

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ

35/190
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

18.04. 2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

„Структура и својства вишеслојних Al-Mg трака добијених хладним ваљањем“.

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: МЕТАЛУРШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

АНА (Боро) АЛИЈ, дипл.инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

3. Година дипломирања: 2010.

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2010/2011. године.

6. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

Година одбране магистарске тезе: /

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 14.04.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Ана Алил**

Име и презиме ментора: **Др Миљана Поповић, ред. проф.**

Звање: **редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. T. Radetiћ, **M. Popović**, B. Jegdić, E. Romhanji, "Influence of annealing temperature on sensitization behaviour and corrosion properties of an Al-6.8 wt% Mg alloy", *Materials and Corrosion* (2016) DOI: 10.1002/maco.201508709; ISSN 0947-5117; IF:1,373 (2014: 20/74 - M21);
2. A. Alil, **M. Popović**, T. Radetiћ, M. Zrilić, E. Romhanji, "Influence of annealing temperature on the baking response and corrosion properties of an Al-4.6 wt% Mg alloy with 0.54 wt% Cu", *Journal of Alloys and Compounds*, 625 (2015) 76-84; ISSN 0925-8388; IF=2.999 (2014: 4/74 - M21);
3. A. Halap, T. Radetiћ, **M. Popović**, E. Romhanji, "Influence of the Thermomechanical Treatment on the Intergranular Corrosion Susceptibility of Zn modified Al-5.1 Wt Pct Mg-0.7 Wt Pct Mn Alloy Sheet", *Metallurgical and Materials Transactions A*, 45A (2014) 4572-4579; ISSN 1073-5623; IF=1.73 (2014: 13/74 - M21);
4. A. Halap, **M. Popović**, T. Radetiћ, V. Vašćić, E. Romhanji, "Influence of thermo-mechanical treatment on the exfoliation and pitting corrosion of an AA5083 type alloy", *Materials and Technology*, 48(4) (2014) 479-483; ISSN 1580-2949; IF = 0.548 (2014: 224/260 - M23);
5. T. Radetiћ, **M. Popović**, E. Romhanji, "Microstructure evolution of a modified AA5083 aluminum alloy during a multistage homogenization treatment", *Materials Characterization*, 65 (2012) 16-27; ISSN 1044-5803; IF=1.880 (2012: 1/32 - M21);
6. T. Radetiћ, **M. Popović**, E. Romhanji, B. Verlinden, "The Effect of ECAP and Cu Addition on the Aging Response and Grain Substructure Evolution in an Al-4.4 wt.%Mg Alloy", *Materials Science Engineering A*, 527 (2010) 634-644; ISSN 0921-5093; IF=2.09 (2010: 53/220 - M21);
7. **M. Popović**, E. Romhanji, "Characterization of microstructural changes in an Al-6.8 wt% Mg alloy by electrical resistivity measurements", *Materials Science Engineering A*, 492 (1-2) (2008) 460-467; ISSN 0921-5093; IF=1.806 (2008: 54/192 - M21);
8. E. Romhanji, **M. Popović**, D. Glišić, R. Dodok, D. Jovanović, "Effect of annealing temperature on the formability of Al-Mg4.5-Cu0.5 alloy sheets", *Journal of Materials Processing Technology*, 177 (2006) 386-389; ISSN 0924-0136; IF=0.615 (2006: 18/38 - M22);

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 04.04.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 14.04.2016. године, донета је

О Д Л У К А

**о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације**

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **АНЕ АЛИЛ**, дипл. инж., под називом: **„Структура и својства вишеслојних Al-Mg трака добијених хладним ваљањем“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Миљана Поповић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Ane Alil, dipl. inž. metalurgije i metalnih materijala za izradu doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/93 od 03.03.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Ane Alil, dipl. inž. metalurgije i metalnih materijala za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom:

„Struktura i svojstva višeslojnih Al-Mg traka dobijenih hladnim valjanjem“

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

R E F E R A T

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Ana Alil, diplomirani inženjer metalurgije i metalnih materijala, rođena je 30.04.1985. u Beogradu. Diplomirala je 2010. na Katedri za metalurško inženjerstvo, na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, sa prosečnom ocenom položenih ispita 9,55. Tema diplomskog rada bila je „Uticaj veštačkog starenja na ojačavanje Al-Mg-Cu legura“, koji je odbranjen sa ocenom 10. Za izuzetan uspeh na studijama primila je diplomu fonda „Panta S. Tutundžić“ 2004. godine, kao i specijalno priznanje Srpskog hemijskog društva najboljim studentima hemije i hemijske tehnologije na Univerzitetima u Srbiji 2010. godine. Takođe, bila je stipendista Zadužbine Studenica Kongresa Srpskog Ujedinjenja 2010/2011.

Školske 2010/2011. upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, na studijskom programu Metalurško inženjerstvo, pod rukovodstvom dr Miljane Popović, red. prof. TMF-a. U okviru doktorskih studija, položila je sve ispite predviđene planom i programom, sa prosečnom ocenom 9,85. Školske 2013/2014. odbranila je završni ispit sa temom „Primena akumulativnog spajanja valjanjem (ARB postupka) za ojačavanje i rafinaciju strukture Al-Mg legura“, sa ocenom 10.

