

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

СТРУКТУРНЕ, МЕХАНИЧКЕ И ФИЗИЧКО – ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ХИБРИДНОГ КОМПОЗИТА СА EN AW 6061 МЕТАЛНОМ МАТРИЦОМ ДОБИЈЕНОГ ПОСТУПКОМ ВРТОЛОЖНОГ ЛИВЕЊА

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Металуршко инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Јасмина (Љубиша) Петровић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Технички факултет у Бору, Металургија

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **2004.**

4. Година уписа на докторске студије: **2016.**

5. Назив студијског програма докторских студија: **Металуршко инжењерство**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: **Срба Младеновић**

Звање: **Ванредни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **S. Mladenovic**, D. Manasijevic, B. Maluckov, I. Markovic, S. Marjanovic, D. Zivkovic, *Solidification properties and microstructure investigation of the as-cast Sn-rich alloys of the Sn-Sb-Zn ternary system*, KovoveMaterialaly – Metallic Matetials, 54(3) (2016) 211-218
doi:10.4149/km_2016_3_211
(ISSN 0023-432x; IF(2016)=; Metallurgy & Metallurgical Engineering 59/73)
2. Č. Maluckov, **S. Mladenovic**, Breakdown in Low Pressure Ne Gas: *Mechanisms and Statistical Analysis of Time Delay*, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 23(1) (2016) 202-210
doi: [10.1109/TDEI.2015.005460](https://doi.org/10.1109/TDEI.2015.005460)
(ISSN 1070-9878; IF(2016)=; Engineering, Electrical & Electronic 124/257)
3. D. Manasijevic, D. Minic, M. Premovic, Lj. Balanovic, D. Zivkovic, I. Manasijevic, **S. Mladenovic**, *Thermodynamic calculations and characterization of the Bi-Ga-In ternary alloys*, Journal of Alloys and Compounds, 664 (2016) 199-208
doi:[10.1016/j.jallcom.2015.12.233](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.12.233)
(ISSN 0925-8388; IF(2016)=3.133; Metallurgy & Metallurgical Engineering 5/74)
4. I. Marković, S. Nestorović, B. Markoli, M. Premović, **S. Mladenović**, *Study of anneal hardening in cold worked Cu-Au alloy*, Journal of Alloys and Compounds, 658 (2016) 414-421.
doi:10.1016/j.jallcom.2015.10.208
(ISSN 0925-8388; IF(2016)=3.133; Metallurgy & Metallurgical Engineering 5/74)
5. **S. Mladenović**, D. Marković, Lj. Ivanić, S. Ivanov, D. Gusković, *The microstructure and mechanical properties of as-cast Sn-Sb-Zn lead free solder alloys*, Metalurgia International, 17 (4) (2012) 42-46.
6. I. Marković, V. Grekulović, M. Rajčić Vujasinović, **S. Mladenović**, *Influence of thermo-mechanical treatment on the electrochemical behavior of cast and sintered dilute Cu-Au alloy*, Journal of Alloys and Compounds, 831 (2020) 154726.
doi: [10.1016/j.jallcom.2020.154726](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154726)
(ISSN 0925-8388; IF(2019)=4.650; Metallurgy & Metallurgical Engineering 8/79)
7. S. Dimitrijević, D. Manasijević, Ž. Kamberović, S. B. Dimitrijević, M. Mitrić, M. Gorgievski, **S. Mladenović**, *Experimental Investigation of Microstructure and*

Phase Transitions in Ag-Cu-Zn Brazing Alloys, Journal of Materials Engineering and Performance, 4(27) (2018) 1570–1579

doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11665-018-3258-1>

doi: <https://doi.org/10.1007/s11082-018-1476-2>

(ISSN: 1059-9495, IF(2018)=1,476; nauka o materijalima, multidisciplinarno 210/293)

8. S. Ivanov, M. Rajčić-Vujasinović, J. Petrović, V. Grekulović, **S. Mladenović**, *Electrochemical investigation of cold worked copper in alkaline solution with the presence of potassium ethylxanthate | Elektrohemijsko ispitivanje hladno deformisanog bakra u alkalnoj sredini u prisustvu kalijum-etilksantata*, Hemijska Industrija, 2014, 68(3) (2014) 279–288

doi: 10.2298/HEMIND130427055I

(ISSN 0367-598X; IF(2014)=0.364, Engineering, Chemical 121/135)

9. **S. Mladenović**, Lj. Ivanić, M. Rajčić-Vujasinović, S. Ivanov, D. Gusković, *Electrochemical and wetting behavior of As-cast Sn-Zn-Sb lead free solder alloys [Elektrohemijsko ponašanje i kvašljivost livenih bezolovnih lemnih legura u sistemu Sn-Zn-Sb]*, Hemijska Industrija, 67 (3) (2012) 477-484.

