

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Мр Срба (Александар) Младеновић

КАНДИДАТ: **Мр Срба (Александар) Младеновић**

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ФИЗИЧКО – ХЕМИЈСКЕ, МЕХАНИЧКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИВЕНИХ БЕЗОЛОВНИХ ЛЕМНИХ ЛЕГУРА У СИСТЕМУ $Sn - Zn - Me$ ($Me = Bi, Sb$)

Из научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана **31.10.2011.** године својим актом под бројем **06-7610/16-11** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **ФИЗИЧКО – ХЕМИЈСКЕ, МЕХАНИЧКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИВЕНИХ БЕЗОЛОВНИХ ЛЕМНИХ ЛЕГУРА У СИСТЕМУ $Sn - Zn - Me$ ($Me = Bi, Sb$)**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Мр Срба (Александар) Младеновић**

образована је на седници одржаној **23.02. 2012.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-21-11** у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Десимир Марковић, ред. професор, прерађивачка металургија и металуршко инжењерство, ТФ Бор, ментор
2. Др Љубица Иванић, ред. професор, прерађивачка металургија и металуршко инжењерство, ТФ Бор, члан
3. Др Светлана Иванов, ван. професор, прерађивачка металургија и металуршко инжењерство, ТФ Бор, члан
4. Др Загорка Аћимовић - Павловић, ван. професор, металуршко инжењерство, ТМФ Београд, члан

Наставно - научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **26.04. 2012.** године, под бројем: **VI/4-23-4.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-23-4
Бор, 26. 04. 2012. године

На основу чл. 44. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 26. 04. 2012. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Србе Младеновића**, дипл. инж. металургије, под називом: „**Физичко- хемијске, механичке и структурне карактеристике ливених безоловних лемних легура у систему Sn-Zn-Me (Me=Bi, Sb)**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 31. 10. 2011. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

1. Srba Mladenović, Desimir Marković, Ljubica Ivanić, Svetlana Ivanov, Dragoslav Gusković, The microstructure and mechanical properties of as-cast Sn-Sb-Zn lead free solder alloys, Metalurgia international, 17 (4) (2012) 34-38. ISSN 1582-2214, IF(2010) 0,154;
2. Srba Mladenović, Desimir Marković, Ljubica Ivanić, Svetlana Ivanov, Zagorka Aćimović-Pavlović, Strukturne i mehaničke karakteristike livenih lemnih legura u sistemu Sn-Zn-Bi, Hemijska industrija, DOI:10.2298/HEMIND111219015M ISSN 0367-598X, IF(2010) 0,137;

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом саставу:

1. др Десимир Марковић, редовни професор Техничког факултета у Бору - ментор
2. др Љубица Иванић, редовни професор Техничког факултета у Бору - члан
3. др Светлана Иванов, ванредни професор Техничког факултета у Бору - члан
4. др Загорка Аћимовић-Павловић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду - члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Достављено:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Србе Младеновића, дипл.инж.металургије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-21-11 од 23.02.2012. године, именовани смо у Комисију за оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Србе Младеновића, дипл.инж.металургије под називом: ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ, МЕХАНИЧКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИВЕНИХ БЕЗОЛОВНИХ ЛЕМНИХ ЛЕГУРА У СИСТЕМУ Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb). Након прегледа урађене докторске дисертације и пратеће документације која нам је достављена на увид, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1.УВОД

Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације је ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ, МЕХАНИЧКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИВЕНИХ БЕЗОЛОВНИХ ЛЕМНИХ

ЛЕГУРА У СИСТЕМУ Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb), која је написана на 98 страна и састоји се од осам поглавља.

1.2 Хронологија одобравања у изради дисертације

Хронологија одобравања и израде дисертације је протекла следећом динамиком:

- Дана 14.06.2011. Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору поднет је Захтев за одобрење теме за израду докторске дисертације
- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/6-15-10/10.1. од 16.06.2011. именована је комисија за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације
- Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-16-12 од 22.09.2011. прихваћен је извештај Комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације
- Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 31.10.2011. донело је одлуку о сагласности на предлог теме докторске дисертације

Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет истраживања докторске дисертације припада научној области *металуришко инжењерство*, ужа научна област – прерађивачка металургија.