U julu 2013. završila je specijalizaciju u oblasti zavarivanja i srodnih postupaka prema kriterijumima Međunarodnog Instituta za Zavarivanje (IIW) i stekla zvanje „međunarodni inženjer zavarivanja“ (eng. International Welding Engineer – IWE, SRB/IWE/00342).

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U periodu 2010-2013. bila je zaposlena u Institutu Goša, Beograd, u istraživačko-obrazovnom centru iz oblasti zavarivanja i srodnih postupaka, gde je kao istraživač-pripravnik, učestvovala u realizaciji i izradi elaborata za 5 projekata sa industrijom, a od 2011. učestvuje na nacionalnim istraživačkim projektima u zvanju istraživač-saradnik. U periodu 2011-2013. bila je angažovana na projektu TR 34022 pod nazivom: „Dijamantske prevlake proizvedene iz ugljovodonika metodom ravnog plamena“. Takođe, od 2011. angažovana je na projektu TR 34018 „Razvoj tehnologije proizvodnje i zavarivanja Al-Mg legura visoke čvrstoće za primenu u konstrukcijama drumskih i železničkih transportnih sredstava“, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Od avgusta 2013. zaposlena je u Inovacionom centru Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, kao istraživač saradnik. Od 2015. angažovana je na izvođenju računskih i eksperimentalnih vežbi iz predmeta Mehanika i deformaciono ponašanje metala i Deformaciono

procesiranje metala, na osnovnim akademskim studijama na studijskom profilu Metalurško inženjerstvo. Učestvovala je u izradi eksperimentalnog dela većeg broja završnih i master radova iz oblasti metalurškog inženjerstva. Takođe, pohađala je kurseve (MathCad, Writing in the Sciences, Akademске veštine), učestvovala u radionicama ("How to write a world class paper", Microscopy Workshop - SEM, "Uspešno licenciranje tehnologije (STL)", Uvod u patentni sistem, Espacenet radionica) i pohađala predavanja gostujućih predavača iz zaštite intelektualne svojine i transfera tehnologije, kao i iz oblasti metalurškog inženjerstva i inženjerstva materijala. Završila je obuku za rad na uređaju za ispitivanje jednoosnim zatezanjem, koji je nabavljen u okviru rada na projektu TR 34018.

Spisak položenih ispita na doktorskim studijama:

Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1. Matematička obrada eksperimentalnih podataka	10	5
2. Fenomeni prenosa u inženjerstvu materijala	10	5
3. Mehaničko ponašanje materijala	10	4
4. Struktura i svojstva metalnih materijala	10	5
5. Fizička metalurgija	10	4
6. Metalurgija zavarivanja	10	4
7. Tehnologija zavarivanja i lemljenja	10	4
8. Kinetika faznih transformacija	10	4
9. Fizika čvrstoće i plastičnosti - viši kurs	9	4
10. Deformaciono procesiranje metala i legura	10	4
11. Karakterizacija strukture materijala	10	4
12. Osnovi stereološke analize	9	4
13. Završni ispit	10	30

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu - M21:

1. **Alil A.**, Popović M., Radetić T., Zrilić M., Romhanji E.: *Influence of annealing temperature on the baking response and corrosion properties of an Al-4.6wt%Mg alloy with 0.54wt%Cu*, - Journal of Alloys and Compounds, Vol 625, 2015, pp. 76-84. ISSN 0925-8388; IF=2.999 (2014: 4/74).

Rad u međunarodnom časopisu - M23:

1. Jegdić B., **Alil A.**, Milutinović Z., Odanović Z., Gligorićević B., Katavić B.: *Application of Electrochemical Methods for the Investigation of Intergranular Corrosion of Welded Joint of Austenitic Stainless Steel 19Cr-9Ni*, - Hemijska industrija, Vol 65, No 2, 2011, pp. 179-186. ISSN 0367-598X; IF=0.364 (2014: 121/135).
2. Jegdić B., Bobić B., Pavlović M., **Alil A.**, Putić S.: *Stress Corrosion Cracking Resistance of Aluminium Alloy 7000 series after two-step aging*, - Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, Vol 21, No 2, 2015, pp. 261–268. ISSN 2217-7434; IF 0.892 (2014: 89/135).

Rad u nacionalnom časopisu međunarodnog značaja - M24:

1. Jegdić B., Ristić S., Polić-Radovanović S., **Alil A.**, Rajaković-Ognjanović V.: *Corrosion of Cannon 75/27, model 1911. Deport, from the Collection of the Military Museum in Belgrade*, - FME Transactions, Vol 40, No 3, 2012, pp. 145-151. ISSN 1451-2092.
2. Jegdić B., Ostojić S., Bobić B., **Alil A.**: *Intergranular Corrosion of welded joints. Forming*

conditions and Procedures for Prevention, - Integritet i vek konstrukcija, Vol. 13, No 2, 2013, pp. 93-97. ISSN 1451-3749.