doi: 10.2298/HEMIND120608084M

(ISSN 0367-598X; IF(2012)=0.463; Engineering, Chemical 104/133)

10. **S. Mladenović**, D. Marković, Lj. Ivanić, S. Ivanov, Z. Aćimović-Pavlović, *The microstructure and properties of as-cast Sn-Zn-Bi solder alloys [Strukturne i mehaničke karakteristike livenih lemnih legura u sistemu Sn-Zn-Bi]*, Hemijska Industrija, 66 (4) (2012) 595-600.

doi: 10.2298/HEMIND111219015M

(ISSN 0367-598X; IF(2012)=0.463; Engineering, Chemical 104/133)

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **16.09.2021.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-25-15
Бор, 16. 09. 2021. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору и члана 20. став 11. Пословника о раду Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета електронским изјашњавањем до 15. 09. 2021. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Јасмине Петровић**, дипл. инж. металургије, студента докторских академских студија студијског програма Металуршко инжењерство.

II Именованој се одобрава израда докторске дисертације под називом: „**Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртоложног ливења**“.

III За ментора се именује **др Срба Младеновић**, ванредни професор, Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности на одлуку о прихватању теме и одређивању ментора.

Доставити:

- ВНО Универзитет у Београду
- именованој
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јасмине Петровић, дипломираног инжењера металургије.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору број: VI/4-24-6 донетој на седници одржаној 12.07.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јасмине Петровић, дипломираног инжењера металургије, студента докторских академских студија на студијском програму Металуршко инжењерство, под називом: „**Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртложног ливења**“. На основу достављеног материјала, приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јасмина (Љубиша) Петровић рођена је у Пироту, 24. априла 1977. године. Основну школу и Гимназију, друштвено-језички смер, завршила је у Бабушници. Године 1996. уписала је Технички факултет у Бору, одсек Металуршки, који је завршила у јануару 2004. године, са просечном оценом 8,35 (осам и 35/100) и оценом 10 (десет) на дипломском раду, под називом „Електрохемијско понашање хладнодеформисаног бакра после високих степена деформације“. Докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, на студијском програму Металуршко инжењерство, уписала је школске 2016/2017. године и положила је све испите предвиђене програмом са просечном оценом 9,89 (девет и 89/100):

Р. бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Методологија научно истраживачког рада	10	15
2	Физичка металургија 4	10	15
3	Физика чврстоће и пластичности метала	10	15
4	Савремени метални материјали	10	15
5	Савремени поступци ливења и моделирање у ливарству	10	15
6	Докторска дисертација – дефинисање теме	9	15
7	Докторска дисертација – студијски истраживачки рад 1	10	30
8	Докторска дисертација – студијски истраживачки рад 2	10	30
9	Докторска дисертација – студијски истраживачки рад 3	10	10
средња оцена/ укупно ЕСПБ		9,89	160

Од 23. децембра 2016. године запослена је на Техничком факултету у Бору у звању асистента за ужу научну област Прерађивачка металургија и метални материјали. Ангажована је на следећим предметима на основним академским студијама: Познавање металних материјала (2016 - 2018), Ливарство (2017 - данас) и Металургија заваривања (2017 - данас). На мастер академским студијама ангажована је од 2017. до данас на предметима: Кинетика фазних трансформација, Металургија легура обојених метала и Металургија ливеног гвожђа и челика.

Аутор је или коаутор 1 рада публикованог у међународном часопису из категорије М20 (катеорија М23), 1 рада публикованог у часопису националног значаја из категорије М50 (катеорија М52), 8 саопштења са конференција међународног значаја из категорије М30 (6 саопштења категорије М33 и 2 саопштења категорије М34), као и 14 саопштења са конференција националног значаја из категорије М60 (6 саопштења категорије М63 и 8 саопштења категорије М64). Коаутор је помоћног универзитетског уџбеника Ливарство (Издавач: Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду, 2017.г., ISBN: 978-86-6305-060-0).

Од 2017 – 2019. била је ангажована као истраживач на пројекту ТР 34003 „Освајање производње ливених легура система бакар-злато, бакар-сребро, бакар-платина, бакар-паладијум и бакар-родијум побољшаних својстава применом механизма ојачавања жарењем“ код Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Била је учесник и на 2 пројекта Фонда за иновациону делатност за додељивање иновационих ваучера: „Техно-економска анализа нове линије синтеровања у компанији ДОО Мартензит“ (2018) и „Пројектовање постројења за центрифугално ливење“ (2019).

У свом досадашњем раду била је ангажована као члан организационих одбора на следећим међународним конференцијама: Међународно октобарско саветовања рудара и металурга - International October Conference on Mining and Metallurgy (2019),

Међународна студентска конференција о техничким наукама - International Student Conference on Technical Sciences (2018, 2019. и 2021) и Симпозијума о термодинамици и фазним дијаграмима са међународним учешћем (2021).

