-based tungsten-disulfide. The paper presents the results of testing the properties of tungsten-disulfide coatings in nanoparticles and their comparison with cadmium coatings.</i></p>	M52
4	<p>Nedić B., Jovanović D., Čupović M.: <i>Characteristics of Chromium Coatings Programmed Current Regime</i>, Proceedings: 35th International Conference On Production Engineering, Kraljevo-Kopaonik, 2013, <i>Electrolytical chromium coatings have wide and various application, due to characteristics of these coatings. They are deposited with aim to give the surface of base material wanted characteristics such as: wear resistance, chemical stability, esthetic appearance etc. Investigations of galvanic chromium coatings are mostly directed to the connection of the coating with base material, while there is very few data of influence of base material to coating characteristics. Chromium is deposited on steel base from chromate-sulfate electrolyte. For investigation of galvanic chromium coatings model of programmed deposition is set in system of planparalel plates. Program of chromium deposition using direct current is projected. Process of coating deposition, values of parameters at the beginning and during the process, were followed and regulated computer. In this paper are presented results of investigation of influence of hardness and topography of base surface on chromium coating characteristics deposited in programmed regime with direct current.</i></p>	M33
5	<p>Nedic B., Jovanovic D., Marušić V.: <i>Some Scratch Test Research Results Zn Coatings</i>, Proceedings: MMA'12, Novi Sad, 2012, <i>Most studies of Zn coatings focuses on the characterization of coatings and their links to the basic material, while very little is known about the effects of substrate on the characteristics of the coating. Surface finish has a great influence on determination of the physical and mechanical properties and structure of the surface layer. This paper presents the preliminary results scratch testing of Zn coating. The research was performed with samples of different hardness, different previous grinding and different thickness Zn coatings.</i></p>	M33
6	<p>Nedić B., JovanovićD., Lakić-Globočki G.:<i>Influence of Previous Machining on Characteristics of Galvanic Coatings</i>, Proceedings: Proceedings: 12th Internacional Conference on Tribology, SERBIATRIB'11, Kragujevac, Serbia, 2011</p>	M33

Galvanic coatings are applied to the base material surface in order to obtain some of the following characteristics: resistance to corrosion, chemical inertness, wear resistance, higher dimensions, lower coefficient of friction and a better aesthetic impression. Most studies of protective metal coatings focuses on the characterization of coatings and their links to the basic material, while very little is known about the effects of substrate on the characteristics of the coating. Surface finish has a great influence on determination of the physical and mechanical properties and structure of the surface layer. This paper presents the preliminary results of the surface topography changes depending on the thickness of Zn and Cr layer. The research was performed with samples of different hardness and different previous grinding.

Јовановић Д., Недић Б., Розинг Г.: *Триболошке карактеристике галванских превлака цинка*, Зборник радова: 14. Међународна научна конференција, СЕРБИАТРИБ'15, Београд, Србија, 2015,

7 *Галванске превлаке цинка се наносе да би површина основног материјала добила одговарајућа својстава, као што су: отпорност према корозији, хемијска постојаност, потребан естетски утисак и др. Испитивања галванских превлака цинка усмерена су најчешће везу Zn са основним материјалом, док је веома мало података о утицају подлоге на карактеристике превлака. Претходна завршна обрада има велики утицај на формирање физичко-механичких својстава и структуре превлаке. У раду су приказани резултати истраживања карактеристика превлака цинка исталожених на подлози добијеној различитом завршном обрадом са различитом тврдоћом и топографијом.*

M63

Јовановић Д., Недић Б., Јанковић П., Трифуновић Б.: *Утицај фактора процеса обраде на триболошке карактеристике превлака хрома*, Зборник радова:15. Међународна научна конференција, СЕРБИАТРИБ'17, Крагујевац, Србија, 2017,

8 *Електролитичке превлаке хрома имају широку и разноврсну примену, што је условљено карактеристичним особинама ових превлака. Испитивања галванских превлака хрома усмерена су најчешће на везу превлаке са основним материјалом, док је веома мало података о утицају фактора процеса обраде подлоге за таложење на карактеристике превлака. Превлаке хрома су таложене на челичну подлогу из хроматно-сулфатног електролита. Пројектован је програм таложења хрома једносмерном струјом. Рачунарском техником праћен је и регулисан процес таложења превлаке хрома, вредност параметара на почетку и током процеса. У раду су приказани резултати истраживања утицаја фактора процеса обраде на триболошке карактеристике превлаке хрома таложених у програмираном режиму једносмерне струје.*

M63

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат је дипломирани машински инжењер, магистар техничких наука, има одобрену тему докторске дисертације, објавио је већи број научних радова и поднео докторску дисертацију одговарајуће садржине, обима и квалитета у складу са одобреном темом докторске дисертација. Тиме је испунио услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА НЕ

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Десимира Јовановића, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је актуелна и значајна за развој науке у области галванских превлака. Поред научног доприноса дисертација садржи велики број информација неопходних за примену и квалитетније коришћење ове врста обраде која се значајно користи у пракси.