Биографски подаци о кандидату

Срба Младеновић, рођен је 15. новембра 1970. године у Бору. Технички факултет у Бору Универзитета у Београду – одсек металургија, уписао је 1990. године, а дипломирао је 1998. године са просечном оценом 8,92. Од октобра 1999. године запослен је на Техничком факултету у Бору у научном звању асистент – приправник и држи вежбе из предмета Ливарство и Теорија ливарства. Исте године

на Техничком факултету у Бору уписује магистарске студије – профил магистра техничких наука за прерађивачку металургију, и полаже све предмете предвиђене магистарским студијама са просечном оценом 9,50 (девет педесет), а магистарску тезу, под насловом *Утицај хемијског састава топитеља на кинетичке параметре процеса рафинационог одстрањивања нечистоћа железа и олова из растоп бабра*, одбранио је октобра 2004. године. Научно-истраживачким радом почео је да се бави још као студент. Аутор је 3 рада у међународним часописима, 6 саопштења на међународним скуповима (4 у целини и 2 у изводу). Учествовао је у изради више дипломских радова и 2006. године био је члан екипе која је релизовала пројекат министарства науке под насловом *Рачунарски управљан термовизијски систем за мониторинг и дијагностику стања енергетских и мерних трансформатора и других елемената у електроенергетским постројењима електродистрибуције Бор*.

2.ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Дисертација је написана на 98 страна и састоји се из осам поглавља.

- Увод,
- Циљ рада,
- Теоријске основе,
- Преглед досадашњих истраживања,
- Експеримент,
- Резултати и дискусија,
- Закључак и
- Литература.

Дисертација је илустрована са 81 сликом и 22 табеле, а у литературном прегледу цитирано је 75 референци.

На крају дисертације је дата и кратка биографија кандидата.

2.2 *Кратак приказ појединих поглавља*

У *првом поглављу* дати су уводни појмови везани за предмет докторске дисертације, кратак преглед спроведених експерименталних испитивања, као и главне одреднице везане за значај испитивања безоловних лемних легура, као важних лемних материјала у електронској индустрији.

У *другом поглављу* је детаљно изложен циљ рада.

У *трећем поглављу* дат је кратак преглед теоријских знања о испитиваним карактеристикама безоловних лемних легура, технологији лемљења у електронској индустрији, коришћеним експерименталним и аналитичким методама и техникама.

У *четвртном поглављу* дат је преглед досадашњих истраживања саставних бинарних и испитиваних тројних система Sn-Zn-Bi и Sn-Zn-Sb као и увид у релевантне литературне наводе, вазано за испитиване карактеристике система.

У *петом поглављу* представљен је план експеримента и материјали коришћени при изради експеримента. Представљене су карактеристике експерименталних техника и метода примењених у раду, и то: оптичке микроскопије, скенирајуће електронске микроскопије са EDS (SEM-EDS), диференцијално термијске анализе (DTA), електрохемијских корозионих испитивања без спољашње поларизационе струје, као и мерења електропроводљивости, тврдоће, микротврдоће, затезне чврстоће и угла квашења.

У *шестом поглављу* су изнети резултати испитивања из оквира предметне дисертације, као и дискусија тих резултата. Најпре су дати резултати испитивања микроструктуре легура добијених оптичком и електронском микроскопијом. Утврђен је облик и дистрибуција присутних микроконституената у легурама. SEM-EDS методом утврђен је хемијски састав фаза присутних у микроструктури и извршено је поређење са доступним литературним подацима и аналитички одређеним саставом фаза. Карактеризација испитиваних легура је употпуњена мерењем тврдоће, микротврдоће, затезне чврстоће и електропроводљивости. DTA анализом су утврђене карактеристичне температуре фазних трансформација и

ликвидуса испитиваних легура, и извршено је поређење са подацима са аналитички одређених кривих хлађења, при чему је примећено међусобно слагање. Електрохемијским испитивањем легура одређен је утицај хемијског састава легура на вредност корозионог потенцијала и дефинисано понашање легура из изабраног концентрацијског подручја система Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb) у киселој и алкалној средини. Мерењем контактнoг угла између растoпа испитиваних легура и бакарног субстрата одређене су вредности које потврђују податке из доступне литературе о слабој квашљивости легура и бакарног субстрата.