Члан је Српског хемијског друштва.

1.2. *Списак објављених и саопштених радова*

Радови објављени у међународном часопису (M23):

1. S. Lj. Ivanov, M. M. Rajčić-Vujasinović, **J. Lj. Petrović**, V. J. Grekulović, S. A. Mladenović: *Electrochemical investigation of cold worked cooper in alkaline solution with the presents of potassium ethylxanthate*, Chemical Industry, 68 (3) (2014) 279-288, (in Serbian), [ISSN: 0367-598X, IF(2014)=0,364: Engineering, Chemical 121/135 doi: <https://doi.org/10.2298/HEMIND1304270551>

Радови саопштени у целини на међународним скуповима (M33):

1. M. Žikić, V. Pantović, **J. Petrović**, S. Stojadinović, M. Petrović, R. Pantović: *Old internal combustion engine radiator recycling*, Proceedings of XXI International Scientific and Profesional Meeting „Ecological Truth“, 2013, Bor, Serbia, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 216-220. (ISBN 978-86-6305-007-5)
2. M. Žikić, D. Tanikić, J. Đoković, S. Stojadinović, D. Đenadić, **J. Petrović**: *Simple fast-disjoint compensating clutch*, Proceedings of 45th International October Conference on Mining and Metallurgy, 2013, Bor, Serbia, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 770-773. (ISBN: 978-86-6305-012-9)
3. U. Stamenković, S. Ivanov, I. Marković, V. Grekulović, **J. Petrović**, M. Bošković: *The effect of the aging process on the different properties of the EN AW-6082 aluminum alloy*, Proceedings of 18th International Foundrymen Conference, 2019, Sisak, Croatia, pp. 363-369. (ISBN 978-953-7082-34-5)
4. I. Marković, S. Ivanov, U. Stamenković, S. Mladenović, **J. Petrović**: *Microstructure characterization of some leaded gunmetals*, Proceedings of 51th International October Conference on Mining and Metallurgy, 2019, Bor Lake, Serbia, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 109-112. (ISBN: 978-86-6305-101-0)
5. M. Nedeljković, **J. Petrović**, D. Gusković, S. Mladenović: *Linear changes in aluminium-zink alloys regarding zink content*, Proceedings of 51th International October Conference on Mining and Metallurgy, 2019, Bor Lake, Serbia, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 155-158. (ISBN: 978-86-6305-101-0)
6. **J. Petrović**, M. Nedeljković, I. Marković, S. Mladenović: *A Challenges of using the Stir Casting metod for composite production – review*, Proceedings of 51th International October Conference on Mining and Metallurgy, 2019, Bor Lake, Serbia, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 109-112. (ISBN: 978-86-6305-101-0)

Радови саопштени у изводу на међународним скуповима (M34):

1. **J. Petrović**, S. Mladenović: *Review of the most important properties of MMC-s reinforced with Al_2O_3 and SiC*, Book of abstracts of 5rd International Student Conference on Technical Sciences, Bor, Serbia, 2018, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 13.
2. S. Ivanov, M. Rajčić-Vujasinović, Z. Stević, **J. Nikolić**: *Anodic behavior of cold deformed copper wire in alkaline solution in the presents of chloride ions*, Book of abstracts of 36th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Like, Bor, Serbia and Montenegro, 2004, University of Belgrade, Technical Faculty Bor, pp. 414. (ISBN 86-80987-27-1)

Радови објављени у часопису националног значаја (M52):

1. **J. Petrović**, S. Mladenović, M. Stanković, I. Marković, U. Stamenković: *Uticaј karakteristika procesa livenja na mikrostrukturu i mehaničke osobine višekomponente legure mesinga*, Tehnika, 74 (5) (2019) 669-673.
ISSN 0040-2176, doi: [10.5937/tehnika1905669P](https://doi.org/10.5937/tehnika1905669P)

Радови саопштени у целини на националним скуповима (M63):