3. **Alil A.**, Popović M., Radetić T., Romhanji E.: *Influence of an accumulative roll bonding (ARB) process on the properties of AA5083 Al-Mg alloy sheets*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol 20, No 4, 2014, pp.285-295. ISSN 2217-8961.

Radovi objavljeni u časopisima nacionalnog značaja - M50

Rad u vrhunskom časopisu nacionalnog značaja - M51:

1. Jegdić B., **Alil A.**, Bobić B.: *Naponska korozija metala i legura i njihovih zavarenih spojeva, deo I: uslovi nastanka naponske korozije*, - Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol 57, No 1, 2012, pp. 35-41.
2. **Alil A.**, Prokolab M., Prvulović M., Milutinović Z.: *Sanacija čelične konstrukcije rešetkastog nosača autodizalice Pinguely TL969*, - Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol 57, No 2, 2012, pp. 89-93.
3. Jegdić B., **Alil A.**, Bobić B.: *Naponska korozija metala i legura i njihovih zavarenih spojeva, deo II: metode ispitivanja*, - Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol 57, No 3, 2012, pp. 115-122.
4. **Alil A.**, Ristić M., Stanković M., Ristić M.: *Sanacija čelične konstrukcije strele samohodne autodizalice TADAHO TL200 II/K*, - Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol 57, No 4, 2012, pp. 169-174.
5. **Alil A.**, Katavić B., Ristić M., Jovanović D., Prokolab M., Budimir S., Kočić M.: *Structural and mechanical properties of different hard welded coatings for impact plate for ventilation mill*, - Welding and Material Testing, No 3, 2011, pp. 7-11.
6. Jegdić B., Polić-Radovanović S., Ristić S., **Alil A.**: *Korozija naoružanja i vojne opreme izrađene od legura gvožđa*, - Scientific Technical Review, Vol 61, No.2, 2011, pp. 50-56.
7. Jegdić B., Polić-Radovanović S., Ristić S., **Alil A.**, Rajaković-Ognjanović V.: *Corrosion of an Archaeological find from the Roman period in Serbia*, - Zaštita materijala, Vol 53, No.3, 2012, pp. 247-252.
8. Jegdić B., Polić-Radovanović S., Ristić S., **Alil A.**: *Corrosion of Archaeological Artefact made of Forged Iron*, - Metallurgical & Materials Engineering, Vol 18, No 3, 2012, pp. 233-240.
9. Jegdić B., Polić-Radovanović S., Ristić S., **Alil A.**: *Corrosion Stability of Corrosion Products on an Archaeological Iron Artefact*, - International Journal of Conservation Science, Vol 3, No 4, 2012, pp. 241-248.
10. Kutin M., Radosavljević M., Vasović I., Ristić M., **Alil A.**, Prokolab M.: *Using the Numerical Simulations and Comparative Diagnostic Methods to Optimize the Product*, - Welding and Material Testing, No 4, 2012, pp. 3-9.
11. Budimir S., **Alil A.**, Ristić M., Kočić M., Katavić B.: *Analysis of Compressor Valves Bolts Failure*, - Welding and Material Testing, No 4, 2013, pp 13-16.

Rad u istaknutom nacionalnom časopisu - M52:

1. Jegdić B., Ristić S., Polić-Radovanović S., **Alil A.**: *Corrosion and conservation of the weapons and military equipment*, - Vojnotehnički glasnik, Vol 60, No1, 2012, pp. 169-182.

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u celini - M33:

1. **Alil A.**, Katavić B., Ristić M., Jovanović D., Prokolab M., Budimir S., Kočić M.: *Structural and mechanical properties of different hard welded coatings for impact plate for ventilation mill*, Proceedings of the 5th International Conference-Innovative technologies for joining advanced materials, Timisoara 2011, pp. 7-11.
2. Katavić B., Gligorijević B., **Alil A.**, Odanović Z., Đurđević M.: *Plastic deformation and heat treatment of thin walled centrifugally cast high strength CrMoNb steel tubes*,

