

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

797/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)23.06.2016.
(Датум)

З А Х Т Е В
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

САВРЕМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ НАНОШЕЊА ПРЕВЛАКА И ЊИХОВА ПОТЕНЦИЈАЛНА ПРИМЕНА НА ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИМ ПОСТРОЈЕЊИМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технологија материјала

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног родитеља и презиме кандидата: АЛЕКСАНДАР (МИЛОРАД) МАСПАРЕВИЋ
- Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
- Година дипломирања: 2011.
- Назив магистарске тезе кандидата: _____
- Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____
- Година одбране магистарске тезе: _____
- Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2012.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 23.06.2016
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

- Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
- Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 797/5
Датум: 23.06.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Александра Масларевића**, дипл. маш. инж., бр. 797/1 од 04.04.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Гордана Бакић, доц., др Милош Ђукић, доц., др Радивоје Митровић, ред. проф., др Александар Седмак, ред. проф. и др Весна Максимовић, виши научни сарадник, ИНН Винча Београд, број 797/4 од 16.06.2016. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 23.06.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **Александар Масларевић**, дипл. маш. инж. испуњава услове за израду докторске дисертације **«САВРЕМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ НАНОШЕЊА ПРЕВЛАКА И ЊИХОВА ПОТЕНЦИЈАЛНА ПРИМЕНА НА ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИМ ПОСТРОЈЕЊИМА»**.

За ментора студенту **Александру Масларевићу**, именује се др Гордана Бакић, доц.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински Факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата Александра Масларевића, дипл. маш. инж. студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 797/3 од 02.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александра М. Масларевић, дипл. маш. инж., студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, бр. индекса Д4/12, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **САВРЕМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ НАНОШЕЊА ПРЕВЛАКА И ЊИХОВА ПОТЕНЦИЈАЛНА ПРИМЕНА НА ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИМ ПОСТРОЈЕЊИМА.**

др Гордана Бакић, доцент,
др Милош Ђукић, доцент,
проф. др Радивоје Митровић,
проф. др Александар Седмак,
др Весна Максимовић, виши научни сарадник, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду;

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Александар М. Масларевић рођен је 16.09.1986 у Ивањици. Основну школу је завршио у селу Војка, Стара Пазова, где је потом уписао средњу техничку школу, у Старој Пазови, коју је завршио са одличним успехом 2005. године на смеру „Машински техничар за компјутерско конструисање“. Године 2006. уписује Машински факултет Универзитета у Београду где је Основне академске студије, као стипендиста

„Messer Tehnogas“ А.Д. Београд, завршио 2009. год. са просечном оценом 8,53 (осам и 53/100), и стекао звање инжењер машинства трогодишњих студија (скраћено инж.маш-3 г. - В.Sc.). Исте године наставља студије на програму Мастер академских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, на модулу Заваривање и заварене конструкције, које је завршио 2011. год. са просечном оценом 9,29 (девет и 29/100). Одбраном Мастер рада под називом „Анализа радне способности и репаратура вратила турбине“ стекао је звање мастера инжењера машинства (маст.инж.маш. – М.Sc.) марта 2011. год.

Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписује 2012. Испите на докторским студијама је са успехом завршио са просечном оценом 9,86 (девет и 86/100).

Током студија, 2010. године, после 2 семестра мастер студија, почиње да ради у фирми „Messer Tehnogas“ А.Д. Београд, у одсеку Кастолин радионица (Castolin Eutectic), као инжењер репаратуре. По завршетку мастер студија добија стално запослење у истој фирми и активно учествује у планирању и реализацији пројеката репаратуре компоненти термоенергетских и хидроенергетских постројења, фабрика за прозводњу цемента, итд. Током рада успешно је овладао конвекционалним и специјалним поступцима заваривања, као и различитим поступцима наношења превлака (гасно пламени поступак, електролучни поступак, HVOF поступак, итд).

Од 01.05.2013. године запослен је као сарадник у Иновационом центру Машинског факултета (ИЦМФ) Универзитета у Београду и финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја као студент докторских студија, учешћем на пројекту под називом „Истраживање могућности унапређења технологије заваривања микролегираних челика“ (пројекат ТР 35024). Од запослења у ИЦМФ активно је ангажован на пројектима сарадње са привредом, пре свега на пословима процене преосталог радног века и одређивања стања и могућности заштите компоненти термоенергетских постројења.

Током рада у фирми „Messer Tehnogas“ А.Д. активно је учествовао као један од предавача на семинарима практичне наставе средњих техничких школа на смеру „Машински техничар за репаратуру“. Семинари су одржавани под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја, а у организацији „Messer Tehnogas“ А.Д. Београд који је покренуо иницијативу за оснивање смера у средњим школама, и који је из статуса огледног смера постао редовни смер у више техничких школа у Србији.

Кандидат активно учествује у раду Лабораторије за испитивање материјала на Катедри за технологију материјала кроз експериментални рад са студентима у оквиру израде њихових Мастер (М.Sc.) радова. Такође ради и на усавршавању опреме и метода лабораторијских испитивања.

