

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације: **ТЕРМОДИНАМИЧКА АНАЛИЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ФАЗНО-ПРОМЕНЉИВИХ ЛЕГУРА НА БАЗИ БИЗМУТА И ГАЛИЈУМА**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Металуршко инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Ивана (Иван) Манасијевић**
2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: **Технички факултет у Бору**
3. Година дипломирања: **2006.**
4. Назив магистарске тезе кандидата:
5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:
6. Година одбране магистарске тезе:

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **14.12.2017.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-10-9
Бор, 15. 12. 2017. године

На основу члана 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 14. 12. 2017. године, донело је

О Д Л У К У

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

II Одобрава се именованој израда докторске дисертације под називом: „Термодинамичка анализа и карактеризација фазно-променљивих легура на бази бизмута и галијума“.

III За ментора се именује др Љубиша Балановић, доцент, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

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

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије за оцену подобности кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Иване Манасијевић, дипл. инж. металургије

Одлуком Наставно-научног већа бр. VI/4-9-7 од 10.11.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости пријављене теме за израду докторске дисертације кандидата Иване Манасијевић, дипл. инж. металургије под називом: „ТЕРМОДИНАМИЧКА АНАЛИЗА И КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ФАЗНО-ПРОМЕНЉИВИХ ЛЕГУРА НА БАЗИ БИЗМУТА И ГАЛИЈУМА“. Предложена тема спада у научно поље Техничко-технолошких наука и научној области Металуршко инжењерство.

На основу расположивог материјала Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Кандидат Ивана Манасијевић рођена је 02.02.1980. године у Бору, где је завршила основну и средњу школу. Технички факултет у Бору уписала је школске 1999/2000. године на Металуршком одсеку. Дана 13. фебруара 2006. године, завршила је основне академске студије са просечном оценом 7,94 и оценом 10 на одбрани дипломског рада, чиме је стекла звање дипломирани инжењер металургије. Докторске студије уписала је школске 2015/2016. године на Техничком факултету у Бору на студијском програму Металуршко инжењерство.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

У току досадашњих докторских студија на студијском програму Металуршко инжењерство, кандидат Ивана Манасијевић положила је следеће испите:

- 1) Методологија НИР-а (оцена 10)
- 2) Физичка металургија (оцена 10)
- 3) Механичко понашање метала (оцена 10)

- 4) Савремени метални поступци (оцена 10)
- 5) Савремени поступци ливења и моделирања у ливарству (оцена 10)
- 6) Докторска дисертација – дефинисање теме (оцена 10)
- 7) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 1 (оцена 10)

чиме је стекла право да пријави тему за израду докторске дисертације.

Кандидат је до сада стекао искуство у научно-истраживачком раду и као аутор или коаутор има објављене радове у међународним и домаћим часописима, као и саопштења са међународних и националних скупова. У наставку је дат списак објављених радова кандидата:

1. Радови у врхунским међународним часописима - M21

1.1. D. Manasijević, D. Minić, M. Premović, Lj. Balanović, D. Živković, **I. Manasijević**, S. Mladenović, Thermodynamic calculations and characterization of the Bi-Ga-In ternary alloys, Journal of Alloys and Compounds, 646 (2015) 461-471.

2. Радови у међународним часописима - M23

2.1. M. Premović, D. Minić, **I. Manasijević**, D. Živković, Electrical conductivity and hardness of ternary Ge-In-Sb alloys and calculation of the isothermal section at 300 °C, Materials Testing, 57 (10) (2015) 883-888.

3. Радови објављени у часописима националног значаја- M52

3.1. **I. Manasijević**, N. Štrbac, D. Živković, Lj. Balanović, D. Minić, D. Manasijević, Uticaj cinka na mikrostrukturu i fazne transformacije livenih Al-Cu legura, Tehnika, 67 4 (2016) 553-559.

4. Радови у некатегорисаним научним часописима

4.1. D. Živković, D. Manasijević, B. Marjanović, D. Marković, M. Gorgievski, **I. Borisov**, Predviđanje termodinamičkih karakteristika i karakterizacija nekih legura u sistemu Pb-Bi-In, Tehnika RGM, 56 (4) (2005) 6-10.