- Proceedings of the 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2011, pp. 333-337.
3. **Alil A.**, Jegdić B., Milutinović Z., Katavić B.: *Investigation of intergranular corrosion welded joint of austenitic stainless steel by electrochemical methods*, Proceedings of the 9th International Conference Structural Integrity of Welded Structures, Timisoara 2011, Session I – Metallic structures, Paper 4, 11 pages.
 4. Gligorijević B., Katavić B., **Alil A.**, Jegdić B., Ristić M., Prokolab M.: *Analysis of a floating-head heat exchanger*, Proceedings of the 9th International Conference Structural Integrity of Welded Structures, Timisoara 2011, Session I – Metallic structures, Paper 2, 10 pages.
 5. **Alil A.**, Jegdić B., Bobić B., Radosavljević M., Katavić B.: *Stress Corrosion Cracking of an Al-Zn-Mg-Cu Alloy after different Precipitation Hardening Treatments*, Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2012, pp. 582-587.
 6. Jegdić B., **Alil A.**, Bobić B., Radosavljević M., Mišković-Stanković V.: *Corrosion Testing of an Al-Zn-Mg-Cu Alloy after different Heat Treatment Regimes by the Application of Electrochemical Methods*, Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH, Belgrade 2012, pp. 588-593.
 7. Stanković M., Ristić M., **Alil A.**, Ristić M.: *Reparation of Steel Contruction of Vehicle-Mounted Self-Propelled Crane's Telescopic Boom*, Proceedings of the 20th International Conference on Material Handling, Construction and Logistics, Belgrade 2012, pp. 309-312.
 8. **Alil A.**, Jegdić B., Bobić B., Ristić M.: *Corrosion Behaviour of an Al-Zn-Mg-Cu Alloy after different Heat Treatments*, Proceedings of the 2nd International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection, Zrenjanin 2012, pp. 121-128.
 9. **Alil A.**, Popović M., Radetić T., Romhanji E.: *Intergranular Corrosion Susceptibility of an AA5083 Al-Mg Alloy Processed by Accumulative Roll Bonding (ARB)*, Proceedings of the 2nd Metallurgical and Materials Engineering Congress of South-East Europe, Belgrade 2015, pp. 111-117.

Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u izvodu - M34:

1. Prvulović M., Ristić M., Prokolab M., Kočić M., **Alil A.**, Milutinović Z., Budimir S.: *Determination of Thermal Conductivity of the Insulation Materials using Numerical Calculation of the Pressure Increase*, Book of Abstracts of the 13th Annual Conference YUCOMAT, Herceg Novi 2011., pg. 137.
2. Ristić M., Kočić M., **Alil A.**, Ilić O., Ignjatović J.: *Distribution of loads of cycloid speed reducer*, Book of Abstracts of the 13th International Symposium Young People and Multidisciplinary Research, Timisoara 2011, pg. 11.
3. **Alil A.**, Prvulović M., Budimir S., Ristić M., Prokolab M.: *Assessment of Safety Valve Springs Failure*, Book of Abstracts of the 10th Young Researchers Conference, Belgrade 2011, pg. 42.
4. Ristić M., Gligorijević B., **Alil A.**, Katavić B., Kutin M., Jovanović D., Budimir S.: *Studies of the Properties of Different Hard Coatings Resistant to Wear*, Book of Abstracts of the 14th International Symposium ISYPMR ACM-V, Timisoara 2012, pg. 12.
5. **Alil A.**, Jegdić B., Polić-Radovanović S., Ristić S., Rajaković-Ognjanović V.: *Conservation of the Archaeological Finds from Roman Period*, Book of Abstracts of the 14th International Symposium ISYPMR, Timisoara 2012, pg. 16.
6. Radojković B., Vilotijević M., Krmar M., Gligorijević B., **Alil A.**: *Deposition of the DLC structures in the low-pressure oxy-acetylene flat flame*, Book of Abstracts of the 11th Young Researchers' Conference: Materials Science and Engineering, Belgrade 2012, pg. 62.
7. Jovičić K., Najvirt I., **Alil A.**, Pilipović M.: *Minimal required wall thickness comparative analysis of a stable tank made of stainless steel with and without strain hardening*, Book of

- Abstracts of the 11th Young Researchers' Conference: Materials Science and Engineering, Belgrade 2012, pg. 92.
8. Katavić B., Gligorićević B., **Alil A.**, Odanović Z.: *The effects of aging on the precipitation of the W-rich phase in the matrix of the 92.5W-5Ni-2.5Fe powder metallurgy heavy alloys*, Book of Abstracts of the 1st Metallurgical and Materials Engineering Congress of South-East Europe, Belgrade 2013, pg. 435.
 9. Budimir S., **Alil A.**, Ristić M., Kočić M., Katavić B.: *Analysis of Compressor Valves Bolts Failure*, Book of Abstracts of the Young People and Multidisciplinary Research, Timisoara 2013, pg. 3.
 10. **Alil A.**, Popović M., Radetić T., Romhanji E., Jegdić B.: *Age hardening potential of an Al-4.6 wt.% Mg alloy with Cu addition*, Book of Abstracts of the 9th Young Researchers' Conference: Materials Science and Engineering, Belgrade 2010, pg. 6.

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

Rad saopšten na skupu nacionalnog značaja štampan u celini - M63:

1. Jegdić B., Bobić B., **Alil A.**: *Test Methods for the Intergranular Corrosion Welded Joints*, Zbornik radova sa konferencije Zavarivanje Divčibare 2012, CD.
2. Bobić B., Jegdić B., **Alil A.**, Radosavljević M.: *Corrosion of welded joints-case studies*, Zbornik radova sa konferencije Zavarivanje, Divčibare 2012, CD.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija, i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektima, kandidat Ana Alil je pokazala izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Do sada je kao autor ili koautor objavila 6 radova u časopisima međunarodnog značaja (M21–1; M23–2, M24–3), 12 radova u časopisima nacionalnog značaja (M51–11, M52–1), 21 saopštenje na naučnim skupovima (M33–9; M34–10; M63–2). U vezi sa predloženom temom disertacije, do sada je objavila jedan rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), jedan rad u nacionalnom časopisu međunarodnog značaja (M24) i dva saopštenja na skupu međunarodnog značaja (M33 i M34), pa Komisija smatra da kandidat ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Veliki broj istraživanja u svetu posvećen je proučavanju strukture, svojstava i deformacije Al-Mg legura različitog hemijskog sastava, zbog njihove široke primene u automobilskoj industriji, brodogradnji, ali i u izradi ostalih transportnih sredstava. Međutim, zbog sve strožijih zahteva koje Al-Mg legure treba da ispune, kao što su porast čvrstoće, sposobnost oblikovanja i koroziona otpornost, klasične postupke termomehaničke prerade poslednjih decenija zamenjuju savremeni, nekonvencionalni procesi prerade.