Такође, кандидат се активно служи и користи различите софтверске пакете: AutoCad, ProDesktop, ProEngineer, SolidWorks, CorelDRAW, Origin, итд. Активно говори, пише и чита енглески језик.

Кандидат је са успехом завршио све предвиђене обавезе дате у оквиру плана истраживања на докторским студијама, које су се састојале од обавезних и изборних предмета, лабораторијских истраживања и публикација и пријавио тему докторске дисертације под радним насловом „Савремене технологије наношења превлака и њихова потенцијална примена на термоенергетским постројењима“.

1.2. Списак радова и пројеката у вези са темом докторске дисертације

1.2.1 Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. Bakic G., Sijacki Zeravcic V., Djukic M., Rajicic B., Radovic M., Gajic I., **Maslarevic A.**, Jakoviljevic A.; *Characterization of Undermatch Welded Joint of X20CrMoV121 Steel After Prolonged Service*, Integritet i vek konstrukcija, Vol. 14, Issue 2, pp. 133-140, Srbija, 2014.

1.2.2 Радови саопштени на скуповима међународног значаја, штампани у целини - (M33)

1. Bakic G., Djukic M., Mitrovic R., **Maslarevic A.**, Miskovic Z., Rajicic B., Sijacki Zeravcic V.; *3D Profiling of 12Cr Heat Resistant Steel Charpy V Notch Fracture Surfaces Obtained at Different Temperatures*, 7th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society, 15-16th October 2015, University of Belgrade - Faculty of Mechanical Engineering, Proceedings, pp. 496-501, ISBN 978-86-7083-877-2, Belgrade, Serbia, 2015.
2. **Maslarevic A.**, Bakic G., Sijacki Zeravcic V., Rajicic B., Lukic U.; *Plasma Transferred Arc Hardfacing With 316L*, The 3rd IAW Sout-East European Welding Congress - Welding and Joining Technologies for a Sustainable Development and Environment, Proceedings, pp. 283-288, ISBN 978-606-554-955-5, 3-5 June, Timisoara, Romania, 2015.
3. Bakic G., Maksimovic V., **Maslarevic A.**, Djukic M., Rajicic B., Djordjevic A.; *Microstructural Characterization of WC and CrC Based Coatings Applied by Different Processes*, MME SEE 2015 Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, Proceedings, pp. 195-201, ISBN 987-86-87183-27-8, DOI: 10.13140/RG.2.1.2101.8645, 3-5 June, Belgrade, Serbia, 2015.
4. **Maslarević A.**, Rajičić B., Bakić G., Đukić M., Đorđević A.; *Metalizacija velikim brzinama u struji produkata sagorevanja*, SYNTHESIS, International Scientific Conference of IT and Business-Related Research, Proceedings, pp. 262-267, DOI: 10.15308/Synthesis-2015-262-267, 15 April, Belgrade, Serbia, 2015.
5. Marković D., Bakić G., **Maslarević A.**, Maksimović V., Đorđević B.; *Fe and Ni Coatings Used for Wear Protection of Blinds*, NANT 2015, 2nd International Conference - Modern Methods of Testing and Evaluation in Science, Proceedings, pp. 147-151, ISBN 978-86-918415-1-5, 14-15 Decembre, Belgrade, Serbia, 2015.
6. **Maslarević A.**, Lukić U., Bakić G., Martić I.; *Impact of Parameters of Plasma Transferred Arc Welding Process on the Weld Layer Geometry*, TMT 2014, 18th International Research/ExpertConference - Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Proceedings, ISSN 1840-4944, 10-12 September, Budapest, Hungary, 2014.

1.2.3 Учешће у научноистраживачким пројектима финансираним од стране Министарства за просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

1. Од 2013. године ангажован је на пројекту министарства просвете, науке и технолошког развоја - Истраживање могућности унапређења технологије заваривања микролегираних челика - евиденциони број пројекта TP 35024.

1.2.4. Учесће у пројектима реализованим за потребе привреде

1. Бакић Г., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**, Шијачки Жеравчић В.; *Елаборат о процени стања и употребљивости опреме котловског постројења и челичне конструкције блокова 1 и 2 за Пројекат ТЕ “Колубара Б”, као и оправданост примене антикорозионе заштите за потребе извођења радова на антикорозионој заштити опреме на градилишту Пројекта ТЕ “Колубара Б” у Каленићу*, Извештај 12-05-12.04/2014
2. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века цевног система котла ТЕНТ Б2, Машински факултет*, Извештај број 12-1а- 12.04/2014
3. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века цевног система котла ТЕНТ Б1, Машински факултет*, Извештај број 12-1б- 12.04/2014
4. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости сепаратора, стартне боце, повезног цевовда сепаратор-стартна боца, бифлукса, повезног паровода П1-П2 и повезног паровода П3-П4 блока 1 у ТЕНТ-Б, Машински факултет*, Извештај број 12-03а-12.04/2015
5. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости сепаратора, стартне боце, повезног цевовда сепаратор-стартна боца, бифлукса, повезног паровода П1-П2 и повезног паровода П3-П4 блока 1 у ТЕНТ-Б, Машински факултет*, Извештај број 12-03б-12.04/2015
6. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости повезног паровода П2-П3 блока 1 и блока 2 у ТЕ Костолац Б; Извештај 12-02а и 02б-12.04/2015 и Извештај 12-04а и 04б-12.04/2015; Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости цевног система котла блока 1 и блока 2, ТЕКО-Б*
7. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века виталних елемената блока А5: Извештај 12-05а-12.04/2015; Процена преосталог радног века цевног система котла б, блока А5, ТЕ Колубара; Извештај 12-05б-12.04/2015; Процена преосталог радног века материјала виталних елемената турбине блока А5, снаге 110MW, Шкода, ТЕ Колубара*
8. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости грејних површина цевног система котла блока ТЕНТ А4, Извештај 12-06-12.04/2015*
9. Бакић Г., Шијачки Жеравчић В., Ђукић М., Рајичић Б., **Масларевић А.**; *Процена преосталог радног века и експлоатационе употребљивости грејних површина цевног система котла блока ТЕНТ А3, Извештај 12-07-12.04/2015*