4.2. **I. Borisov**, D. Manasijević, D. Živković, Proračun faznih ravnoteža u sistemu Ag-In-Sb CALPHAD metodom, Hemijska industrija, 61 (3) (2007) 152-156.

5. Саопштење са међународног скупа штампано у целини –M33

5.1. V. Stanković, D. Božić, **I. Manasijević**, G. Bogdanović, Direct electrowining of copper mine waters, First Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe, Rovinj, Croatia, May 4.-8, 2008. Abstract Collection, pp. 116-117.

6. Саопштење са скупана националног значаја штампано у целини –M34

6.1. **I. Borisov**, D. Živković, D. Manasijević, Određivanje koeficijenata beskonačnog razblaženja I interakcionih parametara prvog reda za sastavne binarne sisteme u Ag-In-Sb sistemu po metodi Hajre, XLV Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Novi Sad, 25-26 januar 2007. god. Knjiga radova, 186-189. (ISBN 978-86-7132-032-0)

7. Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини –M63

7.1. D. Božić, **I. Manasijević**, G. Bogdanović, V. Stanković, Adsorpcija jona bakra iz rudničkih voda korišćenjem trine kao adsorbensa, EkoIst'08, Ekološka Istina, Sokobanja, 01.-04. jun 2008. god., Zbornik radova, 115-120. (ISBN 978-86-80987-57-6)

8. Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу –M64

8.1. **I. Borisov**, D. Manasijević, D. Živković, Proračun faznih ravnoteža u sistemu Ag-In-Sb CALPHAD metodom, Peti seminar mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala, SANU, Beograd, 25.-26. decembar 2006 god., Zbornik radova, str. 9.

9. Радови саопштени на студентским скуповима

9.1. **I. Borisov**, M. Gorgievski, Termodinamička analiza i određivanje faznog dijagrama sistema Pb-BiIn, 42. Tehnologijada, Donji Milanovac, 2003. god.

9.2. M. Gorgievski, **I. Borisov**, Određivanje termodinamičkog modela za Ge-Sb i Ge-Ga binarne sisteme, 42. Tehnologijada, Donji Milanovac, 2003. godina.

9.3. **I. Borisov**, D. Božić, Termodinamička analiza ternarnog Pb-In-Sb sistema, 43. Tehnologijada, Tivat, 2004. godina.

9.4. M. Gorgievski, **I. Borisov**, Termodinamičko ispitivanje i karakterizacija legura u sistemu Pb-Bi-In, 43. Tehnologijada, Tivat, 2004. godina.

9.5. **I. Borisov**, Proračun termodinamičkih veličina i ispitivanje faznog dijagrama sistema Ag-InSn, 44. Tehnologijada, Čanj, 2005. godina.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У оквиру свог досадашњег рада и истраживачких активности, кандидат Ивана Манасијевић је показала значајну способност и самосталност за научно-истраживачки рад у области термодинамике легура, испитивања и карактеризације металних материјала, којој припада предложена тема докторске дисертације.

Публиковани радови у водећим светским часописима са импакт фактором, као и саопштења на међународним и националним научним скуповима, указују да кандидат показује смисао и компетенције да се бави сложеним теоријским и експерименталним испитивањима која имају научни и практични значај. Објављени и саопштени радови, који су произишли као резултат досадашњег научног рада кандидата, суштински су повезани

са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације, што квалификује кандидата за успешан рад на предложеној теми.

На основу претходних чињеница, Комисија констатује да кандидат испуњава све формалне услове за рад на изради докторске дисертације као и да поседује научно-стручну усмереност ка области којој припада предложена тема (Металуршко инжењерство: Термодинамичка анализа и карактеризација фазно-променљивих легура на бази бизмута и галијума), те се оцењује подобним за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања предложене теме специјалног курса су нискотопиве легуре на бази бизмута и галијума као фазно-променљиви материјали (енгл. phase change materials – PCM).