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (оо 500 речи)

У уводном поглављу је описан предмет истраживања ове дисертације, дате су основне информације о комплексности проблема одређивања утицаја фактора процеса израде делова наоружања на карактеристике коначног производа. Утицај стања површине дела пре обраде (заостали напони, храпавост и др.), утицај параметара услова обраде (режим обраде), утицај термичке обраде и утицај параметара наношења превлака чине збир недовољно истражених области интересовања великог броја истраживача. Предмет истраживања дисертације су својства металних заштитних превлака (кристална структура, тврдоћа, корозиона постојаност, адхезија, отпорност на хабање, храпавост и др.) на деловима пешадијског наоружања чији је задатак побољшање експлоатационих карактеристика, при чему превлаке хрома и цинка доминирају. У овом делу дисертације дат је преглед досадашњих истраживања. Може се видети да су она везана за објашњавање механизма таложења, карактеризацију веза превлаке са основним материјалом, корозиона својства и изналажења начина заштите од штетног утицаја хемикалија које се користе у процесима галванизације. Циљ и сврха истраживања, основне хипотезе рада, очекивани научни допринос и преглед садржаја дисертацију су дати у другом делу уводног разматрања.

У другом поглављу дате су основне информације о свим битним елементима који описују технолошко наслеђе. Описани су параметри који утичу на карактеристике добијених површина коначних производа, при чему се могу поделити на параметре материјала и геометрије предмета, параметре околине (средства за хлађење и подмазивање

и сл.), параметре процеса (параметри режима обраде и др.) и параметре алата (материјал, геометрија, хабање, тачност кретања и др.). Највећи део овог поглавља је посвећен анализи сваког појединачног утицајног фактора, као и одређивању узajамне везе између технолошког и експлоатационог наслеђа. На овај начин пружена је могућност потпунијег сагледавања и описивања карактеристика површина коначних производа и утицајних фактора претходног процеса обраде. На крају овог поглавља дат је преглед производних технологија које се примењују у фабрици "Застава оружје", Крагујевац, а које у највећем броју случајева претходе наношењу галванских превлака.

Треће поглавље садржи податке о припреми узорак за испитивање. Ова припрема је подразумевала израду узорак са различитим технологијама (глодање, пескарење, грубо и фино брушење и полирање) и наношење галванских превлака цинка и хрома. Избор технологија обраде узорак је у складу са примењиваним технологијама за израду делова пешадијског наоружања у фабрици Застава оружје, Крагујевац. На одређеном броју узорак је вршена термичка обрада у циљу добијања различитих тврдоћа, а након тога грубо или фино брушење и полирање. У овом поглављу су дате потпуне информације о условима израде узорак (режими обраде, резни алати, машине и др.), термичкој обради узорак и поступцима наношење превлака цинка и хрома (време и режим једносмерне струје при галванском наношења превлака). Пре наношења превлака вршено је мерење параметара топографије површина, тврдоће узорак и израда фотографија површина.

У четвртом поглављу описана је испитна и мерна опрема. Дате су детаљне информације о начину мерења тврдоће и микротврдоће узорак, мерењу параметара топографије, мерењу дебљине превлаке и оптичким микроскопима за визуелну анализу површина. Описани су трибометар за мерење триболошких карактеристика, облик и димензије узорак за триболошка и друга испитивања, уређај за тест браздањем - *scratch test* и микроскоп атомских сила (*AFM – скенирајући микроскоп међуатомских сила*).

Систематизовани резултати обимних експерименталних испитивања у облику табела, дијаграма и фотографија, су приказани у петом поглављу и представљају полазну основу за даљу анализу и одређивање карактеристика нанетих превлака. Резултати су подељени у две групе: резултати испитивања превлака цинка и резултати испитивања превлака хрома. На самом почетку приказа резултата дате су табеле са информацијама о карактеристикама површине узорак на које је наношена превлака (врста обраде, тврдоћа и храпавост), параметрима наношења превлака (густина струје и време) и карактеристике добијених превлака (дебљина превлаке и храпавост површине). Описан је начин мерења и места мерења дебљине превлаке. На основу ових података датих у табелама извршена је анализа појаве ивичних ефеката. Може се закључити да је код превлака цинка равномерно распоређена превлака, док код превлаке хрома постоји ивични ефекат, односно да је по рубовима узорак већа дебљина превлаке.