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У циљу реализације програма усавршавања, кандидат Александар Масларевић, дипл.маш.инж., положио је следеће обавезне и изборне предмете

Ред. бр. предмета	Назив предмета	Предметни наставник	Година студија и ЕСПБ				Оцена испита
			1. година		2. година		
			I (30)	II (30)	III (30)	IV (30)	
1.	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	5				9 (девет)
2.	Виши курс Математике	проф. др Радојевић Слободан	5				9 (девет)
3.	ОМИНР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	5				10 (десет)
4.	Механика - одабрана поглавља	проф. др Митровић Зоран		5			10 (десет)
5.	Интегритет и век конструкција	др Зоран Радаковић, ван. проф.		5			10 (десет)
6.	Наука о материјалима и инжењерство	проф. др Радица Прокић-Џветковић	5				9 (девет)
7.	Металургија заварених спојева	др Оливера Поповић, ван. проф.		5			10 (десет)
8.	Понашање и поузданост материјала у експлоатацији	др Гордана Бакић, доцент			5		10 (десет)
9.	Одабрана поглавља из конструисања	проф. др Милета Ристивојевић			5		10 (десет)
10.	Истраживање и публикавање 1	др Гордана Бакић, доцент	10				10 (десет)
11.	Истраживање и публикавање 2	др Гордана Бакић, доцент		15			10 (десет)
12.	Истраживање и публикавање 3	др Гордана Бакић, доцент			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публикавање 4	др Гордана Бакић, доцент				8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације					22	10 (десет)

Напомена:

Кандидат је положио свих 9 предмета предвиђених програмом Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду. Од тога четири обавезна и пет изборних предмета од којих сваки вреди 5 ЕСПБ бодова, укупно 45 ЕСПБ бодова. Кандидат је 53 ЕСПБ бодова остварио радом на истраживању и публикавању у Иновационом Центру Машинског факултета Универзитета у Београду, а 22 при припреми пријаве дисертације чиме је стекао укупно 120 бодова и услов за пријаву докторске дисертације.

Такође кандидат је успешно одбранио тему докторске дисертације пред трочланом комисијом са оценом 10 где је изнео главну тему и циљ свог истраживања, и тиме стекао неопходан услов за пријаву теме докторске дисертације.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу резултата досадашњих активности кандидата из домена истраживачких, експерименталних, теоријских и практичних активности, Комисија истиче да кандидат поседује све неопходне квалитете и испољава висок степен заинтересованости, способности и стручности за обављање научно-истраживачког рада.

До сада публиковани научни и стручни радови у часописима и на конференцијама уз успешно учешће на научно-истраживачким пројектима представљају недвосмислену потврду високог степена способности кандидата за бављење научно-истраживачким радом.

Обрађена тематика у до сада објављеним научним радовима кандидата се односи како на теоријска тако и на сложена експериментална истраживања која су уско везана за предложену тему ове докторске дисертације. Ова чињеница јасно указује да је кандидат у потпуности квалификован за успешно обављање свих активности предвиђених у оквиру ове докторске дисертације.

На основу биографских података, досадашњег учешћа у научно-истраживачким пројектима, положеним испитима на докторским студијама, објављених радова у часописима и радова саопштених на скуповима међународног значаја, Комисија сматра да је кандидат подобан и у потпуности оспособљен за успешан рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Термоенергетска (ТЕ) постројења, као сложени систем, представљају прави изазов у погледу одржавања, и постизања задовољавајућих перформанси као што су: сигурност, безбедност, поузданост, расположивост, уз све више значајан захтев за задовољење еколошких критеријума. За постизање њихових високих перформанси, једну од најзначајнијих улога има управљање радним веком виталних компоненти које раде у условима деловања различитих механизма оштећења. За велики број механизма оштећења практично није могуће извршити адекватну заштиту, а мере за продужетак радног века компоненти се свode на управљање системом и редовну контролу. Међутим, за одређене механизме оштећења, као што су различити видови ерозије и абразије, корозије или оксидације, непрестано се развијају системи заштите у виду наношења превлака, којима се површински слој компоненти, као извор иницијалних оштећења, штити од дејства агресивне радне средине. Главни циљеви истраживања у области система заштите су били усмерени у правцу:

- 1) Развоја нових врста превлака;
- 2) Развоја нових технологија наношења превлака;
- 3) Предвиђања понашања превлака нанесених различитим техникама при одређеним условима рада.