1. **J. Petrović**, M. Žikić, S. Stojadinović, R. Pantović, M. Petrović: *Recikaza elektronskog otpada*, Zbornik radova sa 8. simpozijuma „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“ sa međunarodnim učešćem, 2013, Bor, Srbija, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, 47-54. (ISBN 978-86-6305-010-5)
2. S. Ivanov, M. Rajčić-Vujasinović, **J. Petrović**, V. Grekulović, S. Mladenović: *Elektrohemijsko ponašanje hladno deformisanog bakra u alkalnoj sredini u prisustvu kalijum-etlksantata*, Zbornik radova sa 8. simpozijuma „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“ sa međunarodnim učešćem, 2013, Bor, Srbija, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, 169-174. (ISBN 978-86-6305-010-5)
3. M. Nedeljković, **J. Petrović**, A. Nedeljković: *Prošlost, sadašnjost i budućnost savremenih materijala – superlegura*, Zbornik radova sa međunarodnog skupa Inovacije kao pokretač razvoja, 2019, Beograd, Srbija, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, pp. 334-343. (ISBN: 978-86-84531-45-4)
4. M. Nedeljković, **J. Petrović**, A. Nedeljković: *Specijalni metalni materijali – nove legure sa visokovrednim osobinama*, Zbornik radova sa međunarodnog skupa Inovacije kao pokretač razvoja, 2019, Beograd, Srbija, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, pp. 324-333. (ISBN: 978-86-84531-45-4)
5. **J. Petrović**, M. Nedeljković, S. Mladenović: *Kompoziti kao imperativ savremenih tehnologija*, Zbornik radova sa međunarodnog skupa Inovacije kao pokretač razvoja, 2020, Beograd, Srbija, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, pp. 225-231. (ISBN: 978-86-84531-49-2)

6. M. Nedeljković, **J. Petrović**, S. Mladenović: *Površinski napon kao bitan fenomen u industriji, teoretska razmatranja i metode ispitivanja*, Zbornik radova sa međunarodnog skupa Inovacije kao pokretač razvoja, 2020, Beograd, Srbija, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije Beograd, pp. 285-295. (ISBN 978-86-84531-49-2)

Радови саопштени у изводу на националним скуповима (М64):

1. S. Mladenović, **J. Petrović**, I. Marković, S. Ivanov, S. Dimitrijević, U. Stamenković: *Influence of solidification cooling rate on microstructure and hardness of Al-12Si*, Zbornik izvoda radova sa 9. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Srbija, 2019, pp. 35-36.
2. S. Ivanov, **J. Petrović**, I. Marković, U. Stamenković, S. Mladenović: *Analysis of the presence of inhibitors in the alkaline sodium carbonate solution on the electrochemical behavior of cold-deformed copper wire*, Zbornik izvoda radova sa 55. savetovanja srpskog hemijskog društva, Niš, Srbija, 2019, pp. 31.
3. I. Marković, V. Grekulović, M. Rajčić-Vujasinović, S. Ivanov, U. Stamenković, S. Mladenović, **J. Petrović**: *The influence of thermo-mechanical treatment on the electrochemical behavior of sintered copper-gold alloys*, Zbornik izvoda radova sa 55. savetovanja srpskog hemijskog društva, Niš, Srbija, 2019, pp. 29.
4. **J. Petrović**, S. Mladenović, I. Marković, U. Stamenković, M. Nedeljković, M. Mitrović: *Hardness and distribution of reinforcing particles of aluminum composites obtained by stir casting method*, Zbornik izvoda radova sa 10. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Srbija, 2021, pp. 35-36.
5. I. Marković, Lj. Balanović, D. Manasijević, U. Stamenković, **J. Petrović**, M. Mitrović: *Microstructure of AlSi7Cu3Mg alloy for automotive cylinder heads*, Zbornik izvoda radova sa 10. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Serbia, 2021, pp. 23-24.
6. M. Nedeljković, S. Mladenović, **J. Petrović**, M. Mitrović: *Surface tension as a substantial phenomenon in the industry, theoretical considerations and examination methods*, Zbornik radova sa 10. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Serbia, 2021, pp. 41-42.
7. M. Mitrović, S. Marjanović, S. Mladenović, E. Požega, U. Stamenković, **J. Petrović**, M. Nedeljković: *Quality analysis of castings obtained by easily melted models*, Zbornik izvoda radova sa 10. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Serbia, 2021, pp. 37-38.
8. M. Mitrović, D. Gusković, S. Marjanović, I. Marković, B. Trumić, E. Požega, **J. Petrović**: *Influence of thermomechanical processing parameters on tensile strength of cast copper wire*, Zbornik izvoda radova sa 10. simpozijuma o termodinamici i faznim dijagramima sa međunarodnim učešćem, Kosovska Mitrovica, Serbia, 2021, pp. 39-40.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Увидом у остварене резултате, ангажовање и искуства стечена током докторских студија и научно-истраживачког рада, Комисија констатује да кандидат Јасмина Петровић, дипломирани инжењер металургије, испуњава потребне формалне услове за рад на изради докторске дисертације, као и да има одговарајућу научно-стручну усмереност у области којој припада предложена тема дисертације (научна област: Металуршко инжењерство), те се оцењује подобном за рад на предложеној теми.