Оптичким микроскопом, микроскопом атомских сила (*AFM*) и уређајем за мерење параметара топографије површине је испитивана морфологија површина. Код превлака цинка топографија површина са превлаком прати конфигурацију површина пре наношења превлаке, с тим да долази до значајнијег повећања вредности параметара храпавости. Полиране и фино брушене површине имају хомогене превлаке, уједначену покривеност површине и малу храпавост. На површинама са превлакама цинка уочавају се трагови издвајања водоника. Код превлака хрома у зависности од јачине струје долазило је до појаве микропрскотина. При коришћењу струје веће јачине микропрскотине су веће ширине и бројније су. Као и код превлака цинка и у овом случају долазило је до појава трагова водоника. Истраживања применом *AFM* микроскопа су показала да се овом мерном опремом могу истраживати карактеристике површина са различитим превлакама. 3Д визуелизацијом топографије површине и израчунавањем параметара храпавости на веома малим сегментима површина омогућено је изучавање карактеристика површина у микро областима при чему се утицај макро геометрије искључује. Ова мерења су показала да храпавост расте при наношењу превлака и у областима блиским нано областима.

Резултати истраживања храпавости пре и после наношења превлака цинка и хрома на површине узорак добијених различитим технологијама обраде и при различитим параметрима услова наношења, су показала да са повећањем времена долази до повећања храпавости површина. Код узорак чије су површине добијене технологијама глодања, пескарења и грубог брушења, које имају велику храпавост, наношењем превлака храпавост расте при чему се профил површине задржава. Уколико је фина обрада брушењем или полирањем храпавост површина такође расте али се не задржава облик микрогеометрије површине. Не уочавају се трагови финог брушења или полирања. Већа јачина струје при наношењу превлака хрома је имала за последицу већу храпавост при истом времену.

Испитивањима адхезионих својстава превлака је посвећена значајна пажња у овој дисертацији. Ова испитивања су вршена методом загревања и применом *Scratch test* уређаја. Испитивања загревањем су показала да није дошло до одслојавања превлака. Испитивањима применом *Scratch test* превлака цинка није могла да се утврди појава пуцања превлаке, одвајања делића или трагова љуштења превлаке, што значи да се ова метода не може користити са успехом код превлака цинка. На узорцима са превлакама хрома при испитивањима применом *Scratch test* јасно се уочавају оштећења превлаке, појаве пукотина, одвајање превлаке и применом дијаграма су одређене одговарајуће вредности критичних сила. Са повећањем храпавости вредност критичних сила је мања, док код узорак чија је тврдоћа већа вредности критичних сила су незнатно мање. Није уочен утицај дебљине превлаке на вредност критичних сила.

Триболошка испитивања превлака цинка су показала да код узорак код којих је већа храпавост коефицијент трења је мањи, као и запреминска похабаност узорак. Триболошким испитивањима превлака хрома добијени су резултати који указују да најзначајнији утицај на коефицијент трења има програм наношења превлаке, односно

већа јачина струје даје већи коефицијент трења а мању ширину трага хабања и запремину похабаног материјала.

У поглављу 6 - Развој експертног система у области галванских превлака су дате основне информације о експертним системима и њиховој архитектури и теоријским основама вештачких неуронских мрежа. описан је модел статичког неурона, грађа вештачких неуронских мрежа, њихово тренирање, тестирање и валидација. У другом делу овог поглавља применом програмског пакета MATLAB развијено је софтверско решење које садржи две целине: база података са улазним подацима о карактеристикама делова и површина на које се наносе галванске превлаке и параметри процеса галванизације и излазним подацима о карактеристикама нанетих превлака и модул за предвиђање карактеристика превлака на основу унапред задатих параметара процеса галванизације и стања површине на коју се наноси превлака.

Тестирање модела за предвиђање карактеристика превлака је вршено са превлакама хрома, при чему је закључено да се веома квалитетно може на основу времена наношења превлаке, јачине струје и претходне храпавости површине предвидети нова храпавост и дебљина превлаке. Треба посебно нагласити значај ових резултата истраживања и развоја овог експертног система, јер у литератури и досадашњим истраживањима у свету и код нас ових података нема.

На крају дисертације, кандидат је изложио закључке и правце будућих истраживања. Посебан акценат је стављен на систематизацију, анализу и коментар обимних резултата експерименталних испитивања, као и дефинисаног модела за предвиђање параметара квалитета галванских превлака. Указано је на потребу даљих истраживања у циљу истраживања карактеризације других превлака (превлака никла и вишеслојних превлака), даљег развоја базе података и развоја експертног система у области галванских превлака.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације *(до 200 речи)*

Докторска дисертација кандидата мр Десимира Јовановић, дипл. маш. инж. под насловом "Утицај фактора процеса обраде на технолошке карактеристике превлака код производа наменске индустрије" одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Машинског факултета и Стручног већа Универзитета у Нишу.