Превлаке које се наносе на машинске делове, у последњих сто година технолошког развоја налазе све ширу примену, а основни разлог за наношење превлака је продужење радног века машинских делова повећањем отпорности на абразију, ерозију, корозију, оксидацију, итд.

Истраживања у оквиру ове докторске тезе ће бити усмерена на разјашњења механизма оштећења који делују на појединим компонентама термоенергетских

постројења и начина на који материјал губи радну способност, као и дефинисање одређеног механизма оштећења што би допринело развоју процедура за заштиту и продужетак радног века машинских делова избором превлака које се одликују повећаном отпорношћу на екстремне услове рада, као и могућности примене савремених технологија њиховог наношења. Наношењем превлака на машинске делове могу се поправити својства материјала са циљем излагања оштријим режимима рада (нрп. превлаке које омогућавају рад на повишеним температурама), продужетком радног века и снижавањем трошкова одржавања постројења. И поред обимних истраживања у области превлака и технологија њиховог наношења релативно мало је учињено у смеру примене резултата многобројних теоријских и лабораторијских истраживања у конкретна упутства и систематизоване препоруке везане за заштиту компоненти ТЕ постројења

У првом делу дисертације истраживања ће бити усмерена на анализе услова рада и систематизацију механизма оштећења делова термоенергетских постројења који имају релативно кратак радни век због екстремних услова рада којима су изложени. Широко спектар металних материјала, који се користе у термоелектранама, у реалним условима рада је изложен дејству великог броја различитих механизма оштећења, чије су карактеристике најчешће променљиве током експлоатације. Велики број различитих механизма оштећења, као и изузетна сложеност интеракције материјал-услови рада ограничавају могућност валидне процене степена и брзине оштећења материјала. Такође, немогућност контролисања, у лабораторијским условима свих, за развој неког механизма оштећења релевантних параметара радне средине, чини ограниченим применљивост резултата испитивања за решавање конкретних проблема без детаљног познавања механизма оштећења на микро нивоу. У оквиру овог дела би требала да се обави анализа могућности продужетка радног века делова у тим условима рада применом превлака које би имале значајно већу отпорност у истим условима. Такође, у овом делу ће бити приказан преглед савремених технологија наношења превлака поступцима наваривања и метализације, као и анализа могућности њихове примене на термоенергетским постројењима. Истраживања ће бити усмерена на детаљну карактеризацију превлака имајући у виду и недовољно познавање карактеристика материјала превлака одговорних за њихову отпорност у одређеним условима рада као и утврђивање утицаја технологије наношења превлака на њене радне карактеристике.

Савремене технологије наношења превлака су само један део истраживања у циљу заштите и продужетка радног века машинских делова, док је други део металуршка основа превлака, посебно у делу успостављања везе са супстратом, њихова отпорност на одређене услове рада и промене које оставља на супстрату током наношења, чему ће бити посвећен други део дисертације. Пажња ће бити усмерена и на дефинисање технологија наношења превлака са аспекта врсте додатног материјала и жељених (потребних) карактеристика превлаке, као и према врсти енергије која се обезбеђује за топљење или омекшавање додатног материјала у процесу формирања превлаке (топлотна или велика кинетичка енергија), посебно за модерне поступке наношења превлака као што је плазма поступак (РТА) или метализација великим брзинама у струји продуката сагоревања (HVOF). Разматраће се и могућност примене неких врста пластичних керамика као потенцијалног кандидата за превлаке. Напредак у односу на актуелне методе наношења превлаке је покушај наношења керамичког материјала из групе МАХ фаза на комерцијалне топлотно постојане челике нове и старе генерације и кандидовање МАХ фазе као потенцијалне комерцијалне превлаке. У овом делу би била извршена аналитичка оцена уноса топлоте и степена мешања код поступака са топљењем и начина и јачине везе код поступака са успостављањем механичке везе и

предвиђања могућих ефекта топлотних циклуса наношења превлака на микроструктуру супстрата и превлаке, као и особине превлака и њену потенцијалну отпорност на екстремне услове рада. Микроструктурне промене које настају током наношења превлаке за одабране параметре, као и облик издвајања појединих фаза у самом материјалу превлаке, определиће првобитни квалитет везивања превлака-супстрат, што ће даље утицати на отпорност превлаке у овој зони у процесу ерозионог одношења материјала. С друге стране, услови деловања ерозије, посебно углови и брзине наструјавања изразито утичу на дуготрајност превлаке, јер свака од њих има специфичне микроструктурне особине које је чине отпорном на одношење материјала у одређеним условима деловања ерозије или абразије. Веза која се успоставља у контакту супстрат-превлага има различите особине од саме превлаке и супстрата, па и ерозиону отпорност, тако да се променом услова ерозије (променом угла и брзине струјања) мења и механизам одношења материјала у овој зони што није у довољној мери истражено, према доступним литературним подацима.