У седмом поглављу су изнети закључци на основу прегледа резултата добиених у овом раду, који обухватају структурне, механичке и физичко-хемијске карактеристике легура из два тројна система Sn-Zn-Bi и Sn-Zn-Sb. Имајући у виду да је систем Sn-Zn-Bi проучаван само у уском концентрацијском подручју око еутектичке легуре SnZn_8Bi_3 , а да систем Sn-Zn-Sb није довољно изучаван и да је врло мало података присутно у литератури, презентовани резултати представљају допринос бољем познавању наведених система са научне тачке гледишта, али и омогућују процену могућности примене ових легура као супститутивних безоловних лемова у електронској индустрији.

У осмом поглављу је дата литература, која обухвата 75 релевантних навода.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Иако је императив Европске уније доношењем RoHS директиве био уклањање олова и других токсичних елемената (кадмијума, шестовалентног хрома) из свих лемова, они и даље представљају састојке неких нискотопивих лемова. У последњој деценији су изузетно актуелна испитивања нових ниско и високо топивих лемова који у себи не садрже олово и значајни помаци су остварени на том плану. Дефинисани су главни двојни и тројни системи који могу адекватно заменити оловне лемне материјале, а међу њима су и легуре на бази Sn-Zn система са бизмутом и антимоном као додатним легирним елементима. Легуре из Sn-Zn-Bi

тројног система се користе као замена за неке оловне ниско топиве лемне легуре, док се легуре са антимоном сматрају једном од алтернатива за високо топиве безоловне лемне легуре које се користе у техници степенастог лемљења, која захтева бројне лемне материјале са тачкама топљења у широком опсегу.

Област истраживања физичко-хемијских, механичких и структурних карактеристика безоловних лемних материјала актуелна је последњих десетак година, што је резултовало описом великог броја бинарних и тернарних система овог типа. Формиране су и базе података у којима се овакви подаци могу наћи и користити у сврхе теоријске и практичне примене (COST 531, SURDAT).

Међутим, системи легура са константним садржајем калаја и променљивим и повишеним садржајем цинка, бизмута и антимона нису испитивани и у литератури нема података о њиховим карактеристичним физичко-хемијским, механичким и структурним карактеристикама, што је и отворило могућности за истраживачки рад у овој области.

Основни значај истраживања извршених у оквиру ове докторске дисертације био је усмерен на:

- a. допринос познавању термијских, структурних, механичких, електричних, електрохемијских особина и карактеристика квашљивости система Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb) за који у литератури не постоје подаци,
- b. испуњења захтева заштите животне средине и
- c. праћење и усклађивање са нормама и стандардима Европске уније (RoHS, WEE, итд.).

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена литература која обухвата 75 референтних јединица. Ради се о чланцима из часописа са SCI листе новијег датума, као и о релевантним референцама за испитивану проблематику, на основу чега се коришћена литература може оценити као адекватна и актуелна.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

За успешну реализацију циљева истраживања која се односе на физичко-хемијску, механичку и структурну карактеризацију легура у систему Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb) коришћене су: (а) опште методе логичког расуђивања и научног сазнања, и (б) посебне методе истраживања које произилазе из специфичности постављеног проблема истраживања, и то: експерименталне методе, и аналитичке методе.