Primena savremenih postupaka prerade plastičnom deformacijom omogućava postizanje veoma velikih stepena deformacije, i obezbeđuje značajan stepen rafinacije strukture, odnosno smanjenja veličine zrna, koji nije moguće postići klasičnim postupcima termomehaničke prerade. Na taj način, primenom velikih stepena deformacije postiže se ultra fino zrna struktura, sa veličinom zrna od 0.1-5 μm , ili nano struktura, sa veličinom zrna $< 100\text{ nm}$. Rafinacijom strukture poboljšavaju se mehanička svojstva, i postiže se znatno veći nivo čvrstoće u odnosu na klasične postupke prerade.

Najpoznatiji nekonvencionalni postupci prerade deformacijom, koji se koriste za ojačavanje rafinacijom strukture su: ECAP presovanje (eng. Equal Channel Angular Pressing), deformacija uvijanjem pod velikim pritiskom (eng. High Pressure Torsion), ARB postupak višestrukog spajanja valjanjem (eng. Accumulative Roll Bonding) i asimetrično valjanje (eng. Asymmetric Rolling). Kod navedenih postupaka prerade, rafinacija strukture nastaje kao posledica

postignutih ultra velikih stepena plastične deformacije, zbog čega se ovi procesi nazivaju SPD procesima (eng. Severe Plastic Deformation), ili procesima intenzivne plastične deformacije.

U odnosu na ostale nekonvencionalne postupke prerade, ARB postupak višestrukog spajanja valjanjem ima niz prednosti, jer omogućava proizvodnju masivnih komada, u obliku limova i traka, i pruža mogućnost za uvođenje u industrijsku proizvodnju, bez dodatnih zahteva za pratećom opremom, i konstrukcijom složenih i skupih alata. Postupak višestrukog spajanja valjanjem izvodi se na klasičnom valjačkom stanu, i zasniva se na spajanju valjanjem dva uzorka iste debljine, sečenju uzorka na pola posle valjanja, ponovnom spajanju i daljoj deformaciji valjanjem. Osnovna karakteristika ovog postupka je da konačna debljina uzorka ostaje ista nakon procesa valjanja i spajanja, tako da se operacija sečenje-spajanje-deformacija valjanjem može ponavljati neograničen broj puta, u zavisnosti od kapaciteta materijala za ojačavanje. Na ovaj način, ostvaruje se veliki ukupni stepen deformacije, koji nije moguće postići u procesu klasične prerade valjanjem. Rezultat višestrukog ponavljanja postupka valjanja i spajanja omogućava dobijanje višeslojnih traka i postizanje strukture sa sub-mikronskom veličinom zrna, koja prouzrokuje značajan efekat ojačavanja.

ARB postupak je do sada uspešno korišćen za procesiranje različitih metala i legura: komercijalno čistog aluminijuma (serija 1100), IF čelika, različitih legura aluminijuma, visoko čistog bakra, komercijalno čistog titana, itd. Dobijeni višeslojni materijali pokazali su jedinstvenu kombinaciju svojstava, koja se postiže zahvaljujući tome što se u toku višestrukog spajanja valjanjem aktivira više mehanizama ojačavanja, u isto vreme. Naime, ojačavanje nastaje kao rezultat rafinacije zrna, deformacionog ojačavanja, zatim intenzivne smicajne deformacije na površini uzorka, koja nastaje zbog trenja između valjaka i uzorka, i zbog stvaranja intenzivno deformisanog materijala u sredini uzorka. (zbog ponavljanja postupka spajanja valjanjem. Takođe, ojačavanje je delimično prouzrokovano i nastajanjem novih međupovršina, kao i prisustvom ravnomerne raspodele oksida i uključaka unutar uzorka, na novostvorenim međupovršinama. Zbog dodatnih mehanizama ojačavanja, i mogućnosti za postizanje veoma velikih ukupnih stepena deformacije, ARB postupak ima veliki potencijal za proizvodnju višeslojnih traka sa povoljnom kombinacijom poboljšanih svojstava, i može se smatrati superiornim u odnosu na proces klasičnog hladnog valjanja.