Сматрамо да кандидат Јасмина Петровић, поседује знања и вештине, као и неопходно искуство и стручност за израду докторске дисертације под називом „Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртоложног ливења“.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

Непрекидни технолошки захтеви за савременим материјалима који су јачи, лакши и економичнији доводе до тога да су поступци добијања нових и напредних материјала примат интересовања бројних актуелних истраживања. Тако и развој композитних материјала (композита) добија све већи значај, услед интензивног технолошког развоја. Композити се састоје од два или више материјала који поседују различите хемијске и физичке особине, при чему су коначна својства композита боља од својстава саставних компоненти. Посебно место у истраживању композита имају композити са металном матрицом (engl. Metal Matrix Composite - MMC) ојачани честицама. Код ових материјала разликују се две основне саставне компоненте: метална матрица (метална основа) и ојачавајућа фаза (ојачивач). За израду MMC најчешће се користе алуминијум, титан, магнезијум, бакар и њихове легуре и суперлегуре као метална матрица, док ојачавајућу фазу углавном чине керамичке честице у облику оксида (Al_2O_3 , MgO , TiO_2), карбида (SiC , TiC , B_4C), нитрида (AlN , BN , Si_3N_4) или борида (TiB_2). Највећи удео на тржишту MMC материјала заузимају композити са алуминијумском матрицом ојачани честицама Al_2O_3 , SiC и TiB_2 , познати по скраћеници PAMC (Particulate Aluminium Matrix Composites). Додатак ових ојачивача металној основи на бази легуре алуминујума обезбеђује: повећану чврстоћу, већи модул еластичности, вишу радну температуру, побољшану отпорност на хабање, смањену тежину конструкционих делова, велику електричну и топлотну проводљивост, мали коефицијент термичког ширења и димензиону стабилност производа у поређењу са чистим легурама. PAMC се одликују ниском ценом, изотропним особинама и могућношћу производње употребом постојећих технологија. Заступљени су у аутомобилској индустрији, ваздухопловној индустрији и индустрији наоружања. Последњих година, све већа пажња истраживача усмерена је на истраживање хибридних PAMC материјала. То су композити са побољшаном комбинацијом особина, код којих је метална основа на бази алуминијума или његових легура ојачана са две или више врста честичних ојачивача.

Предмет докторске дисертације биће испитивање особина РАМС материјала, добијених поступком вртложног ливења (Stir casting). Ова метода подразумева да се након топлења легуре у одговарајућој пећи, додавање честица ојачивача врши уз примену мешања растопа. Током мешања, долази до формирања вртлога, који обезбеђује уношење веома слабо квашљивих честица ојачивача унутар растопа и њихово хомогено дистрибуирање. Комерцијална алуминијумска легура EN AW-6061 користиће се као метална основа за израду композита за предстојећа испитивања. Биће израђени монолитни композити ојачани честицама Al_2O_3 и хибридни композити ојачани честицама Al_2O_3 и пепелом љуске ораха. Својства композита, сем примењене технике добијања композита, зависе и од облика, величине и масеног садржаја ојачивача. Анализираће се утицај величине и садржаја честица ојачивача Al_2O_3 и пепела љуске ораха на промену особина различитих РАМС материјала. Особине овако добијених композита биће упоређене међусобно, као и са особинама полазне легуре металне матрице. У оквиру дисертације биће спроведена микроструктурна, механичка, електрохемијска, топлотна и триболошка испитивања на добијеним узорцима композита.

2.2. Циљеви истраживања

Истраживања на којима се базира предложена тема докторске дисертације укључиће експериментална испитивања на композитима са алуминијумском основом од EN AW-6061 легуре, ојачаном честицама Al_2O_3 и честицама Al_2O_3 и пепелом од љуске ораха са различитом величином и масеним садржајем ојачавајућих честица и пепела.

Главни циљеви истраживања и резултати ове дисертације су:

- развој апаратуре за извођење процеса вртложног ливења и дефинисање оптималних параметара процеса ливења РАМС материјала,
- испитивање могућности добијања композита са металном основом од комерцијалне легуре EN AW-6061 уз додатак ојачавајућих честица Al_2O_3 , као и хибридних композита уз додатак честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха методом вртложног ливења,
- постизање униформног распореда ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха по целој запремини РАМС материјала након вртложног ливења,
- добијање монолитних и хибридних РАМС материјала побољшаних физичких, механичких, електрохемијских, топлотних и триболошких особина у односу на полазну легуру EN AW-6061,
- упоређење испитиваних особина монолитних и хибридних РАМС материјала у зависности од различите полазне микроструктуре, и одабир оптималне величине и садржаја ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха у циљу постизања жељених особина композита,
- развој математичких модела коришћењем методе одзивне површине (за монолитне РАМС) и вештачке неуронске мреже (за хибридне РАМС) за предвиђање вредности механичких особина композита у функцији величине и садржаја ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела.

