

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1391/4
(Број захтева)Већу научних области техничких наука(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)14.10.2010.
(Датум)**ЗАХТЕВ**
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

**АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИОНОГ ПОНАШАЊА ДВОФАЗНЕ Ti3Al-Nb ЛЕГУРЕ НА ПОВИШЕНИМ
ТЕМПЕРАТУРАМА**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технологија материјала

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: СРЂАН (СЛАВИША) ТАДИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: ТМФ Београд3. Година дипломирања: 1987.4. Назив магистарске тезе кандидата: Утицај анизотропије на пластичне особине поликристалних
Материјала.5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: ТМФ Београд6. Година одбране магистарске тезе: 1994.7. Назив Факултета на коме је кандидат завршио докторске студије: /Одсек, смер или група: /Година завршетка докторских студија: /Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 14.10.2010. године
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАПроф.др Милорад Милованчевић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број:1391/5
Датум: 14.10.2010. године
Београд, Краљице Марије 16

На захтев мр Срђана Тадића, дипл.инж.мет., бр. 1391/1 од 01.09.2010. године, извештаја Комисије у саставу: проф.др Радица Прокић-Цветковић, проф.др Александар Седмак, проф.др Мирко Коматина, проф.др Радмила Јанчић Heipemann, ТМФ Београд, др Ребека Рудолф, научни сарадник Универзитет у Марибору, бр. 1391/4 од 11.10.2010. године, а на основу чл. 128. Закона о високом образовању, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду на седници од 14.10.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације **«АНАЛИЗА ДЕФОРМАЦИОНОГ ПОНАШАЊА ДВОФАЗНЕ Ti3Al-Nb ЛЕГУРЕ НА ПОВИШЕНИМ ТЕМПЕРАТУРАМА»** докторанта **МР СРЂАНА ТАДИЋА**, дипл.инж.мет.

За ментора докторанту мр Срђану Тадићу, именује се **проф.др** Радица Прокић-Цветковић.

Одлуку доставити: Већу Научних области техничких наука Универзитета у Београду на сагласност, ментору и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -**

НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о испуњености услова докторанта и научне заснованости теме

На основу пријаве за израду докторске дисертације бр.1391/1 од 01.09.2010. године, коју је поднео мр Срђан Тадић, дипл. инж. мет., чланови Комисије у саставу проф.др Радица Прокић Цветковић, проф.др Александар Седмак, проф.др Мирко Коматина, проф.др Радмила Јанчић Heinemann, ТМФ Београд и др Ребека Рудолф, научни сарадник, Универзитет у Марибору, подносе извештај о испуњености услова за израду докторске дисертације:

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

Мр Срђан Тадић, дипл. инж. металургије, рођен је 26.5.1961. године у Београду, где је завршио основну школу и гимназију. Технолошко-металуршки факултет у Београду уписао је 1981.године, одсек металургије. Као стипендиста Нуклеарног института у Винчи, одмах после дипломирања, запослио се у Лабораторији за материјале. Тема дипломског рада била је Деформационо понашање суперлегура на бази никла на повишеним температурама. У периоду од 1990-1996 био је запослен на Технолошко-металуршком факултету, на Катедри за пластичну прераду метала, као асистент. Ту је и магистрирао 1994. године са темом Математичко моделовање и симулације

текстура. Од 1996 до 2010 поново је радио у Лабораторији за материјале Института у Винчи као стручни сарадник. Сарађивао је на великом броју технолошких и фундаменталних пројеката из области науке о материјалима. Неки од тих пројеката започети су на његову иницијативу. Од 1.6.2010. год. запослен је у Иновационом центру машинског факултета у Београду.

До сада је објавио неколико научних и стручних радова, од којих су најважнији:

1. S. Tadić, S. Zec, M.T. Jovanović,
"Crystallographic Orientations of Ni₃Al-Based Aluminide",
Materials Characterization, 45 (2000), 227-231.
2. M.T.Jovanović, S.Tadić
"Influence of Temperature Exposure on Microstructure and Creep Resistance of IN-100 Superalloy", *Materials Characterization*, 30 (1993), 3-12.
3. M.T.Jovanović, D.Vračarić, D.Marković, S.Tadić,
"Effect of Beta Phase on Serrated Yielding in Alpha/Beta Brass",
Scripta Metallurgica, 24 (1990), 547-550.
4. S.Tadić, "High-Temperature Behaviour of Ti₃Al-Nb intermetallic",
Zeitschrift für Metallkunde, 2010, primljeno u štampu.
5. S.Tadić, M.T.Jovanović, O.Nešić, D.Cerović, M.Gligić, B.Lukić,
"Structure and Tensile Properties of IN-100 Superalloy",
Journal of Serbian Chemical Society, 27 (1988), 323-330.
6. S. Tadić, S. Zec,
"Recrystallization of Cold Pressed Aluminium Powder",
Advanced Science and Technology of Sintering, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 1999, 551-556.
7. S.Tadić, M.T.Jovanović, V.Radmilović,
"Deformaciono ponašanje Al-Li-X legura",
VI International Symposium on the Plasticity and Resistance to Metal Deformation", Zbornik radova, Herceg Novi, 1989, 81-84.
8. S.Tadić, M.Nikačević, M.T.Jovanović,
"Superplastično ponašanje legure aluminijuma sa 9%Zn", Deformacija i struktura metala i legura sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova, Beograd, 26. i 27. juni, st. 177-181.