Општи научни циљеви предложене докторске дисертације су унапређење постојећих знања кроз експериментална истраживања у лабораторијским условима, и унапређење тренутног стања истраживања у области превлака нових генерација и њихове примене за заштиту компоненти термоенергетских постројења, као и стварање новог генеричког знања у области превлака и техника њиховог наношења. Поред општих, могуће је дефинисати и више посебних научних циљева:

- Детаљну анализу тренутног стања истраживања у области превлака нових генерација као и модерних техника њиховог наношења;
- Експериментална истраживања у циљу одређивања оптималне технике и технологије наношења превлака;
- Успостављање корелације између механизма везе који се успостављају између превлаке и супстрата на микро нивоу и технике и параметара наношења превлака;
- Дефинисање могућности примене МАХ фазе као превлаке на топлотно постојаним челицима нове и старе генерације;
- Дефинисање конкретних упутства и систематизованих препорука везаних за заштиту компоненти ТЕ постројења; одређивање оптималне технике и технологије наношења превлака је кључни корак у циљу формирања конкретних упутства и систематизованих препорука везаних за заштиту компоненти ТЕ постројења.
- Сем наведених, могуће је дефинисати још један специфичан научни циљ – пошто ће резултати реализованих истраживања бити објављивани у значајним међународним публикацијама, циљ истраживања је и постављање солидне основе за даљу сарадњу међу истраживачима у предметној области, на националном и интернационалном нивоу.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. Zikin, A., Hussainova, I., Katsich, C., Badisch, E. and Tomastik C.: ADVANCED CHROMIUM CARBIDE-BASED HARDFACINGS, Surface & Coatings Technology, Vol. 206, pp. 4270–4278, doi:10.1016/j.surfcoat.2012.04.039, 2012.

2. Azimi, G.: MICROSTRUCTURE AND WEAR PROPERTIES OF Fe-Cr-C AND Fe-Cr-Nb-C CLADS ON CARBON STEEL BY TIG SURFACING PROCESS, *International Journal of Surface Science and Engineering*, Vol. 6, pp. 15-23, doi: 10.1504/IJSURFSE.2012.046838, 2012.
3. Hou, Q. Y., Luo, L. M., Huang, Z. Y., Wang, P., Ding, T. T. and Wu, Y. C.: COMPARISON OF THREE KINDS OF MC-TYPE CARBIDE MODIFIED THICK W COATINGS FABRICATED BY PLASMA TRANSFERRED ARC SURFACING, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 283, pp. 52–60, doi:10.1016/j.surfcoat.2015.10.059, 2015.
4. Katsich, C. and Badisch, E.: EFFECT OF CARBIDE DEGRADATION IN A Ni-BASED HARDFACING UNDER ABRASIVE AND COMBINED IMPACT/ABRASIVE CONDITIONS, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 206, pp. 1062–1068, doi:10.1016/j.surfcoat.2011.07.064, 2011.
5. Shimizu, S. and Nagai, K.: ABRASION RESISTANCE OF CARBIDE DISPERSION SURFACING METALS, *Welding International*, Vol. 5, pp. 55-61, doi: 10.1080/09507119109447826, 1991.
6. Zum Gahr, K.-H.: MICROSTRUCTURE AND WEAR OF MATERIALS, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, ISBN 978-0-08-087574-3, 1987.
7. Liyanage, T., Fisher, G. and Gerlich, A.P.: MICROSTRUCTURES AND ABRASIVE WEAR PERFORMANCE OF PTAW DEPOSITED Ni–WC OVERLAYS USING DIFFERENT Ni-ALLOY CHEMISTRIES, *Wear*, Vol. 274–275, pp. 345–354, doi: 10.1016/j.wear.2011.10.001, 2012.
8. Badisch, E. and Kirchgaßner, M.: INFLUENCE OF WELDING PARAMETERS ON MICROSTRUCTURE AND WEAR BEHAVIOUR OF A TYPICAL NiCrBSi HARDFACING ALLOY REINFORCED WITH TUNGSTEN CARBIDE, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 202, pp. 6016–6022, doi:10.1016/j.surfcoat.2008.06.185, 2008.
9. Fauchais, P.L., Heberlein, J.V.R. and Boulos M.I.: THERMAL SPRAY FUNDAMENTALS – FROM POWDER TO PART, Springer, New York, ISBN 978-0-387-68991-3, doi: 10.1007/978-0-387-68991-3, 2014.
10. Yuan, Y. L. and Li, Z. G.: MICROSTRUCTURE AND DRY SLIDING WEAR BEHAVIOR OF Fe-BASED (Cr, Fe)₇C₃ COMPOSITE COATING FABRICATED BY PTA WELDING PROCESS, *Journal of Materials Engineering and Performance*, Vol. 22, pp. 3439-3449, doi: 10.1007/s11665-013-0646-4, 2013.
11. Guoqing, C., Xuesong, F., Yanhui, W., Shan, L. and Wenlong, Z.: MICROSTRUCTURE AND WEAR PROPERTIES OF NICKEL-BASED SURFACING DEPOSITED BY PLASMA TRANSFERRED ARC WELDING, *Surface & Coatings Technology*, Vol. 228, pp. S276–S282, doi:10.1016/j.surfcoat.2012.05.125, 2013.
12. Miguel, J.M., Guilemany, J.M. and Vizcaino, S.: TRIBOLOGICAL STUDY OF NiCrBSi COATING OBTAINED BY DIFFERENT PROCESSES, *Tribology International*, Vol. 36, pp. 181–187, doi: 10.1016/S0301-679X(02)00144-5, 2003.
13. Pawlowski, L.: THE SCIENCE AND ENGINEERING OF THERMAL SPRAY COATINGS: SECOND EDITION, Chichester: John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 978-0-471-49049-4, 2008.
14. Frodelius, J., Johansson, E. M., Córdoba, J. M., Odén, M., Eklund, P. and Hultman, L.: ANNEALING OF THERMALLY SPRAYED Ti₂AlC COATINGS, *International Journal of Applied Ceramic Technology*, Vol. 8, pp. 74-84, doi: 10.1111/j.1744-7402.2010.02569.x, 2011.
15. Sonestedt, M., Frodelius, J., Sundberg, M., Hultman, L. and Stiller, K.: OXIDATION OF Ti₂AlC BULK AND SPRAY DEPOSITED COATINGS, *Corrosion Science*, Vol. 52, pp. 3955–3961, doi: 10.1016/j.corsci.2010.08.004, 2010.
16. Frodelius, J., Sonestedt, M., Björklund, S., Palmquist, J. P., Stiller, K., Högberg, H. and Hultman, L.: Ti₂AlC COATINGS DEPOSITED BY HIGH VELOCITY OXY-FUEL SPRAYING, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 202, pp. 5976–5981, doi: 10.1016/j.surfcoat.2008.06.184, 2008.
17. Frodelius, J., Eklund, P., Beckers, M., Persson, P. O. Å., Högberg, H. and Hultman, L.: SPUTTER DEPOSITION FROM A Ti₂AlC TARGET: PROCESS CHARACTERIZATION AND CONDITIONS FOR GROWTH OF Ti₂AlC, *Thin Solid Films*, Vol. 518, pp. 1621–1626, doi: 10.1016/j.tsf.2009.11.059, 2010.
18. Radovic, M., Barsoum, M. W., Ganguly, A., Zhen, T., Finkel, P., Kalidindi, S. R. and Lara-Cruzio, E.: ON THE ELASTIC PROPERTIES AND MECHANICAL DAMPING OF Ti₃SiC₂, Ti₃GeC₂, Ti₃Si_{0.5}Al_{0.5}C₂ AND Ti₂AlC IN THE 300–1573 K TEMPERATURE RANGE, *Acta Materialia*, Vol. 54, pp. 2757–2767, doi: 10.1016/j.actamat.2006.02.019, 2006.
19. Frodelius, J.: THICK AND THIN Ti₂AlC COATINGS, PhD thesis, Linköping University, Linköping, Sweden, 2010.