Резултати који буду добијени у току израде ове докторске дисертације биће публиковани у форми научних радова у међународним часописима са SCI листе, домаћим часописима и саопштени на домаћим и међународним скуповима.

2.3. Осврт на релевантне библиографске изворе

Испитивање структуре и особина алуминијумских композита са различитим врстама ојачавајућих честица, тема је у радовима великог броја истраживача. Полазна литература која је подстакла истраживање и дефинисала предмет истраживања, односи се на утицај величине и масеног садржаја ојачивача у монолитним и хибридним РАМС материјалима који су добијени поступком вртложног ливења.

Коришћена релевантна литература, расположива путем KoBSON–а кроз доступне базе Science Direct, Springer, SCOPUS, Web of Science и др., дата је у наставку:

1. A. Kearney, E.L. Rooy (Rev.): Aluminium foundry products, у: ASM Handbook, vol. 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, AMS International, Metals Park, 1990, 123-151.
2. D. B. Miracle, Metal matrix composites – From science to technological significance, Composites Science and Technology, 65(15/16) (2005) 2526-2540.
3. S. Tahamtan, A. Halvae, M. Emamy, M.S. Zabihi, Fabrication of Al/A206–Al₂O₃ nano/micro composite by combining ball milling and stir casting technology, Materials and Design, 49 (2013) 347-359.
4. B.S. Yigezu, P.K. Jha, M.M. Mahapatra, The Key Attributes of Synthesizing Ceramic Particulate Reinforced Al-Based Matrix Composites through Stir Casting, Materials and Manufacturing Processes, 28 (2013) 969–979.
5. S. Nagata, Mixing: Principles and Applications, John Wiley and Sons, New York (1975).
6. S.A. Sajjadi, H.R. Ezatpour, M. Torabi Parizi, Comparison of microstructure and mechanical properties of A356 aluminum alloy/Al₂O₃ composites fabricated by stir and compo-casting processes, Materials and Design, 34 (2012) 106-111.
7. S.A. Sajjadi, M. Torabi Parizi, H.R. Ezatpour, A. Sedghi, Fabrication of A356 composite reinforced with micro and nano Al₂O₃ particles by a developed compocasting method and study of its properties, Journal of Alloys and Compounds, 511 (1) (2012) 226-231.
8. S.Y. Oh, J.A. Cornie, K.C. Russell, Wetting of ceramic particulates with liquid aluminium alloys: Part II. Study of wettability. Metallurgical Transactions A, 20 (1989) 533–541.
9. S.O. Adeosun, L.O. Osoba, O.O. Taiwo, Characteristics of Aluminum Hybrid Composites, World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Materials and Metallurgical Engineering 7 (8) (2014) 731-738.
10. K.K. Alaneme, I.B. Akintunde, P.A. Olubambi, T. M. Adewale, Fabrication characteristics and mechanical behaviour of rice husk ash–Alumina reinforced Al-Mg-Si alloy matrix hybrid composites, Journal of Materials Research and Technology, 2(1) (2013) 60-67.
11. J. Dwight, Aluminium design and construction, E and FN Spon, London, England (2002).
12. V.G.B. Kumar, C.S.P. Rao, N. Selvaraj, Mechanical and tribological behavior of particulate reinforced aluminum metal matrix composites – a review, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 1 (10) (2011) 59-91.
13. S.N. Chou, H.H. Lu, D.F. Lii, J.L. Huang, Processing and physical properties of Al₂O₃/aluminum alloy composites, Ceramics International 35 (2009) 7-12.
14. A. Vencl, I. Bobić, M.T. Jovanović, M. Babić, S. Mitrović, Microstructural and tribological properties of A356 Al-Si alloy reinforced with Al₂O₃ particles, Tribology Letters 32 (2008) 159-170.