2. Предмет и циљ докторске дисертације

Радни наслов докторске дисертације је *Анализа деформационог понашања двофазне Ti₃Al-Nb легуре на повишеним температурама*. Ова легура представља релативно нову класу легура чију основу чине интерметална једињења Ti₃Al и TiAl. Развој ових легура започео је средином седамдесетих година прошлог века али је праву експанзију доживео у последњој деценији. Велики број научних радова објављених у најугледнијим часописима говори о значају интерметалних једињења на бази титана и алуминијума. Добре механичке особине на повишеним температурама као и мала

специфична тежина ($4,2 \text{ gr/cm}^3$), утицале су да ове легуре постану озбиљан кандидат за комерцијалну примену код одговорних делова машина и конструкција.

Титанијум-три-алуминид, Ti_3Al , је сређена интерметална фаза са хексагоналном DO_{19} структуром. Сређену структуру задржава готово до 1200°C . Највећи хендикеп ове легуре је велика кртост на собној температури. Издужење при кидању ретко прелази 2-3%, а ударна жилавост износи свега 2-3 J (што је око десет пута мање у односу на конвенционалне легуре титана). Ова неповољна својства, која су последица недовољног броја система клизања у сређеној структури, донекле се могу побољшати правилним легирањем. Најважнији легирајући елемент је ниобијум који супституцијски замењује атоме титана. Поред тога, додатак ниобијума омогућава појаву нове, β просторно центриране кубне фазе. Међутим, кртост на собној температури, све до изнад 600°C , представља и даље проблем код ових легура.

Предмет ове дисертације је пластичност и деформационо понашање Ti_3Al легуре са додатком 11 ат.% Nb. Испитаће се (i) услови прављења ове легуре у вакуумској електролучној пећи и, (ii) услови термомеханичке прераде ваљањем на повишеним температурама. На тај начин извршиће се симулација производње и примене ове легуре у реалним условима. Посебан аспект ове дисертације представља изучавање механизма пластичности и кинетике деформације на температурама 800 до 1200°C . Такође, биће дефинисане термодинамичке величине ове легуре.

Најрелевантнији библиографски извори за ову тему су:

- 1) Koss D A, Banerjee D, Lukasak D A, Gogia A K, In *High temperature aluminides and intermetallics*, (eds.) S H Whang, C T Liu, D P Pope, J O Steigler (Warrendale, PA: The Mater. Soc.), (1990).
- 2) Nandy T K, Banerjee D, In *Structural intermetallics* (eds.) M V Nathal, R Darolia, C T Liu, P L Martin, D B Miracle, D B Miracle, R Wagner, M. Yamaguchi (Warrendale, PA: The Mater. Soc.), (1997).
- 3) Banerjee D, Gogia A K, Nandy T K, Muraleedharan K, Mishra R S, In *Structural intermetallics*, (eds) R Darolia, J J Lewandowski, C T Liu, P L Martin, D B Miracle, M V Nathal (Warrendale, PA: The Mater. Soc.), (2003), p.19.
- 4) J.P.Pilling, N.Ridley, *Superplasticity in Crystalline Solids*, The Institute of Metals, (1989), London
- 5) T.G.Langdon, In *2nd Riso International Symposium on Metallurgy and Materials Science*, (Eds) N.Hansen, A.Horsewell, T.Leffers, H.Lilholt, (1991), Riso Nat.Lab.
- 6) S.V.Raj, A.D.Freed, In *Unified Constitutive Laws of Plastic Deformation*,

- (eds) A.S. Krausz and K. Krausz, Academic Press, 1996
7) H.Frost, M.F.Ashby: *The Plasticity and Creep of Metals and Ceramics*, Pergamon Press, Oxford (1982) 175

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе рада су:

- Могуће је, у постојећим условима технолошке опремљености, дефинисати технологију производње и термомеханичке прераде ове легуре ваљањем и ковањем.
- Пластичном деформацијом на повишеним температурама могуће је добити материјал са најповољнијом комбинацијом механичких својстава.
- Суперпластична деформација може се остварити у оквиру пажљиво контролисаних температура и брзина деформације.
- Применом механицистичких и теоријских модела, извршиће се идентификација механизма и кинетике деформације.

4. Научне методе

Научне методе рада биће експерименталне и теоријске. У оквиру експерименталних метода рада биће примењено вакуумско стапање и ливење легуре. Извршиће се топло ваљање у контролисаним условима температуре и брзине деформације. Овако добијен материјал биће подвргнут микроструктурној и рендгеноструктурној карактеризацији. Биће извршена идентификација микроструктурних конституената. Најважнији део експерименталног рада састоји се од испитивања механичких својстава на повишеним температурама, 800-1200°C. Биће примењене две методе испитивања: континуирани тестови притисног напрезања и тестови са скоковитом променом брзине деформације. На тај начин, одредиће се утицај температуре, брзине деформације и запреминског удела фаза на механичка својства ове легуре. Биће дефинисана област оптималне пластичности. Такође, извршиће се симулација пузања.