Група фазно-променљивих металних материјала укључује нискотопиве метале и еутектичке легуре које се топе на константној температури. Главне одлике ове групе металних материјала су:

- (а) мала количина топлоте топљења по јединици масе;
- (б) велика количина топлоте топљења по јединици запремине;
- (ц) велика топлотна проводљивост;
- (д) мала специфична топлота;
- (е) релативно мали напон паре.

Једна од главних предности примене метала и легура као PCM материјала у односу на друге типове материјала је њихова велика топлотна проводљивост која омогућује ефикасност у раду.

Топлотна проводљивост метала и легура, условљена кретањем слободних електрона, знатно је већа од топлотне проводљивости супстанци код којих се пренос топлоте остварује кретањем молекула попут воде, уља или многих органских течности.

На основу радне температуре фазно-променљиви метални материјали могу да се поделе у три категорије: високо-температурни фазно-променљиви метални материјали са оперативним температуром изнад 200 °C, средње-температурни фазно-променљиви метални материјали са оперативним опсегом од 40 до 200 °C и нискотемпературни фазно-променљиви метални материјали са оперативним опсегом температуре од 0 до 30 °C.

Легуре на бази бизмута су од великог значаја и представљају основ за развој фазно-променљивих металних материјала у средњем оперативном опсегу температуре. Легуре на бази галијума се одликују изузетно ниским температурама топљења и представљају основ за развој нискотемпературних фазно-променљивих металних материјала за акумулацију топлоте.

На основу прегледа досадашње литературе може се закључити да велики број система нискотопивих легура који поседују потенцијал за примену у области фазно-променљивих металних материјала још увек није довољно познат и многи важни физичко-хемијски показатељи попут еутектичке концентрације, латентне топлоте еутектичке реакције, топлотне проводљивости, специфичне топлоте и др. нису одређени.

Из наведених разлога предмет истраживања предложене теме докторске дисертације су нискотопиве легуре на бази бизмута и галијума као легуре са највећим потенцијалом за примену у области фазно-променљивих металних материјала.

2.2. Циљеви истраживања

Предложена докторска дисертација ће обухватити термодинамичку анализу и карактеризацију нискотопивих двојних, тројних и вишекомпонентних система легура на бази бизмута и галијума у циљу идентификације легура еутектичких састава са потенцијалном применом у области фазно-променљивих металних материјала за акумулацију топлоте.

У првом кораку ће бити извршен термодинамички прорачун фазних дијаграма испитиваних система на бази бизмута и галијума (попут нпр. In-Ga, Bi-In, In-Ga-Sn, Bi-Pb-In, Bi-Pb-Sn и др.) применом CALPHAD (calculation of phase diagrams) методе уз употребу одговарајућих термодинамичких програма попут Pandat-a и ThermoCalc-a.

Након избора оптималних састава биће извршена синтеза изабраних легура као и њихова карактеризација. У постојећој литератури многи од наведених података не постоје или су некомплетни и некомпатибилни, тако да постоји потреба за стварањем поуздане базе података.

Неки од важних изазова који би истовремено представљали главне циљеве истраживања у оквиру предложене теме дисертације су:

- дизајнирање нових легура са температуром топљења у опсегу од 30 до 40 °C и испод 8 °C.

- одређивање термо-физичких особина постојећих и нових легура као што су топлотна проводљивост, специфична топлота течне и чврсте фазе, латентне топлоте топљења.

Резултати из оквира докторске дисертације биће публиковани у форми научних радова у међународним часописима са SCI liste, домаћим часописима, саопштени на домаћим и међународним скуповима.

2.3. Осврт на релевантне библиографске изворе

Фазно-променљиви материјали за акумулацију топлоте спадају у групу енергетских функционалних материјала који су због своје важности и велике примене до сада интензивно изучавани. У литератури се могу пронаћи бројне монографије и прегледни радови у којима су описани до сада постигнути резултати из ове области истраживања.