Dosadašnja istraživanja višestrukog spajanja valjanjem Al-Mg legura (sa sadržajem Mg od 2.2-4.0 mas%) uglavnom su se odnosila na spajanje na povišenim temperaturama 300-400°C. Pri tome je postignuta ultra fino zrna struktura sa veličinom zrna od 0.1-0.4 μm , i znatno viša čvrstoća u odnosu na nivo koji se postiže klasičnim postupcima prerade, i zadovoljavajuća vrednost izduženja. Zbog toga će, istraživanja u okviru ove doktorske disertacije, biti usmerena na proučavanje mogućnosti višestrukog spajanja valjanjem Al-Mg legura različitog hemijskog sastava na sobnoj temperaturi. U tom slučaju, očekuje se veći efekat ojačavanja i porast čvrstoće sa povećanjem ukupno ostvarenog stepena deformacije. Imajući u vidu da je ojačavanje u direktnoj korelaciji sa sadržajem legirajućih elemenata, planirano je procesiranje Al-Mg legura sa različitim sadržajem Mg, i sa dodatkom ostalih legirajućih elemenata, kao što su Mn, Zn, Cu, i dr. U okviru ove doktorske disertacije planirano je ispitivanje potencijala za ojačavanje Al-Mg legura različitog hemijskog sastava, kao i razvoja mikrostrukture u zavisnosti od ostvarenog stepena deformacije i sadržaja legirajućih elemenata. Takođe, planirano je uspostavljanje korelacije između mikrostrukture, odnosno rafinacije strukture, i mehaničkih svojstava ispitivanih legura. Pošto je jedan od važnih aspekata za primenu Al-Mg legura u konstrukcijama transportnih sredstava dobra koroziona postojanost, planirano je da jedan deo istraživanja bude posvećen korozionim ispitivanjima, odnosno ispitivanjima uticaja mikrostrukture koja se formira u toku ARB procesiranja na otpornost prema koroziji.

Predmet naučnog istraživanja, u okviru predložene teme doktorske disertacije, je proučavanje mogućnosti poboljšanja mehaničkih i korozionih svojstava, i ispitivanje potencijala

za ojačavanje Al-Mg legura različitog hemijskog sastava, koje imaju primenu u industriji transportnih sredstava.

Naučni ciljevi istraživanja su:

- Dobijanje višeslojnih Al-Mg traka postupkom višestrukog spajanja hladnim valjanjem;
- Karakterizacija mikrostrukture i ispitivanje mehaničkih svojstava dobijenih višeslojnih Al-Mg traka;
- Ispitivanje deformacionih karakteristika Al-Mg traka, dobijenih u uslovima velikih ostvarenih stepena deformacije pri spajanju hladnim valjanjem, odnosno, u uslovima deformacije izvan konvencionalnih uslova prerade;
- Ispitivanje uticaja hemijskog sastava na stepen rafinacije strukture i stepen ojačavanja ispitivanih Al-Mg legura;
- Koroziona ispitivanja višeslojnih Al-Mg traka koje su dobijene procesiranjem višestrukim spajanjem valjanjem;
- Korelacija razvoja mikrostrukture, mehaničkih i korozionih svojstava višeslojnih Al-Mg traka sa mikrostrukturnim karakteristikama, mehaničkim i korozionim svojstvima Al-Mg traka dobijenih postupkom konvencionalnog hladnog valjanja.

Najvažniji literaturni podaci koji podržavaju temu su:

1. Verlinden B.: *Severe plastic deformation of metals*, Proceedings of the 2nd International Conference on "Deformation Processing and Structure of Materials", Belgrade 2005., Serbia, pp.3-18.
2. Valiev R., Islamgaliev R., Alexandrov I.: *Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation*, - Progress in Materials Science, Vol 45, 2000, pp.103-189.
3. Azushima A., Kopp R., Korhonen A., Yang D., Micari F., Lahoti G., Groche P., Yanagimoto J., Tsuji N., Rosochowski A., Yanagida A.: *Severe plastic deformation (SPD) processes for metals*, - CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol 57, 2008, pp.716-735.
4. Saito Y., Tsuji N., Utsunomiya H., Sakai T., Hong R.: *Ultra-fine grained bulk aluminium produced by accumulative roll-bonding (ARB) process*, - Scripta Materialia, Vol 39, No 9, 1998, pp.1221-1227.
5. Tsuji N., Saito Y., Lee S.H., Minamino Y.: *ARB (Accumulative Roll-Bonding) and other new Techniques to Produce Bulk Ultrafine Grained Materials*, - Advanced Engineering Materials, Vol 5, No 5, 2003, pp.338-344.
6. Sheikh H.: *Role of shear banding on the microtexture of an Al-Mg alloy processed by hot/high strain rate accumulative roll bonding*, - Scripta Materialia, Vol 64, 2011, pp. 556–559.
7. Shibayan R., Satyaveer S., Suwas S., Kumar S., Chattopadhyay K.: *Microstructure and texture evolution during accumulative roll bonding of aluminium alloy AA5086*, - Materials Science and Engineering A, Vol 528, 2011, pp.8469–8478.
8. Song H., Kim Y., Nam W.: *Mechanical Properties of Ultrafine Grained 5052 Al Alloy Produced by Accumulative Roll Bonding and Cryogenic Rolling*, - Metals and Materials, Vol 12, No 1, 2006, pp.7-12.
9. Rezaei M., Toroghinejad M., Ashrafizadeh F.: *Effects of ARB and ageing processes on mechanical properties and microstructure of 6061 aluminium alloy*, - Journal of Materials Processing Technology, Vol 211, 2011, pp.1184-1190.
10. Shibayan R., Nataraj B., Suwas S., Kumar S., Chattopadhyay K.: *Accumulative roll bonding of aluminium alloys 2219/5086 laminates: Microstructural evolution and tensile properties*, - Material Design, Vol 36, 2012, pp.529–539.
11. Lee S., Saito Y., Tsuji N., Utsunomiya H., Sakai T.: *Role of shear strain in ultragrain refinement by accumulative roll-bonding (ARB) process*, - Scripta Materialia, Vol 46, 2002, pp. 281-285.
12. Quadir M., Wolz A., Hoffmanb M., Ferryb M.: *Influence of processing parameters on the*