15. A. Vencel, I. Bobić, S. Arostegui, B. Bobić, A. Marinković, M. Babić, Structural, mechanical and tribological properties of A356 aluminium alloy reinforced with Al₂O₃, SiC and SiC + graphite particles, *Journal of Alloys and Compounds*, 506 (2010) 631-639.
16. K.K. Alaneme, M.O. Bodunrin, A.A. Awe, Microstructure, mechanical and fracture properties of groundnut shell ash and silicon carbide dispersion strengthened aluminium matrix composites, *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, 30 (2018) 96–103.
17. A. Ramesh, J.N. Prakash, A.S. Shiva, Appaiah Sonnappa, Comparison of the mechanical properties of AL6061/Albite and AL6061/graphite metal matrix composites. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 8 (2) (2009) 93–106.
18. S.Mahdavi, F.Akhlaghi, Effect of SiC content on the processing, compaction behavior, and properties of Al6061/SiC/Gr hybrid composites, *J Mater Sci*, 46 (2011) 1502–1511.
19. S. Tahamtan, A. Halvaei, M. Emamy, M.S. Zabihi, Fabrication of Al/A206–Al₂O₃ nano/micro composite by combining ball milling and stir casting technology, *Materials and Design*, 49 (2013) 347-359.
20. J. Singh, A. Chauhan, Fabrication characteristics and tensile strength of novel Al2024/SiC/red mud composites processed via stir casting route, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 27(2017) 2573-2586.
21. E. Gikuno, O. Omotoso, I.N.A. Oguocha, Effect of fly ash addition on the magnesium content of casting aluminum alloy A535, *Journal of materials science*, 40 (2005) 487–490.
22. M.K. Abbass, K.S. Hassan, A.S. Alwan, Study of Corrosion Resistance of Aluminum Alloy 6061/SiC Composites in 3.5% NaCl Solution, *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 1 (3) (2015) 31-35
23. I.M. Savić, G.S. Nikolić, I.M. Savić, M.D. Cakić, A. Dosić, J. Čanadi, Modelovanje stabilnosti bioaktivnog bakar(II) kompleksa primenom eksperimentalnog dizajna, *Hemijska Industrija*, 66 (5) (2012) 693–699.
24. A.T. Ivanović, B.T. Trumić, S.Lj. Ivanov, S.R. Marjanović, Modelovanje uticaja temperature i vremena homogenizacionog žarenja na tvrdoću PdNi₅ legure, *Hemijska Industrija*, 68 (5) (2014) 597–603.
25. J.P. Maran, S. Manikandan, C.V. Nivetha, R. Dinesh, Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from *Nephelium lappaceum* L. fruit peel using central composite face centered response surface design, *Arabian Journal of Chemistry*, 10 (2017) 1145-1157.
26. I.B. Deshmanya, G.K. Purohit, Prediction of hardness of forged Al7075/Al₂O₃ composites using factorial design of experiments, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 1(2) (2012) 84-90.
27. J.P.C. Kleijnen, Response surface methodology for constrained simulation optimization: An overview, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16 (2008) 50–64.
28. L. Singh, B. Ram, A. Singh, Optimization of process parameter for stir casted aluminium metal matrix composite using Taguchi method, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 8(2) (2013) 375-383.

3. Основне хипотезе

Полазне хипотезе којима је дефинисан предмет истраживања докторске дисертације, а које су произашле из анализе прикупљене литературе, постављене су на основу реалних потреба металуршке праксе, да се постојећи материјали замене новим, лакшим материјалима са побољшаним механичким и физичко-хемијским особинама, а према захтевима и потребама модерних технологија.

Основне хипотезе будућег рада докторске дисертације су:

- Уз мале модификације апаратуре, могуће је применити конвенционалне технике ливења за израду РАМС материјала;
- Применом конкретних параметара вртложног ливења (брзина и време мешања, облик мешача, температура изливања) могуће је добити хибридне комозите на бази алуминијумских легура са хомогеном дистрибуцијом ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха;
- Додатак органских ојачавајућих честица у комбинацији са честицама Al_2O_3 , при дефинисаном садржају и при одређеној величини ојачавајућих честица, утицаће на значајно унапређење механичких и физичко-хемијских карактеристика израђених РАМС материјала;
- Формираће се нови микроконституенти на рачун реакција саставних компоненти, пепела љуске ораха са легирним елементима и честицама Al_2O_3 ;
- Методама математичког моделовања, метода одзивне површине као и вештачке неуронске мреже, кроз развијање адекватних модела, предвидеће се механичке особине монолитних и хибридних композита у оквиру дефинисаних интервала улазних фактора (величина и масени садржај ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха).

4. Научне методе истраживања

За карактеризацију алуминијумских композитних материјала са основом од EN AW-6061 легуре ојачаном честицама Al_2O_3 и честицама Al_2O_3 и пепела љуске ораха, добијених поступком вртложног ливења, биће коришћене експерименталне методе. Хемијски састав полазних компоненти биће одређен рендгеноструктурном анализом (XRD), а енергетско-дисперзивном спектрометријом (EDS анализа) одредиће се хемијски састав површине узорака и присутних честица у испитиваним композитима. За карактеризацију узорака биће коришћено више савремених, стандардизованих, високо резолутивних метода и аналитичких техника. Испитивање механичких особина обухватиће мерење тврдоће, микротврдоће, затезне чврстоће и издужења применом стандардизованих метода мерења. Испитивање физичких особина обавиће се мерењем електропроводљивости. Електрохемијска испитивања вршиће се мерењем потенцијала отвореног кола и поларизационе отпорности. Мерењем термалне дифузивности, термалне кондуктивности и одређивањем топлотног капацитета, испитиваће се топлотне особине. Методе које ће се применити за испитивање микроструктуре су оптичка микроскопија (ОМ) и скенирајућа електронска микроскопија (SEM анализа).

Методе математичког моделовања које ће бити примењене за предвиђање механичких особина у посматраном интервалу улазних фактора су метода одзивне површине (Response Surface Methodology - RSM) као и једна од техника меког рачунарства – вештачка неуронска мрежа (Artificial Neural Network - ANN). За развој

математичких модела биће коришћен пуни факторни план експеримента и вишеструка регресиона анализа. Одређивање утицаја улазних фактора на одзив система и провера адекватности добијених математичких модела, вршиће се применом анализе варијансе (Analysis of variance - ANOVA). Као улазни параметри користиће се величина и масени садржај ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха. Различите комбинације улазних параметара и њихових вредности доведиће до различитих излазних вредности. Биће анализирани коришћени модели и тачност њиховог предвиђања, а извршиће се и верификација креираних модела.

5. Очекивани резултати и научни допринос

Израдом докторске дисертације „Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртложног ливења“, очекује се да истраживања дају значајан научни допринос у области Металуршког инжењерства, ужој научној области Прерађивачка металургија и метални материјали, при чему се могу издвојити следећи резултати:

- развој апаратуре за добијање РАМС материјала методом вртложног ливења уз дефинисање оптималних параметара процеса ливења,
- анализа могућности примене пепела љуске ораха (јефтин агро-отпад) као ојачивача у циљу добијања хибридних алуминијумских композита побољшаних механичких и физичко-хемијских особина,
- постизање равномерне расподеле ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела љуске ораха по целој запремини добијених композита,
- експериментално добијање података о механичким, физичким, хемијским и топлотним својствима, као и микроструктури добијених монолитних и хибридних композита различитих састава,
- упоређивање микроструктура и особина монолитних и хибридних РАМС материјала добијених методом вртложног ливења,
- примена савремених метода у одређивању топлотних особина алуминијумских композита, које на основу доступне литературе нису довољно испитане,
- развој математичких модела методама математичког моделовања за предвиђање вредности механичких особина РАМС материјала у функцији величине и масеног садржаја ојачавајућих честица Al_2O_3 и пепела.

6. План истраживања и структура рада

6.1. План истраживања

План истраживања, који одређује ток рада на дисертацији, предвиђа следеће фазе:

- Преглед одговарајуће научне литературе и сакупљање релевантних података;
- Дефинисање предмета и циља истраживања;
- Припрема материјала за израду одливака и одређивање хемијског састава применом рендгенке дифракције (XRD);
- Извођење експеримената;
- Испитивање механичких особина на добијеним узорцима РАМС (тврдоћа, микротврдоћа, затезна чврстоћа, издужење);

- Испитивање физичких особина (електрична проводљивост);
- Испитивање топлотних особина мерењем термалне дифузивности, термалне кондуктивности, одређивањем топлотног капацитета
- Одређивање структурних промена након додавања ојачивача, са посебним освртом на њихову расподелу по запремини узорка применом комбинованих метода микроструктурне анализе ОМ и SEM;
- Електрохемијска карактеризација мерењем потенцијала отвореног кола и поларизационе отпорности ради одређивања корозионе постојаности РАМС материјала;
- Развој математичких модела за предвиђање механичких особина РАМС материјала у оквиру дефинисаног интервала улазних фактора;
- Анализа и дискусија резултата;
- Формулисање одговарајућих закључака.

6.2. Структура рада

Оквирна структура докторске дисертације састојаће се од следећих поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Композитни материјали
3. Начини добијања композитних материјала
4. Литературни преглед досадашњих истраживања
5. Циљ рада
6. План експеримента
7. Резултати и дискусија
8. Закључак
9. Литература

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве кандидата и образложења теме докторске дисертације, Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, закључује да кандидат Јасмина Петровић, дипломирани инжењер металургије, испуњава све законске услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Комисија, такође, закључује да је предложена тема „Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртоложног ливења“ научно заснована по предмету истраживања, циљевима, садржају и очекиваном научном доприносу и представља значајно подручје истраживања и као таква може бити предмет изучавања докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да се кандидату Јасмини Петровић, дипломираном инжењеру металургије, одобри израда докторске дисертације под називом „Структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике хибридног композита са EN AW 6061 металном матрицом добијеног поступком вртоложног ливења“ и да се за ментора

именује проф. др Срба Младеновић, ванредни професор на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, који испуњава све Законом предвиђене услове.

У Бору, септембар 2021. године

КОМИСИЈА:

др Светлана Иванов, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

др Ивана Марковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

др Силвана Димитријевић, виши научни сарадник
Институт за рударство и металургију Бор