20. Barsoum, M. W.: MAX PHASES – PROPERTIES OF MACHINABLE TERNARY CARBIDES AND NITRIDES. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, ISBN: 978-3-527-65461-1, 2013.
21. Barsoum, M. W. and El-Raghy, T.: SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF A REMARKABLE CERAMIC: Ti_3SiC_2 , Journal of American Ceramic Society, Vol. 79, pp. 1953-1956, doi: 10.1111/j.1151-2916.1996.tb08018.x, 1996.
22. Eklund, P., Beckers, M., Jansson, U., Hogberg, H. and Hultman, L.: THE $M_{n+1}AX_n$ PHASES: MATERIALS SCIENCE AND THIN-FILM PROCESSING, Thin Solid Films, Vol. 518, pp. 1851-1878, doi: 10.1016/j.tsf.2009.07.184, 2010.
23. Radovic, M. and Barsoum, M. W.: MAX PHASES: BRIDGING THE GAP BETWEEN METALS AND CERAMICS, American Ceramic Society Bulletin, Vol. 92, pp. 20-27,
24. Barsoum, M. W. and Radovic, M.: ELASTIC AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MAX PHASES, Annual Review of Material Research, Vol. 41, pp. 195–227, doi: 10.1146/annurev-matsci-062910-100448, 2011.
25. Sonestedt, M., Frodelius, J., Plamquist, J. P., Högberg, H., Hultman, L. and Stiller, K.: MICROSTRUCTURE OF HIGH VELOCITY OXY-FUEL SPRAYED Ti_2AlC COATINGS, Journal of Materials Science, Vol. 45, pp. 2760-2769, doi: 10.1007/s10853-010-4263-4, 2010.
26. Rajičić, B., Bakić, G., Đukić, M., Šijački Žeravčić, V., Braunović, M. and Anđelić, B.: OVERVIEW OF ADVANCED METHODS OF BOILER TUBES EROSION PROTECTION, International Conference Power Plants 2012, pp. 1-10, Zlatibor, Serbia, 2012.