- bond toughness of roll-bonded aluminium strip*, - Scripta Materialia, Vol 58, 2008, pp. 959–962.
13. Cyganek Z., Rodak K., Grosman F.: *Influence of rolling process with induced strain path on aluminium structure and mechanical properties*, - Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol 13, 2013, pp. 7–13.
 14. Alizadeh M., Salahinejad E., *Processing of ultrafine-grained aluminium by cross accumulative roll-bonding*, - Materials Science and Engineering A, Vol 595, 2014, pp.131–134.
 15. Su L., Lu Ch., Li H., Deng G., Tien K.: *Investigation of ultrafine grained AA1050 fabricated by accumulative roll bonding*, - Materials Science and Engineering A, Vol 614, 2014, pp. 148–155.
 16. Toroghinejad M., Ashrafizadeh F., Jamaati R., Hoseini M., Szpunar J.: *Textural evolution of nanostructured AA5083 produced by ARB*, - Materials Science and Engineering A, Vol 556, 2012, pp. 351–357.
 17. Wei W., Wei K., Du Q.: *Corrosion and tensile behaviors of ultra-fine grained Al-Mn alloy produced by accumulative roll bonding*, - Materials Science and Engineering A, Vol 454–455, 2007, pp. 536–541.

3. Polazne hipoteze

Predmet naučnog istraživanja, u okviru predložene teme doktorske disertacije, je proučavanje mogućnosti poboljšanja mehaničkih i korozionih svojstava, i ispitivanje potencijala za ojačavanje Al-Mg legura različitog hemijskog sastava koje imaju primenu u industriji transportnih sredstava. Dosadašnja istraživanja uglavnom su se odnosila na višestruko spajanje valjanjem Al-Mg legura na povišenim temperaturama, pri čemu su kao rezultat primenjenih velikih stepena plastične deformacije postignuti veći nivoi čvrstoće u odnosu na klasične postupke prerade. Predložena istraživanja u okviru ove doktorske disertacije polaze od pretpostavke da se veći stepen ojačavanja može postići ukoliko se postupak višestrukog spajanja valjanjem izvodi na sobnoj temperaturi, kao i da stepen ojačavanja zavisi od sadržaja Mg i ostalih legirajućih elemenata. Zbog toga je planirano procesiranje postupkom višestrukog spajanja hladnim valjanjem i dobijanje višeslojnih Al-Mg traka različitog hemijskog sastava. Očekuje se da će veliki stepeni deformacije koji se pri tome postižu, kao i hemijski sastav ispitivanih legura, uticati na razvoj mikrostrukture, odnosno na stepen rafinacije strukture, kao i na mehanička i koroziona svojstva dobijenih višeslojnih Al-Mg traka. Ispitivanja će doprineti boljem razumevanju i uspostavljanju korelacije između mikrostrukturnih promena, potencijala za ojačavanje, kao i korozionih svojstava višeslojnih Al-Mg traka koje će biti proizvedene primenom velikih stepena deformacije, odnosno u uslovima koji su izvan konvencionalnih uslova prerade.

4. Naučne metode istraživanja

Karakterizacija mikrostrukture u različitim fazama prerade, biće izvršena svetlosnom (optičkom) mikroskopijom i skenirajućom elektronskom mikroskopijom. Za identifikaciju prisutnih faza u strukturi koristiće se skenirajuća elektronska mikroskopija sa energo-disperzivnom spektrometrijom (SEM/EDS). Test ispitivanja jednoosnim zatezanjem, na sobnoj temperaturi, koristiće se za određivanje mehaničkih svojstava, i za određivanje potencijala za ojačavanje višeslojnih Al-Mg traka. Takođe, biće izvršena numerička analiza krivih ojačavanja, i ispitivanje deformacionih karakteristika Al-Mg traka, koje su dobijene procesiranjem u uslovima velikih stepena deformacije. Fraktografska ispitivanja višeslojnih traka dobijenih višestrukim spajanjem valjanjem biće analizirana skenirajućom elektronskom mikroskopijom. Za određivanje tvrdoće materijala predviđeno je korišćenje metode po Brinell-u. U svakoj fazi prerade, izvršiće se merenje električne provodljivosti, čija vrednost zavisi od koncentracije

defekata u strukturi (rastvoreni atomi, dislokacije, praznine, i dr.), a promena vrednosti ukazuje na procese rastvaranja i/ili taloženja različitih faza u strukturi. Za ispitivanje sklonosti prema intergranularnoj koroziji koristiće se standardni ASTM test, koji se zasniva na merenju gubitka mase u azotnoj kiselini (NAML test).