У оквиру теоријског рада, извршиће се идентификација главних и контролних механизма деформације. Испитаће се кинетика деформације ове легуре. Конкретно, утврдиће се брзина деформационог ојачавања и деформационог омекшавања, осетљивост на брзину деформације и могућност суперпластичне деформације. Поред дислокационих механизма деформације, испитаће се и дифузиони механизми.

Одредиће се механизми деформације у условима пузања. Коначно, применом саавремених математичких модела извршиће се симулација деформационог понашања.

5. Очекивани научни допринос

У области технолошког истраживања, допринос ове дисертације огледа се у дефинисању техничких услова производње и термомеханичке прераде ове легуре. Испитаће се неопходност примене вакуума или заштитне атмосфере у преради ове легуре. Детаљно ће се испитати механичка својства на повишеним температурама, до 1200°C, укључујући и пузање.

У домену основних истраживања, анализираће се механизми деформације на повишеним температурама као и кинетика дислокационих и дифузионих механизма деформације. Извршиће се идентификација термалних и атермалних компоненти напрезања. Применом термодинамичких модела деформације, извршиће се симулација деформационог понашања.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђа се следећи план истраживања и структура рада:

- Увод
- Анализа досадашњих истраживања у области титан-алуминида
- Анализа истраживања деформације двофазних легура
- Експериментални рад
- Приказ резултата
- Дискусија
- Закључци

7. Научна област

Предложена дисертација по тематици припада научним областима Технологија материјала-машински материјали и заваривање и Термомеханика за које је матичан Машински факултет у Београду.

8. Закључак и предлог

На основу изнетог, чланови Комисије су закључили да кандидат испуњава све услове из законских прописа и одговарајућих захтева из општих аката Машинског факултета у Београду за израду докторске дисертације, као и да предложена тема може да буде предмет докторске дисертације. Стога чланови Комисије предлажу Научно-наставном већу Машинског факултета у Београду да мр Срђан Тадић, дипл. инж. металургије одобри израду докторске дисертације под радним насловом *“Анализа деформационог понашања двофазне Ti_3Al-Nb легуре на повишеним температурама”*, а за ментора рада се предлаже др Радица Прокић Цветковић, в. проф.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Радица Прокић Цветковић, в.проф., МФ, Београд, ментор

проф.др Александар Седмак, МФ, Београд

проф.др Мирко Коматина, МФ, Београд

проф.др Радмила Јанчић Нејнemann, ТМФ Београд

др Ребека Рудолф, научни сарадник, Универзитет у Марибору

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Радица Прокић Цветковић

Звање: ванредни професор

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

1. T. Šibalija, S. Petronić, V. Majstorović, R. Prokić Cvetković, A. Milosavljević, *Multi-response design of Nd:YAG laser drilling of Ni-based superalloy sheets using Taguchi's quality loss function, multivariate statistical methods and artificial intelligence*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, No 170 (2010), DOI 10.1007/s00170-010-2945-3.
ISSN (Print) 1433-3015 - ISSN (Online) 0268-3768
Impact factor: 1.128 (2009).
2. O. Popović, R. Prokić-Cvetković, A. Sedmak, V. Grabulov, Z. Burzić, M. Rakin, *Characterisation of High-Carbon Steel Surface Welded Layer*, Journal of Mechanical Engineering, Vol.56, No 5 (2010) 295-300.
ISSN: 0039-2480
Impact factor: 0.533 (2009), 96/105
3. M. Burzić, R. Prokić-Cvetković, B. Grujić, I. Atanasovska, Ž. Adamović, *Safe Operation of Welded Structure with Cracks at Elevated Temperature*, Journal of Mechanical Engineering, Vol.54, No 11 (2008) 807-816.
ISSN: 0039-2480
Impact factor: 0.235 (2008), 96/105
4. R. Prokić-Cvetković, A. Milosavljević, A. Sedmak, O. Popović, *The Influence of Oxygen Equivalent in a Gas-mixture on The Structure and Toughness of Microalloyed Steel Weldments*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol.71, No 3 (2006) 313-321.
ISSN: 0352-5139
Impact factor: 0.423 (2006), 101/124
5. Milosavljević, M. Rogulić, R. Prokić-Cvetković, S. Zec, *Isledovanie vlijanija režimov deformacii na teksturu upročnjaemih splavov aluminija*, Fizika metallov i metallovedenie, Vol.75, No4 (1993) 185-188.
ISSN: 0015-3230
Impact factor: 0.168 (1993)
6. Milosavljević, V. Šijački-Žeravčić, M. Rogulić, V. Milenković, R. Prokić-Cvetković, *Vlijanie temperaturi vtoričnogo starenija na upročnenie i ostatočnie uprugie naprjaženija splavov AlMgSi i AlMgSiCu*, Fizika metallov i metallovedenie, Vol.75, No4 (1993) 96-100.
ISSN: 0015-3230
Impact factor: 0.168 (1993)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