Неки од најзначајних радова који се односе на одређене области примене ове групе материјала су:

Хлађење електронских уређаја:

F.L. Tan, C.P. Tso, Cooling of mobile electronic devices using phase change materials, Appl. Therm. Eng. 24 (2–3) (2004) 159–169.

R. Kandasamy, X.-Q. Wang, A.S. Mujumdar, Transient cooling of electronics using phase change material (PCM)-based heat sinks, Appl. Therm. Eng. 28 (8–9) (2008) 1047–1057.

G. Setoh, F. Tan, S. Fok, Experimental studies on the use of a phase change material for cooling mobile phones, Int. Commun. Heat Mass Transfer 37 (9) (2010) 1403–1410.

Акумулација топлоте грађевинских конструкција:

H. Zhang, Q. Xu, Z. Zhao, J. Zhang, Y. Sun, L. Sun, F. Xu, Y. Sawada, Preparation and thermal performance of gypsum boards incorporated with microencapsulated phase change materials for thermal regulation, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 102 (2012) 93–102.

Примена у соларним системима:

R. Adinberg, D. Zvegilsky, M. Epstein, Heat transfer efficient thermal energy storage for steam generation, Energy Convers. Manage. 51 (1) (2010) 9–15.

Примена у текстилној индустрији:

N. Sarier, E. Onder, Organic phase change materials and their textile applications: an overview, *Thermochim. Acta* 540 (2012) 7–60.

Примена у свемирској технологији:

T.D. Swanson, G.C. Birur, NASA thermal control technologies for robotic spacecraft, *Appl. Therm. Eng.* 23 (9) (2003) 1055–1065.

Следеће монографије и прегледни радови дају детаљне приказе различитих типова фазно-променљивих материјала за акумулацију топлоте, њихових карактеристика и областима примене:

G. Backmann, *Thermal energy storage: basics, design, applications to power generation and heat supply (topics in energy)*. New York: Springer, 1984.

I. Dincer, M. A. Rosen, *Thermal energy storage: systems and applications*. New York: Wiley, 2002.

A. Sharma, V. V. Tyagi, C. R. Chen, D. Buddhi, Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (2009) 318–345.

M.M. Farid, A. M. Khudhair, S. Razack, S. Al-Hallaj, A review on phase change energy storage: materials and applications, *Energy Convers Manag.*, 45 (2004) 1597–615.

R. A. Huggins, *Energy storage*. New York: Springer, 2010.

A. Gil, M. Medrano, I. Martorell, A. La´zaro, P. Dolado, B. Zalba, L. F. Cabeza, State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1: concepts, materials and modellization. *Renew Sustain Energy Rev.*, 14 (2010) 31–55.

M. Medrano, A. Gil, I. Martorell, X. Potau, L. F. Cabeza, State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 2: case studies. *Renew Sustain Energy Rev.*, 14 (2010) 56–72.

H. O. Paksoy (Ed), Thermal Energy Storage for Sustainable Energy Consumption, Fundamentals, Case Studies and Design, Springer, 2007.

F. Agyenim, N. Hewitt, P. Eames, M. Smyth, A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). *Renew Sustain Energy Rev.*, 14 (2010) 615–628.

M. M. Kenisarin, High-temperature phase change materials for thermal energy storage. *Renew Sustain Energy Rev.*, 14 (2010) 955–970.

T. Nomura, N. Okinaka, T. Akiyama, Technology of latent heat storage for high temperature application: a review., *ISIJ Int.*, 9 (2010) 1229–1239.

B. Zalba, J. M. Marin, L. F. Cabeza, H. Mehling, Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications, *Appl Therm Eng.*, 23 (2003) 251–283.

У области испитивања металних фазно-променљивих материјала за акумулацију топлоте који су предмет истраживања предложене докторске дисертације истичу се следећи радови:

H. Ge, H. Li, S. Mei, J. Liu, Low melting point liquid metal as a new class of phase change material: an emerging frontier in energy area, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21 (2013) 331–346.

H. Ge, J. Liu, Keeping smartphones cool with gallium phase change material, *J. Heat Transfer* 135 (2013) 054503.

H. Ge, J. Liu, Cooling capacity of metal phase change material for thermal management, in: *Proceedings of the ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 2013.