5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos se ogleda u:

- Optimizacija uslova dobijanja višeslojnih Al-Mg traka nekonvencionalnim postupkom višestrukog spajanja hladnim valjanjem;
- Određivanje potencijala za ojačavanje Al-Mg legura različitog hemijskog sastava u uslovima deformacije koji su izvan konvencionalnih uslova prerade hladnim valjanjem;
- Uspostavljanje korelacije između mikrostrukture – potencijala za ojačavanje – korozionih karakteristika višeslojnih Al-Mg traka;
- Poboljšanje mehaničkih i korozionih svojstava Al-Mg traka dobijenih postupkom višestrukog spajanja hladnim valjanjem;
- Uspostavljanje korelacije između mikrostrukture i svojstava višeslojnih Al-Mg traka dobijenih nekonvencionalnim postupkom višestrukog spajanja valjanjem i traka dobijenih konvencionalnim hladnim valjanjem.

Na ovaj način će biti moguće dizajniranje Al-Mg legura sa odgovarajućom strukturom i zahtevanim svojstvima za primenu u industriji transportnih sredstava. Kao ishod ovih naučno-istraživačkih rezultata može se očekivati i primena u realnim proizvodnim uslovima u saradnji sa privredom.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je ispitivanje strukture i svojstava višeslojnih Al-Mg traka dobijenih postupkom višestrukog spajanja hladnim valjanjem, odnosno proučavanje mogućnosti poboljšanja mehaničkih i korozionih svojstava Al-Mg legura različitog hemijskog sastava, koje imaju primenu u industriji transportnih sredstava.

Prva predviđena faza istraživanja je karakterizacija polaznog stanja ispitivanih Al-Mg legura: određivanje veličine zrna, raspodela i identifikacija prisutnih faza, kao i ispitivanje mehaničkih svojstava. U ovoj fazi, planirano je hladno valjanje toplovaljanih traka do debljine 1 mm, odnosno priprema Al-Mg traka za višestruko spajanje hladnim valjanjem. Takođe, planirano je ispitivanje mehaničkih svojstava i karakterizacija mikrostrukture ovih traka. Druga faza predstavlja definisanje uslova za spajanje hladnim valjanjem i dobijanje višeslojnih Al-Mg traka različitog hemijskog sastava postupkom višestrukog spajanja valjanjem. U zavisnosti od broja ostvarenih provlaka, biće dobijene trake koje se su procesirane različitim stepenom deformacije, odnosno trake iste debljine, koje se sastoje od različitog broja slojeva. Treća faza istraživanja podrazumeva karakterizaciju višeslojnih Al-Mg traka u svim fazama prerade, i to: karakterizaciju strukture i ispitivanje mehaničkih svojstava. Takođe, izvršiće se analiza krivih ojačavanja i određivanje deformacionih karakteristika ispitivanih legura u uslovima ostvarenih velikih stepena deformacije, uključujući i analizu loma pri jednoosnom zatezanju. Četvrta faza istraživanja biće posvećena korozionim ispitivanjima višeslojnih Al-Mg traka. U okviru ove faze, planirano je ispitivanje osetljivosti prema intergranularnoj koroziji posle spajanja valjanjem, u deformisanom stanju, kao i posle niskotemperaturnog odnosno senzibilizacionog žarenja.

Osim toga, planirano je da se od ispitivanih Al-Mg legura pripreme uzorci koji će biti procesirani klasičnim postupkom hladnog valjanja sa različitim stepenom deformacije. U ovoj fazi istraživanja biće izvršena karakterizacija mikrostrukture, ispitivanje mehaničkih i korozionih svojstava hladno valjanih uzoraka. Rezultati ispitivanja će se uporediti sa rezultatima koji su dobijeni za višeslojne Al-Mg trake.

7. Zaključak

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima, Komisija smatra da kandidat Ana Alil, dipl. inž. metalurgije i metalnih materijala ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu izloženog, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije pod naslovom „**Struktura i svojstva višeslojnih Al-Mg traka dobijenih hladnim valjanjem**”, naučno zasnovana, i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati i da izveštaj prosledi Stručnom veću Univerziteta u Beogradu na konačno usvajanje. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti **Metalurško inženjerstvo**, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Miljana Popović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 04.04.2016.

Članovi komisije:

.....
1. Dr Miljana Popović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
2. Dr Endre Romhanji, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
3. Dr Tamara Radetić, naučni savetnik,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
4. Dr Zijah Burzić, naučni savetnik,
Vojnotehnički institut, Beograd