Од експерименталних метода коришћене су:

- Методе структурне анализе: оптичка микроскопија и скенирајућа електронска микроскопија са EDS,
- Диференцијално-термијска анализа
- Мерење тврдоће, мерење микротврдоће, мерење затезне чврстоће, мерење електропроводљивости, мерење контактног угла и електрохемијска мерења без спољашње поларизационе струје,

при чему су наведене методе одабране како са становишта доприноса физичко-хемијској, механичкој и структурној карактеризацији легура Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb), тако и са становишта оптимизације својстава истраживаних лемних легура, имајући у виду могућност њихове апликације као електронских материјала.

У оквиру коришћених метода моделирања калкулације коришћена је CALPHAD метода.

Адекватну примену наведених посебних метода истраживања у овој дисертацији омогућила је и примена следећих софтверских пакета: Pandat Software Version 8.0, Lab-View 8.2, Adobe Photoshop 7.0, и Image J[®].

У области истраживања физичко-хемијских, структурних и механичких карактеристика испитиваних безоловних лемних легура, коришћење наведених експерименталних и аналитичких метода потпуно је оправдано, актуелно и адекватно.

3.4. Оцена применљивости и верификације остварених резултата

Резултати до којих је дошао аутор су практични и применљиви, и могуће је кроз даљи рад на овој проблематици извршити њихову верификацију у форми техничко-развојног решења.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

На основу урађене докторске дисертације, добијених резултата, те проистеклих публикованих научних радова, кандидат је показао способност за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос овог рада се састоји у следећем:

- Карактеризацијом испитиваних легура, коришћењем различитих експерименталних метода, одређене су њихове физичко-хемијске, структурне и механичке особине, и
- На основу примењених експерименталних и аналитичких метода утврђене су основне термијске и структурне карактеристике одабраних легура у испитиваном Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb), систему и извршено је међусобно упоређење добијених резултата са аналитички добијеним резултатима.

Резултати ове докторске дисертације представљају допринос бољем и потпунијем познавању испитиваног система.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Из урађене докторске дисертације проистекао је одређени број резултата (дато у поглављу 4.4.), али је реално очекивати да ће списак радова из оквира ове тезе бити проширен у наредном периоду, обзиром да су тренутно неки радови у припреми.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Резултати до којих се дошло у предметној дисертацији су од значаја за производњу нових лемних еколошких легура, па је реално очекивати да ће исти наћи практичну примену и у конкретним производним условима.

4.4.Верификација научних доприноса кроз објављене радове у часописима

Научни допринос предметне докторске дисертације је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче два рада објављена у међународним часописима M20 категорије:

1. Srba Mladenović, Desimir Marković, Ljubica Ivanić, Svetlana Ivanov, Dragoslav Gusković, The microstructure and mechanical properties of as-cast Sn-Sb-Zn lead free solder alloys, Metalurgia international, 17 (4) (2012) 34-38. ISSN 1582-2214, IF(2010) 0,154
2. Srba Mladenović. Desimir Marković, Ljubica Ivanić, Svetlana Ivanov, Zagorka Aćimović-Pavlović, Strukturne i mehaničke karakteristike livenih lemnih legura u sistemu Sn-Zn-Bi, Hemijska industrija, DOI:10.2298/HEMIND111219015M ISSN 0367-598X, IF(2010) 0,137

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у часописима (2 рада као првопотписани аутор у међународним часописима категорије M20), Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује да кандидат мр Срба Младеновић, дипл. инж. металургије, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Србе Младеновића, дипл.инж.металургије, под називом: ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ, МЕХАНИЧКЕ И СТРУКТУРНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИВЕНИХ БЕЗОЛОВНИХ

ЛЕМНИХ ЛЕГУРА У СИСТЕМУ Sn-Zn-Me (Me = Bi, Sb), и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 8. марта 2012. године

Комисија:

Др Десимир Марковић,
редовни професор, Технички факултет у Бору – **ментор**

Др Љубица Иванић
редовни професор, Технички факултет у Бору – **члан**

Др Светлана Иванов
ванредни професор, Технички факултет у Бору – **члан**

Др Загорка Аћимовић-Павловић
ванредни професор, Технолошко-металуршки факултет у Београду - **члан**