J. Rodríguez-Aseguinolaza, P. Blanco-Rodríguez, E. Risueno, M. J. Tello, S. Doppiu, Thermodynamic study of the eutectic Mg49–Zn51 alloy used for thermal energy storage, *J Therm Anal Calorim.*, 117 (2014) 93–99.

E. Risueno, A.Faika, J. Rodriguez-Aseguinolaza, P. Blanco-Rodríguez, A.Gil,M. Tello and B. D'Aguanno, Mg-Zn-Al eutectic alloys as phase change material for latent heat thermal energy storage, *Energy Procedia* 69 (2015) 1006 – 1013.

Birchenall CE, Reichman AF. Heat storage in eutectic alloys. *Metall Trans A* (1980) 11(8): 1415–1420.

Farkas D, Birchenall CE. New eutectic alloys and their heats of transformation. *Metall Trans A*, 16A(1985) 323–328.

Horsthemke A, Marschall E. NASA technical translation: storage in molten salts and metals, NASA-TT-F-17412; 1977.

Birchenall CE. NASA reports: heat storage in alloy transformations, NASA CR-159787; 1980.

C.E. Andraka, A.M. Kruizenga, B.A. Hernandez-Sanchez, E.N. Coker, Metallic phase change material thermal storage for dish Stirling, *Energy Procedia* 69 (2015) 726 – 736.

P. Aigang, W. Junbiao, Z. Xianjie, Prediction of Melting Temperature and Latent Heat for Low-melting Metal PCMs, *Rare Metal Materials and Engineering*, 45(4)(2016) 0874-0880.

R. Fukahori, T. Nomura, C. Zhu, N. Sheng, N. Okinaka, T. Akiyama, Thermal analysis of Al–Si alloys as high-temperature phase-change material and their corrosion properties with ceramic materials, *Applied Energy* 163 (2016) 1–8.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Полазна хипотеза предложене докторске дисертације је да нискотопиве еутектичке легуре на бази бизмута и галијума испуњавају услове и поседују неопходне физичко-хемијске особине за примену у области фазно-променљивих металних материјала за акумулацију топлоте.

Наведена хипотеза ће бити тестирана планираним аналитичким и експерименталним истраживањима. Очекује се да добијени резултати пружи јасан увид у потенцијал примене испитиваних нискотопивих легура у наведеној области.

Наредна хипотеза која ће бити тестирана у оквиру предложене докторске дисертације је да у оквиру испитиваних система вишекомпонентних легура на бази бизмута и галијума постоје легуре одговарајућих састава за практичну примену у средњем и ниском температуром опсегу рада.

Ова хипотеза ће бити тестирана комбинованом применом аналитичких метода, базираних на термодинамичком прорачуну према CALPHAD (calculation of phase diagrams) методи, и експерименталних метода карактеризације и термијске анализе (SEM-EDS, LOM, XRD, мерење топлотне проводљивости, DTA и DSC).

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Научне методе које ће се користити у докторској дисертацији су:

- експерименталне (термијска анализа (DTA и DSC), оптичка микроскопија, скенирајућа електронска микроскопија са енергетском дисперзивном микроанализом X-зрака EDX (SEM-EDX), X-ray (рендгенска) дифрактометрија (XRD), мерење термичке дифузивности, и
- методе предвиђања и калкулације (CALPHAD (Calculation of Phase Diagram));

Експериментални рад обухвата извођење следећих активности и примену следећих метода:

- Припрема узорака топљењем чистих метала у заштитној атмосфери и њихова термичка обрада,
- Скенирајућа електронска микроскопија са EDS анализом (SEM-EDS) у циљу одређивања хемијског састава узорака и идентификације присутних фаза,
- Диференцијална термијска анализа (DTA) у циљу одређивања температура фазних трансформација,
- Диференцијална скенирајућа калориметрија (DSC) у циљу одређивања латентне топлоте топљења легура еутектичког састава и специфичне топлоте,
- Оптичка микроскопија (LOM) у циљу анализе микроструктуре испитиваних легура,
- Одређивање топлотне проводљивости испитиваних легура и електрохемијског понашања.