3. Полазне хипотезе

Предметна истраживања у оквиру ове дисертације су базирана на следећим претпоставкама:

- Карактер промене састава превлака је у функцији параметара и технике наношења модерним техникама.
- Могућност наношења МАХ фазе неком од модерних техника на топлотно постојане челике нове генерације.
- Отпорност превлака је у директној корелацији са добијеним металуршким особинама превлака, као и јачине везе која је успостављена са супстратом.
- Продужетак радног века компоненти ТЕ постројења је могућ наношењем адекватних заштитних превлака које су отпорније на делујући механизам оштећења од основног материјала од кога су израђене компоненте.

4. Научне методе истраживања

С обзиром да још увек нема довољно података који описују превлаке нанешене на топлотнопостојане челике нове генерације, као и на чињеницу да начин везивања превлака и корелација са њеним особинама није довољно детаљно истражена, неопходно је извршити планирана експериментална истраживања која би се састојала од следећег:

1. израде пробних узорака наношењем превлака различитог састава истом техником модерне генерације,
2. израде пробних узорака наношењем превлака нових генерација сличног састава, пре свега са аспекта основе преко које се успоставља везивање као и квалитета самог везивања са супстратом, различитим техникама модерне

генерације као што су плазма наваривање (РТА), метализација великим брзинама у струји продуката сагоревања (HVOF), топла метализација (Spray and fuse), итд.

3. испитивања отпорности добијених превлака на одређени вид оштећења,

4. карактеризације узорака са нанесеним превлакама у полазном стању и после испитивања отпорности, методама као што су нпр. рендгено дифракциона анализа, оптичка микроскопија, скенирајућа електронска микроскопија, енерго дисперзиона спектроскопија, мерење микротврдоће, итд.

Крајњи резултат експерименталних истраживања треба да обезбеди довољно података да би се извршила оцена превлаке са аспекта добијеног састава и расподеле микроструктурних фаза, објаснио утицај процеса наношења превлака на основни материјал и састав превлаке, објаснио начин везивања превлака за супстрат, као и отпорност превлака на одређене механизме оштећења која ће бити анализирана и аналитички. Сви резултати добијених истраживања ће се поредити са најактуелнијим резултатима истраживања у овој области саопштеним у свету, као и подацима из експлоатације.

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос предложене дисертације се заснива на унапређењу тренутног стања истраживања у области превлака нових генерација и њихове примене за заштиту компоненти термоенергетских постројења. Такође, посебан научни допринос истраживања се очекује у области разјашњења механизма везе која се успоставља између превлаке и топлотно постојаних челика нове генерације, као и утицаја технике и параметара наношења на квалитет и особине превлаке.

Напредак у односу на актуелне методе наношења превлаке је покушај наношења керамичког материјала из групе МАХ фаза на комерцијалне топлотно постојане челике нове и старе генерације. Очекује се и имплементација нових сазнања добијених током истраживања у поуздана упутства и систематизоване препоруке за примену техника и превлака нове генерације у циљу продужетка радног века компоненти термоенергетских постројења.

Очекивани научни доприноси кандидата ће бити утемељени на резултатима експерименталних истраживања и верификовани од стране научне јавности кроз презентацију добијених резултата у већем броју међународних научних публикација.

Кроз сопствена истраживања у оквиру ове дисертације очекују се следећи доприноси:

- Компаративна анализа квалитета различитих комплексно легираних превлака са аспекта отпорности на механизме оштећења који се јављају у термоенергетским постројењима и разјашњење утицаја технике и параметара наношења на отпорност превлака на одређени вид оштећења.
- Одређивање оптималне технике и технологије наношења МАХ фазе на топлотно постојане челике нове и старе генерације и кандидовање МАХ фазе као потенцијалне комерцијалне превлаке.
- Разјашњавање механизма везивања комерцијалних превлака и превлака нове генерације за топлотно постојане челике, као и предлози за даљи развој техника наношења и састава превлака са овог аспекта, у циљу проширења њихове практичне примене у термоенергетским постројењима.

- Формирање конкретних упутстава и систематизованих препорука везаних за ревитализацију делова који су изложени различитим механизмима оштећења, а која подразумевају дефинисање механизма оштећења, избор превлаке за одређене услове рада, дефинисање технологије наношења, као и дефинисане врсте и обим контроле.
- Квантификација ефекта наношења заштитних превлака на продужетак радног века компоненти термоенергетских постројења.

6. План истраживања и структура рада

Полазећи од представљеног контекста, а у складу са добром инжењерском праксом, на изазове предметне проблематике ће бити одговорено теоретским и експерименталним истраживањима реализованим кроз следеће секвенцијалне фазе:

- Прикупљање и анализа доступних знања из области механизма оштећења компоненти термоелектрана и постојећих начина заштите - систематизација релевантних информација о постојећим врстама заштита на термоенергетским постројењима и то пре свега са аспекта заштита од ерозије, абразије, корозије и примене термичких баријера;
- Проучавање техника наношења превлака у циљу повећања отпорности на ерозију, абразију и корозију, а на основу расположивих литературних података
- Осмишљавање и спровођење одговарајућих експерименталних истраживања кроз израду пробних узорака, испитивања пробних узорака у условима који одговарају радним условима компоненти термоенергетских постројења и испитивања у циљу карактеризације пробних узорака пре и после испитивања.
- Свеобухватна анализа добијених резултата експерименталних истраживања;
- Верификација добијених експерименталних резултата кроз публикације;
- Имплементација нових сазнања добијених током истраживања у упутства и систематизоване препоруке за примену техника и превлака нове генерације на термоенергетским постројењима.