Основни циљеви истраживања били су да се применом савремених научних метода утврди утицај технолошких параметара обраде на карактеристике заштитних превлака код производа наменске индустрије, да се дефинише њихова међузависност и развије методологија испитивања применом савремене мерне опреме. Овако дефинисани циљеви су обухватили: дефинисање технологија и технолошких параметара процеса који су релевантни при формирању површина делова на које се наносе металне превлаке, експериментална испитивања утицаја технолошких параметара обраде на карактеристике превлака и развој теоријског модела утицаја технологије претходне обраде на механичке, триболошке и друге карактеристике заштитних превлака.:

Дисертацијом је успешно постављен и обрађен научни проблем, утврђена је одговарајућа методологија за решавање проблема карактеризације заштитних металних превлака уз примену научног приступа и савремених експерименталних метода. Постигнути резултати испитивања се уклапају у општи систем знања из подручја испитивања и примене галванских превлака. Истраживањем у оквиру докторске дисертације, кандидат је показао да је овладао свим потребним знањима, да је остварио све постављене циљеве у пријави теме и оспособио се да самостално уочава, дефинише и решава проблеме из истраживане области.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације *(до 200 речи)*

Кандидат мр Десимир Јовановић, дипл. маш. инж. је у оквиру своје докторске дисертације извршио систематизацију постојећих теоријских и експерименталних знања и искустава у области истраживања галванских превлака. Кандидат је спровео обимна експериментална испитивања и успоставио модел којим је могуће предвидети параметре квалитета галванске превлаке. Део резултата, непосредно проистеклих или везаних за дисертацију већ је верификован публиковањем у рангираном часопису из уже научне области којој припада тема докторске дисертације, као и у Зборницима са међународних конференција. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове потребне за израду докторских дисертација.

Реализацијом истраживачког рада на овој дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај у научно-теоријском, а посебно у практичном смислу, од којих се издвајају следећи:

- Потврђене су полазне претпоставке о зависности појединих параметара квалитета превлака и готових производа од фактора процеса претходне и завршне обраде,
- Извршена је систематизација истраживања у области галванских превлака цинка и хрома,
- Дефинисана је методологија испитивања узорака са галванским превлакама добијених технологијама примењеним у реалним производним условима производње делова и готових производа пешадијског наоружања,
- Дефинисан је и реализован модел за предвиђање квалитета галванске превлаке применом савремених метода и вештачких неуронских мрежа,
- Створени су услови за даља истраживања осталих галванских и других превлака и развој експертног система у овој области.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Извођењем обимних експерименталних испитивања уз примену савремене мерне опреме и обраду резултата, уз претходно сагледавање теоријских знања, кандидат је показао способност за самостално извођење теоријских и експерименталних научних истраживања.

Резултати спроведених истраживања су публиковани на конференцијама и у часописима из уже научне области којој припада тема докторске дисертације, у потпуности потврђују да је кандидат оспособљен за самосталан научни рад.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

На основу изложене анализе докторске дисертације и увидом у публиковане научне радове кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, једногласно су закључили да поднета докторска дисертација у потпуности одговара теми прихваћеној од стране Наставно-стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу и Наставно-научног већа Машинског факултета у Нишу, да по свом квалитету, обиму и резултатима истраживања представља, оригиналан и вредан допринос у области инжењерства површина и карактеризације заштитних галванских превлака и да задовољава све стручне, научне и законске критеријуме за израду докторске дисертације, и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Нишу да рад кандидата мр Десимира Јовановића, дипл. маш. инж. под насловом:

**УТИЦАЈ ФАКТОРА ПРОЦЕСА ОБРАДЕ НА ТЕХНОЛОШКЕ
КАРАКТЕРИСТИКЕ ПРЕВЛАКА КОД ПРОИЗВОДА НАМЕНСКЕ ИНДУСТРИЈЕ**

прихвати као докторску дисертацију и кандидата позове на јавну усмену одбрану.






КОМИСИЈА

Број одлуке НСВ о именовану Комисије

НСВ БРОЈ 8/20-01-008/18-027

Датум именовања Комисије

У Нишу, 17.9.2018. године

Р. бр.	Име и презиме, звање	Потпис
1.	Др Мирослав Радовановић, редовни професор Производни системи и технологије (Научна област)	
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
2.	Др Богдан Недић, редовни професор Производно машинство (Научна област)	
	Факултет инжењерских наука у Крагујевцу (Установа у којој је запослен)	
3.	Др Горан Раденковић, ванредни професор Производни системи и технологије (Научна област)	
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	Др Предраг Јанковић, ванредни професор Производни системи и технологије (Научна област)	
	Машински факултет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	Др Јелена Баралић, доцент Производне технологије (Научна област)	
	Технички факултет у Чачку (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

октобра 2018. године

У Нишу, Крагујевцу и Чачку