CALPHAD метода користи различите термодинамичке моделе како би се дефинисале зависности Gibbs-ових енергија различитих фаза у функцији температуре, притиска и састава система. Скуп модела (једначина) којима се описују зависности појединачних фаза у испитиваном систему од температуре, притиска и састава представља тзв.

термодинамички опис (енгл. thermodynamic description) датог система. Параметри у једначинама модела фаза одређују се процесом термодинамичке оптимизације како би били у слагању са експерименталним резултатима.

За прорачун фазног дијаграма вишекомпонентног система потребно је извршити минимизацију укупне Gibbs-ове енергије система, G , на основу познатих Gibbs-ових енергија индивидуалних фаза присутних у систему.

Прорачун фазних дијаграма и термодинамичких величина вишекомпонентног система врши се применом специјалних програма који раде на принципу CALPHAD методе а на бази одређених термодинамичких модела Gibbs-ових енергија фаза које се у том систему могу јавити. Термодинамички модели са дефинисаним вредностима термодинамичких параметара морају бити садржани у термодинамичкој бази података коју програм користи при прорачуну.

Данас постоји већи број комерцијалних програма на бази CALPHAD методе. Најпознатији су ThermoCalc, MTDATA, FactSage и Pandat .

Pandat, који ће се користити за прорачуне у оквиру израде предложене докторске дисертације, спада у програме из тзв. нове генерације термодинамичких програма и захваљујући побољшаном алгоритму омогућује да се аутоматски врше прорачуни најстабилније равнотеже фаза.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Научни допринос предложене докторске дисертације се огледа у:

- дизајнирању нових вишекомпонентних еутектичких легура на бази бизмута и галијума као металних фазно-променљивих материјала са оптималним карактеристикама за примену у средњем и ниском температуром опсегу рада. У том погледу је посебно важно идентификовати саставе еутектичких легура са температуром еутектичке реакције у опсегу од 30 до 40 °C и испод 8 °C и одговарајућом латентном топлотом топљења.
- експерименталном одређивању термо-физичких особина постојећих и нових легура као што су топлотна проводљивост, специфична топлота течне и чврсте фазе, латентне топлоте топљења у циљу стварања поуздане базе података.

- термодинамичком моделовању и прорачуну фазних равнотежа као и прорачуну латентних топлота топљења изабраних вишекомпонентних легура на бази бизмута и галијума.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања

План истраживања у оквиру предложене докторске дисертације укључује следеће фазе:

1. Прикупљање и проучавање постојећих литературних података.
2. Припрема термодинамичких база података за прорачун фазних дијаграма испитиваних система легура на бази бизмута и галијума у циљу идентификације еутектичких састава и предвиђених температура и топлота топљења.
3. Калкулација фазних дијаграма и одређивање састава легура.
4. Експериментално истраживање:
 - синтеза узорака одговарајућих хемијских састава,
 - термичка обрада узорака,
 - микроструктурна анализа SEM-EDX, LOM и XRD методама.
 - термичка анализа у циљу одређивања температуре топљења, латентне топлоте топљења, специфичних топлота и топлотне проводљивости.
5. Обрада и дискусија добијених резултата.
6. Заључак.

Структура рада

Предложена докторска дисертација ће садржати следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература.*

Поглавље *Увод* ће садржати следеће делове:

- предмет и значај истраживања,
- литературни преглед и анализа досадашњих истраживања,
- циљеви истраживања,
- хипотезе истраживања.

У оквиру *Теоријског дела* докторске дисертације биће изложене основе примењених аналитичких метода.

У *Експерименталном делу* биће дат опис коришћених материјала и експерименталних техника.

У оквиру поглавља *Резултати и дискусија* биће изложени:

- постигнути резултати калкулације и примене термодинамичких метода предвиђања и њихова дискусија,
- резултати и дискусија карактеризације и експерименталног испитивања термодинамичких особина испитиваних легура.