Резултати истраживања предложених дисертацијом моћи ће да се користе и за даљи развој техника наношења и превлака нових генерација, као и за практичну примену у циљу продужетка века опреме термоенергетских постројења.

Општа структура рада предложене дисертације:

1. Уводна разматрања
2. Преглед механизма оштећења компоненти термоенергетских постројења и њихов утицај на радни век
3. Преглед развоја и подела поступака метализације и наваривања, врсте превлака, технологије њиховог наношења
4. Експериментална испитивања и карактеризација узорака
5. Анализа резултата испитивања
6. Формирање препорука за заштиту појединих компоненти термоенергетских постројења превлакама
7. Дискусија
8. Закључак
9. Литература

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве кандидата **Александра М. Масларевића**, дипл.маш.инж., Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Александру М. Масларевићу, дип.маш.инж.

одобри израду докторске дисертације под називом

„САВРЕМЕНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ НАНОШЕЊА ПРЕВЛАКА И ЊИХОВА ПОТЕНЦИЈАЛНА ПРИМЕНА НА ТЕРМОЕНЕРГЕТСКИМ ПОСТРОЈЕЊИМА“

у научној области Машинство – ужа стручна област Материјали, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације предлаже се др Гордана Бакић, доцент на Катедри за технологију материјала Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 16.06.2016. год.

Чланови Комисије

др Гордана Бакић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

др Милош Ђукић, доцент
Машински факултет Универзитета у Београду

проф. др Радивоје Митровић,
Машински факултет Универзитета у Београду

проф. др Александар Седмак
Машински факултет Универзитета у Београду

др Весна Максимовић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“,
Универзитет у Београду

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Гордана Бакић**

Звање: **Доцент**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Šijački Žeravčić V., Bakić G., Đukić M., Marković D., Rajičić B.: Contemporary Maintenance Management of Power Plant Life Exhaustion Components, - Technics Technologies Education Management-TTEM 5 (2010) 3, pp 431-436, ISSN: 1840-1503 (**IF=0.256**), <http://connection.ebscohost.com/c/articles/55821600/contemporary-maintenance-management-power-plant-life-exhaustion-components>, **M23**
2. Bakić G., Šijački Žeravčić V., Đukić M., Maksimović S., Plešinac D., Rajičić B.: Thermal History and Stress State of a Fresh Steam-Pipeline Influencing Its Remaining Service Life, - Thermal Science 15 (2011) 3, pp 691-704, ISSN 0354-9836 (**IF=0.706**), DOI:10.2298/TSCI110509050B, **M23**
3. Vasović I., Maksimović S., Maksimović K., Stupar S., Bakić G., Maksimović M.: Determination of Stress Intensity Factors in Low Pressure Turbine Rotor Discs, - Mathematical Problems in Engineering (2014), Volume 2014, Article ID 304638, 9 pages, ISSN 1024-123x (**IF=0.762**), <http://dx.doi.org/10.1155/2014/304638>, **M22**
4. Mladenović S., Šijački Žeravčić V., Bakić G., Lozanović Šajić J., Rakin M., Đurđević A., Đukić M.: Numerical Analysis of Thermal Stresses in Welded Joint Made of Steels X20 and X22, - Thermal Science 18 (2014) 1, pp. S121-S126, ISSN 0354-9836 (**IF=1.222**), DOI:10.2298/TSCI131211178M, **M22**
5. Vasović I., Maksimović S., Stamonković D., Stupar S., Maksimović M., Bakić G.: Fracture Mechanics Analysis of Damaged Turbine Rotor Discs Using Finite Element Method, - Thermal Science 18 (2014) 1, pp S107-S112, ISSN 0354-9836 (**IF=1.222**), DOI:10.2298/TSCI121107176V, **M22**
6. Bakić G., Šijački Žeravčić V., Đukić M., Rajičić B., Tasić M.: Remaining Life Assessment of a High Pressure Turbine Casing in Creep and Low Cycle Service Regime, - Thermal Science 18 (2014) 1, pp S127-S138, ISSN 0354-9836 (**IF=1.222**), DOI:10.2298/TSCI121219179B, **M22**
7. Đukić M., Šijački Žeravčić V., Bakić G., Sedmak A., Rajičić B.: Hydrogen damage of steels: A case study and hydrogen embrittlement model,- Engineering Failure Analysis 58 (2015) 2, pp 485-498, ISSN 1350-6307 (**IF=1.358**), DOI:10.1016/j.engfailanal.2015.05.017, **M22**

Milos B. Djukic, Gordana M. Bakic, Vera Sijacki Zeravcic, Aleksandar Sedmak, and Bratislav Rajicic: Hydrogen Embrittlement of Industrial Components: Prediction, Prevention, and Models, Corrosion 72 (2016) 7, pp 943-961, ISSN 0010-9312 (IF=1.391), DOI: 10.5006/1958, M22

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