У Закључку ће бити дат преглед и анализа доприноса докторске дисертације, сумирани добијени резултати, уз осврт на њихову иновативност, важност, потенцијалну практичну примену, као и план даљих истраживања.

Литература ће садржати радове цитиране у дисертацији, као и радове проистекле из саме дисертације.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом података из пријаве теме за израду докторске дисертације кандидата Иване Манасијевић, студента докторских студија на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, Комисија закључује да је предложена тема актуела и подобна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајног научног доприноса. Кандидат испуњава све законом предвиђене услове и има истраживачке способности за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да кандидату Ивани Манасијевић одобри израду докторске дисертације под називом: “Термодинамичка анализа и карактеризација фазно-променљивих легура на бази бизмута и галијума“ у оквиру уже научне области Металуршко инжењерство, за коју је Технички факултет у Бору акредитовао докторске студије.

За ментора докторске дисертације предлаже се др Љубиша Балановић, доцент Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, који има већи број публикованих радова у часописима са СЦИ листе.

У Бору, новембра 2017. године

**1. Др Љубиша Балановић, доцент, ментор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору**

**2. Проф. др Нада Штрбац, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору**

**3. Проф. др Тамара Хољевац Гргурић, ванредни професор
Свеучилиште у Загребу, Металуршки факултет у Сиску**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Доц. др Љубиша Балановић

Звање: Доцент

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

- [1] D. Manasijević, D. Minić, M. Premović, **Lj. Balanović**, D. Živković, I. Manasijević, S. Mladenović, 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, 0925-8388 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2016)= 3.133, rang časopisa M21a - 5/74 za oblast Metallurgy & Metallurgical Engineering za 2016.g.)
- [2] D. Manasijević, D. Minić, **Lj. Balanović**, M. Premović, M. Gorgievski, D. Živković, D. Milisavljević, Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Al-Bi-In phase diagram, Journal of Alloys and Compounds, 687 (2016) 969-975.
(DOI:10.1016/j.jallcom.2016.06.262, 0925-8388 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2016)= 3.133, rang časopisa M21a - 5/74 za oblast Metallurgy & Metallurgical Engineering za 2016.g.)
- [3] **Lj. Balanović**, D. Živković, D. Manasijević, D. Minić, V. Ćosović, N. Talijan, Calorimetric investigation of Al-Zn alloys using Oelsen method, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 118 (2) (2014) 1287-1292. *(DOI:10.1007/s10973-014-3990-1, 1388-6150 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2014)= 2.042, rang časopisa M22-75/139 za oblast Chemistry, Physical za 2014.g.)*
- [4] D. Živković, **Lj. Balanović**, D. Manasijević, A. Mitovski, Ž. Živković, N. Kostić, Calorimetric study of Al-Ga system using Oelsen method, Thermochimica Acta, 544 (2012) 6-9. *(DOI:10.1016/j.tca.2012.05.033, 0040-6031 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2012)= 1.989, rang časopisa M22-74/135 za oblast Chemistry, Physical 2012.g.)*
- [5] **Lj. Balanović**, D. Manasijević, D. Živković, A. Mitovski, N. Talijan, D. Minić, Ž. Živković, Experimental investigation and thermodynamic prediction of the Al-Ge-Zn phase diagram, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 110 (1) (2012) 221-226.
(DOI:10.1007/s10973-012-2312-8, 1388-6150 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2012)= 1.982, rang časopisa M22-75/135 za oblast Chemistry, Physical za 2012.g.)
- [6] **Lj. Balanović**, D. Živković, A. Mitovski, D. Manasijević, Ž. Živković, Calorimetric investigations and thermodynamic calculation of Zn-Al-Ga system, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 103 (3) (2011) 1055-1061. *(DOI:10.1007/s10973-010-1070-8, 1388-6150 (ISSN); časopis je na SCI listi sa IF(2011)= 1.604, rang časopisa M22-43/73 za oblast Chemistry, Analytical 2011.g.)*

(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 01.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет рад ова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 01.01.2010. године)

Ментор

Доц. др Љубиша Балановић

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац