

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET

UNIVERZITET U BEOGRADU

35/129
(Broj zahteva)
27.05.2013.
(datum)

VEĆE NAUČNIH OBLASTI TEHNIČKIH NAUKA

(naziv veća naučne oblasti kome se zahtev upućuje)

Beograd, Studentski trg br. 1

ZAHTEV

za davanje saglasnosti na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji

Molimo da, shodno članu 46. st. 5. Statuta Univerzitetu u Beogradu ("Glasnik Univerziteta" broj 131/06), date saglasnost na referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata

Mr DRAGOMIRA (Miodrag) GLIŠIĆA, dipl. inž.

(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

KANDIDAT **Mr DRAGOMIR (Miodrag) GLIŠIĆ, dipl. inž.**, prijavio je doktorsku disertaciju pod nazivom:
(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

„STRUKTURA I LOM U SREDNJEUGLJENIČNIM MIKROLEGIRANIM ČELICIMA“

Iz naučne oblasti: **METALURGIJA**

Univerzitet je dana **08.07.2010. godine**, svojim aktom **broj 11/612-2858-3/10**, dao saglasnost na predlog teme doktorske disertacije koja je glasila:

„STRUKTURA I LOM U SREDNJEUGLJENIČNIM MIKROLEGIRANIM ČELICIMA“

Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata:

Mr DRAGOMIRA (Miodrag) GLIŠIĆA, dipl. inž.

(ime, ime jednog od roditelja i prezime)

obrazovana je na sednici održanoj **28.02.2013.** odlukom fakulteta pod br. **35/59**, u sastavu:

Ime i prezime člana komisije	Zvanje	Naučna oblast
1. Dr Nenad Radović	Vanredni profesor	Metalurgija
2. Dr Zorica Cvijović	Redovni profesor	Metalurgija
3. Dr Marko Rakin	Vanredni profesor	Inženjerstvo materijala
4. Dr Vencislav Grabulov	Naučni savetnik	Metalni materijali

Nastavno-naučno veće fakulteta prihvatilo je izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije na sednici održanoj dana **25.04.2013. godine**.

DEKAN FAKULTETA

Prof. dr Đorđe Janačković

Prilog:

1. Doktorska disertacija
2. Izveštaj Komisije sa predlogom
3. Akt Nastavno-naučnog veća Fakulteta o usvajanju izveštaja

Na osnovu čl. 128. Zakona o visokom obrazovanju i čl. 129. Statuta TMF-a, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 25.04.2013. godine, doneta je

O D L U K A

o prihvatanju Referata o urađenoj doktorskoj disertaciji

Prihvata se Referat Komisije u sastavu: dr Nenad Radović, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Zorica Cvijović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Marko Rakin, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, dr Vencislav Grabulov, naučni savetnik Instituta IMS Beograd, o pregledu i oceni urađene doktorske disertacije pod nazivom: „**STRUKTURA I LOM U SREDNJEUGLJENIČNIM MIKROLEGIRANIM ČELICIMA**“ koju je podneo **mr DRAGOMIR GLIŠIĆ** i upućuje se na saglasnost Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu dalo je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije **mr Dragomira Glišića**, pod nazivom „**STRUKTURA I LOM U SREDNJEUGLJENIČNIM MIKROLEGIRANIM ČELICIMA**“ Odlukom broj: 11-612-2858-3/10 od 08.07.2010. godine.

Радови објављени у часописима међународног значаја, M21

- 21.1. **D.Glišić**, N.Radović, A.Koprivica, A.Fadel, Dj.Drobnjak, Influence of Reheating Temperature and Vanadium Content on Transformation Behavior and Mechanical Properties of Medium Carbon Forging Steels, *ISIJ International* 50 (2010) 601-606, ISSN: 0915-1559 (**IF=0.895**)
- 21.2. A.Fadel, N.Radovic, **D.Glišić**, D.Drobnjak, Intragranular Ferrite Morphologies In Medium Carbon Vanadium-Microalloyed Steel, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, ISSN: 1005-0302 DOI: 10.2298/JMMB120820001F, (**IF=1.317**)

Рад објављен у истакнутом међународном часопису, M22

- 22.1. A.Fadel, **D.Glišić**, N.Radović, Dj.Drobnjak, Influence of Cr, Mn and Mo Addition on Structure and Properties of V Microalloyed Medium Carbon Steels, *Journal of Materials Science & Technology* 28 (2012) 1053-1058 ISSN: 1005-0302 (**IF=0.738**)

Рад објављен у истакнутом међународном часопису, M23

- 23.1. **D.Glišić**, A.Fadel, N.Radović, Dj.Drobnjak, M.Zrilić, Deformation Behaviour Of Two Continuously Cooled Vanadium Microalloyed Steels At Liquid Nitrogen Temperature, *Hemijaska Industrija*, DOI: 10.2298/HEMIND121214015G (<http://www.doiserbia.nb.rs/issue.aspx?issueid=1868>) (**IF=0.208**), ISSN: 0367-598X

Odluku dostaviti: Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta, mentoru, Službi za nastavno-studentske poslove, Biblioteci i Arhivi fakulteta.

D E K A N

Prof. dr Đorđe Janačković

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Драгомира Глишића, магистра металургије

Одлуком бр.35/59 од 06.03.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгомира Глишића, магистра металургије, под насловом

СТРУКТУРА И ЛОМ У СРЕДЊЕУГЉЕНИЧНИМ МИКРОЛЕГИРАНИМ ЧЕЛИЦИМА

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Драгомир Глишић, дипл. инж. металургије, одбранио је магистарски рад 19.03.2004. године, на Технолошко-металуршком факултету, Универзитет у Београду. Израдом тезе руководио је Др Ендре Ромхањи, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду.

31.05.2010. Кандидат мр Драгомир Глишић, дипл. инж. металургије, пријавио је тему докторске дисертације под насловом: „Структура и лом у средњеугљеничним микрелегираним челицима“, а Наставно научно веће Технолошко металуршког факултета у Београду усвојило састав Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.

01.07.2010. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је Одлука о одобравању предлога теме докторске дисертације кандидата мр Драгомира Глишића, дипл. инж. металургије, под насловом: „Структура и лом у средњеугљеничним микрелегираним челицима“, а за ментора ове докторске дисертације именован је др Ненад Радовић, ванредни професор ТМФ-а.

08.07.2010. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Драгомира Глишића, дипл. инж. металургије, под насловом: „Структура и лом у средњеугљеничним микрелегираним челицима“.

28.02.2013. На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је Одлука о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Драгомира Глишића, дипл. инж. металургије, под насловом: „Структура и лом у средњеугљеничним микролегираним челицима“.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Металургија, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Ментор Др Ненад Радовић, ван. проф. Технолошко-металуршког факултета је до сада из ове области публиковао више од 10 радова у часописима који су на СЦИ листи, руководио израдом једне одбрањене докторске дисертације, шест магистарских теза и био члан три комисије одбрањене докторске дисертације. На основу досадашњег искуства, сматрамо да је ментор компетентан да руководи израдом ове дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Драгомир Глишић је рођен 18.01.1969. године у Скопљу. На Технолошко-металуршки факултет у Београду уписао се 1988. године као редован студент на одсеку Металургија. Дипломирао је 1996. године на Катедри за прераду метала у пластичном стању, одбранивши дипломски рад под насловом „Граничне криве обликовања легуре AlMg7“. По дипломирању ангажован је у својству истраживача-сарадника на Катедри за прераду метала у пластичном стању на Технолошко-металуршком факултету у Београду. Од октобра 1999. године је запослен на Технолошко-металуршком факултету као асистент-приправник. Магистарски рад „Дуктилност алуминијум-магнезијум легура на повишеним температурама“ одбранио је 2004. године на Технолошко-металуршком факултету. Израдом тезе руководио је Др Ендре Ромхањи, редован професор Технолошко-металуршког факултета у Београду. У звање асистента изабран је 2004. године. Учествовао је у извођењу наставе на смеру Металургија и метални материјали, односно Металуршко инжењерство, као и наставе на специјалном последипломском курсу за стране студенте на енглеском језику. Такође је ангажован и у извођењу лабораторијских вежби из предмета Општа хемија, односно Општа хемија I и II, на првој години редовних студија. Учествовао је у реализацији више научно-истраживачких пројеката и студија, које је финансирао Министарство науке Републике Србије, и у сарадњи са привредом.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Драгомира Глишића, дипл. инж. металургије, написана је на 176 страна, у оквиру којих се налази 7 поглавља, са укупно 127 слика, 11 табела и 180 литературних навода. Докторска дисертација садржи следећа поглавља: Увод, Претходна истраживања, Експериментални део, Резултати, Дискусија, Закључак и Литературу, као и изводе на српском и енглеском језику.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводу је у општим цртама истакнут значај средњеугљеничних микролегираних челика који се развијају са циљем да се смање трошкови производње традиционалних каљених и отпуштених челика повишене чврстоће који се користе у ауто индустрији, машиноградњи, нафтној индустрији итд.

Поглавље „Претходна истраживања“ садржи преглед трансформационих карактеристика и механичких особина средњеугљеничних микролегираних челика. Посебна пажња посвећена је утицају легирајућих елемената на трансформацију аустенита при континуираном хлађењу и систематизацији структура које се при томе јављају код ових челика. Механичке особине

средњеугљеничних микролегираних челика разматране су са аспекта хемијског састава и микроструктуре челика. Описан је утицај феритно-перлитне и беинитне структуре на чврстоћу и жилавост, са посебним освртом на новија сазнања о утицају структуре ацикуларног ферита на жилавост средњеугљеничних микролегираних челика. Структура ацикуларног ферита се састоји од веома ситних интрагрануларно нуклеираних плочица или штапића насумичне кристалографске оријентације и испреплетаних у простору. Велика густина граница зрна под великим углом представља ефикасну препреку за ширење прскотине. Код метала са просторно центрираном кубном решетком крти лом цепањем се одвија цепањем дуж неклизних кристалографских равни. Код ацикуларног ферита микропрскотина настала ломљењем неке крте честице секундарних фаза, принуђена је да приликом ширења кроз основу мења правац кретања, што захтева додатну енергију за њено кретање. На тај начин структура ацикуларног ферита доводи до повећања жилавости. Новија истраживања указују на могућност за побољшање жилавости и код средњеугљеничних микролегираних челика за ковање. Стога је у посебном поглављу дат и преглед резултата претходних истраживања који се баве самим механизмом лома цепањем.

У експерименталном делу је дат опис материјала, метода и плана експеримената. У раду су испитана два средњеугљенична микролегирана челика за ковање, који се међусобно разликују по садржају титана, азота и угљеника, V–микролегирани челик (означен као „V19“) и Ti–V–микролегирани челик (означен као „TiV22“). Челици су испоручени као топловаљане шипке. Термичка обрада и микроструктурна испитивања имали су за циљ да се анализирају трансформационе карактеристике при континуираном хлађењу на мирном ваздуху, директно са различитих температура аустенитизације. На основу ових испитивања одређен је термички режим припреме узорака за испитивање микромеханизма лома цепањем код испитиваних челика са структуром која се претежно састоји од ацикуларног ферита, која представља посебан интерес ових истраживања. Припремљени узорци челика са структуром ацикуларног ферита испитивани су на температури течног азота једноосним затезањем и савијањем у четири тачке. За испитивање савијањем у четири тачке коришћене су епрувете са зарезом по Грифитсу и Овену. Температура течног азота одабрана је ради испитивања у условима потпуно кртог лома и одређивања критичног напона лома, који не зависи од температуре. Детаљан опис одређивања критичног напона лома обухвата фрактографију Грифитс-Овенових узорака и моделовање савијања у четири тачке методом коначних елемената. Резултати једноосног затезног испитивања на температури течног азота послужили су као улазни подаци за моделовање. Моделовањем је израчуната расподела напона и деформација у узорку, у тренутку лома, при савијању у четири тачке.

У поглављу резултати прво су дати прелиминарни резултати микроструктурних испитивања, са циљем да се одабере температура аустенитизације за припрему узорака за механичка испитивања. Режим припреме узорака је изабран тако да при хлађењу на ваздуху са температуре аустенитизације, обезбеди постизање структуре која се састоји претежно од ацикуларног ферита код оба испитана челика. У опсегу температура аустенитизације између 850°C и 1300°C, изабрана је температура од 1250°C. Након хлађења на мирном ваздуху са 1250°C, структура челика легираног ванадијумом и са нижим садржајем угљеника (челик V19) састоји се од ферита, перлита и ацикуларног ферита, док се структура челика легираног титаном и ванадијумом, са вишим садржајем угљеника (челик TiV22), претежно састоји од ацикуларног ферита. Резултати испитивања савијањем у четири тачке по методи Грифитса и Овена представљени су кривама промене силе савијања са угибом, на основу којих су израчунате вредности максималне силе, момента савијања и номиналног напона у тренутку прелома. Резултати затезних испитивања на температури течног азота обрађени су тако да се могу употребити као улазни подаци за моделовање методом коначних елемената, као и за анализу деформационог понашања. Челик TiV22 (0,31% C) са структуром претежно ацикуларног ферита има границу течења од 896 МПа, која је већа у односу на границу течења челика V19 (0,26% C) са већим уделом ферита и перлита, која износи 775 МПа. Истовремено,

и укупно издужење узорака челика TiV22 је веће у односу на челик V19 (10% у односу на 5%). С друге стране, челик V19 показује већи степен деформационог ојачавања на температури течног азота. Стварне криве деформације добијене регресионом анализом експерименталних вредности добијених при једноосном затезању узете су као улазни подаци за описивање деформационих особина челика при моделовању методом коначних елемената. Моделовањем је израчуната расподела највећег главног напона и највеће главне пластичне деформације дуж растојања од корена зареза на епрувети, зависно од силе савијања. Максимални напон у зони испред зареза код челика V19 износи у просеку 2440 МПа, што је интензификација напона од 3,2 вредности границе течења, а код TiV22 челика 2199 МПа, што је 2,4 вредности границе течења. Фрактографском анализом утврђен је тачан положај места на којем је настала микропрскотина, са које се проширио лом цепањем на цео узорак (место иницијације лома). Честице секундарних фаза нису детектоване на месту иницијације лома ни код једног од испитиваних узорака. Удаљеност места иницијације лома од корена зареза на епрувети за савијање је око 30 μm код челика V19, односно приближно 40 μm код челика TiV22. Димензије прве равни цепања, којој одговара путања прскотине кроз зрно или неколико зрна исте кристалографске оријентације (код метала са просторно центрираном кубном кристалном решетком то су равни из фамилије $\{1\ 0\ 0\}$) приближно су исте за оба испитивана челика. Ефективни пречник прве равни цепања износи приближно 19 μm . Очитавањем највећег главног напона са дијаграма расподеле на растојању које одговара месту иницијације лома, одређене су вредности критичног напона лома. Средња вредност критичног напона лома челика TiV22 износи 1757 МПа (1,96 нормализовано границом течења) у односу на 1424 МПа (1,84 нормализовано границом течења) код челика V19. Корелацијом вредности критичног напона лома са димензијама прве равни цепања на површини прелома, помоћу Грифитове једначине, одређене су вредности ефективне енергије стварања слободне површине при лому цепањем. Вредност ефективне енергије површине у складу је са резултатима ранијих истраживања за челике других састава и микроструктура, и износи 49 J/m².

Поглавље дискусија по својој структури прати резултате истраживања. Најпре је анализирана трансформација аустенита при континуираном хлађењу на ваздуху зависно од температуре аустенитизације. Испитивања једноосним затезањем на температури течног азота коментарисана су са аспекта капацитета челика за деформационо ојачавање на ниским температурама, зависно од удела ферита, перлита и ацикуларног ферита у структури. Присуство перлита у структури V19 челика доводи до повећања брзине деформационог ојачавања, у односу на TiV22 челик. Деформационо понашање директно је повезано са понашањем два испитивана челика при савијању у четири тачке на температури течног азота и резултатима моделовања методом коначних елемената. Микромеханизам кртог лома разматран је у складу са Грифитовом једначином и тростепеним механизмом лома цепањем код челика: нуклеација микропрскотине ломљењем крте честице (1), ширење микропрскотине кроз међуповршину честица/основа (2), напредовање прскотине кроз границе зрна (3). При томе је узето у обзир и деформационо понашање челика на температури течног азота.

У поглављу Закључци су таксативно наведена и објашњена најважнија нова сазнања до којих је аутор дошао радом на овој дисертацији. На крају дисертације наведена је Литература, која садржи све коришћене референце.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тема ове дисертације је проистекла из константних захтева индустријског сектора за производњом челика намењених нафтној индустрији, аутоиндустрији и тешкој машиноградњи који ће имати захтеване особине и знатно ниже трошкове производње,

побољшану енергетску ефикасност и ниже трошкове одржавања у току експлоатације. Овај савремени приступ зато има велики значај, јер је један од циљева рада био и да се освоји технологија термичке обраде која обезбеђује доминантно присуство ацикуларног ферита у структури.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена је уџбеничка литература из области физичке металургије челика, затим класични радови из области трансформационих карактеристика челика и утицаја структуре на жилавост и механизме лома, као и најновији чланци, саопштења и извештаји, који се баве микромеханизмом лома цепањем код микролегираних челика.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Термичка обрада узорака извршена је у високотемпературној електроотпорној пећи у заштитној атмосфери аргона. Пећ је опремљена електронском регулацијом температуре, која омогућава задавање и одржавање жељене температуре у комори константном. Микроструктурна испитивања су извршена оптичком микроскопијом и скенирајућом електронском микроскопијом, уз употребу софтвера за квантитативну анализу слика. Фрактографија је извршена на скенирајућем електронском микроскопу опремљеним са уређајем за енергетски дисперзивну спектроскопију X-зрака (EDAX), који је коришћен за детекцију и анализу честица секундарних фаза. Испитивање савијањем у четири тачке изведено је по методологији Грифитса и Овена, која је уобичајена у литератури за истраживање утицаја микроструктуре челика на микромеханизам лома и за одређивање критичних параметара Грифитове једначине (критичан напон лома, критична величина иницијалне микропрскотине и ефективна енергија слободне површине при лому цепањем). Температура течног азота одабрана је ради испитивања у условима потпуно кртог лома, тј. у условима који елиминишу све остале утицаје и омогућавају једнозначност у тумачењу резултата. Моделовање методом коначних елемената урађено је помоћу софтвера „Simulia ABAQUS“.

3.4. Применљивост остварених резултата

Могућност постизања структуре ацикуларног ферита, која је повољна са становишта жилавости, при континуираном хлађењу средњеугљеничних микролегираних челика за ковање, без потребе за додатном опремом и обрадом, отвара могућност да се умање трошкови производње отковака елиминацијом накнаде термичке обраде, каљењем и отпуштањем. Поред тога, микромеханизам лома у структури ацикуларног ферита и микромеханички параметри представљају улазне податке за микромеханичко моделовање жилавости лома. Ови подаци су данас још увек ретки, када је реч о структури ацикуларног ферита средњеугљеничних микролегираних челика. Може се очекивати примена ових података у областима моделовања и пројектовања средњеугљеничних микролегираних челика за ковање, намењених производњи делова у аутоиндустрији, нафтној индустрији, тешкој машиноградњи и сл.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат мр Драгомир Глишић је током израде докторске дисертације испољио изузетну стручност и систематичност у припреми и реализацији експеримената, коришћењу различитих техника карактеризације материјала и анализи резултата. Кандидат је оспособљен за свеобухватни приступ сваком сегменту истраживања и поседује све квалитете који су неопходни за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

- Одређене су вредности критичног напона лома за челике са структуром ацикуларног ферита.
- Одређене су вредности ефективних енергија слободне површине при лому цепањем за структуру ацикуларног ферита.
- Дефинисан је микромеханизам лома цепањем код средњеугљеничних микрولةгираних челика са структуром ацикуларног ферита.
- Тумачење микромеханизма лома цепањем у структури ацикуларног ферита, у условима када крупне честице секундарних фаза, пре свега TiN, не учествују у иницијацији лома.
- Моделовано је понашање средњеугљеничних микрولةгираних челика на температури течног азота при једноосном затезању и при испитивању савијањем у четири тачке по Грифитсу и Овену.
- Утицај температуре аустенитизације на структуру средњеугљеничних микрولةгираних челика при континуираном хлађењу на мирном ваздуху.
- Добијена је структура ацикуларног ферита у условима хлађења на ваздуху код комерцијалних средњеугљеничних микрولةгираних челика за ковање.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Најважнији допринос овог рада се односи на израчунавање критичног напона лома за структуре ацикуларног ферита у комерцијалним средњеугљеничним микрولةгираним челицима за ковање. Ове величине одређене су у оквиру ових истраживања, за два челика са различитим садржајем угљеника. Средња вредност критичног напона лома челика TiV22 износи 1757 МПа (1,96 нормализовано границом течења) у односу на 1424 МПа (1,84 нормализовано границом течења) код V19 челика.

Такође су одређене и вредности ефективних енергија површине. Добијене вредности су упоређене са вредностима за друге челике, показујући добру сагласност, тј. налазе се у опсегу 50-200 J/m². Разлика у понашању је приписана различитим структурама и саставима челика. Вредности за челике испитане у тези су на доњој граници овог интервала (челик V19 – ацикуларни ферит са значајним уделом ферита и перлита), односно на горњој граници (челик TiV22 – доминантна структура ацикуларног ферита). Разлика у добијеним вредностима је приписана ситнозрној структури челика TiV22 и великом уделу високоугаоних граница у насумичној кристалографској оријентацији игличасте структуре ацикуларног ферита. Овакво понашање сугерише да на температури течног азота величина зрна ацикуларног ферита има одлучујућу утицај на механизам лома цепањем.

Утврђивањем механизма лома цепањем у структури ацикуларног ферита на температури течног азота остварен је посебан допринос у разумевању утицаја специфичне структуре која се састоји од веома финих плочица ферита испреплетаних у простору тако не постоји међусобна кристалографска оријентациона зависност. Истовремено, одређивањем критичног напона лома омогућена је даља примена у микромеханичким моделима за предвиђање жилавости челика са оваквим структурама, на свим температурама, обзиром да критичан напон лома не зависи од температуре.

Индикције о улози кртих честица секундарних фаза у лому цепањем челика са структуром ацикуларног ферита сада су потврђене. И раније је уочено да крупне честице TiN постају неактивне као иницијатори лома у структури ацикуларног ферита. Овим истраживањем ове индикције су потврђене, а механизам лома додатно расветљен анализом услова за одвијање лома када ове честице не играју улогу места нуклеације почетних микропрскотина.

Испитивањем деформационог понашања испитиваних челика са структуром ацикуларног ферита на температури течног азота и помоћу методе коначних елемената, моделовано је понашање ових челика при испитивању на савијање. Израчуната је расподела највећег главног напона и највеће главне пластичне деформације дуж растојања од корена зареза на епрувети, зависно од силе савијања. Максимални напон у зони испред зареза код челика V19 износи у просеку 2440 МПа, што је интензификација напона од 3,2 вредности границе течења, а код TiV22 челика 2199 МПа, што је 2,4 вредности границе течења. Тиме је доведено у везу деформационо понашање са понашањем ових структура при лому цепањем.

Значајан допринос има и утврђена зависност величине полазног аустенитног зрна на високим температурама. Ова зависност је директно повезана са стабилношћу појединих честица које су инхибитори раста зрна. Интензитет ефекта контроле величине зрна је доведен у везу са врстама честица на различитим температурама. Познавање ове зависности је основа за прописивање технологије пластичне прераде на повишеним температурама (температуре топлог ковања). Испитивањем микроструктуре након жарења два микролегирана челика са различитим садржајем угљеника, на различитим температурама аустенитизације, у опсегу од 850°C до 1300°C, одређен је утицај стања аустенита зависно од температуре прогревања на механизам његове трансформације при континуираном хлађењу на ваздуху.

Постизање микроструктуре која се састоји претежно од ацикуларног ферита, у комерцијалним средњеугљеничним микролегираним челицима, у условима који не захтевају примену посебних уређаја или поступака термичке обраде, истовремено додатно осветљава улогу микролегирајућих елемената у механизму интрагрануларне нуклеације ацикуларног ферита при континуираном хлађењу.

4.3. Верификација научних доприноса

Из рада на дисертацији „Структура и лом у средњеугљеничним микролегираним челицима“, коју је урадио мр Драгомир Глишић, дипл. инж. објављени су следећи радови (*напомена*: првонаведени аутор је увек аутор који је дао највећи допринос писању рада):

Радови објављени у часописима међународног значаја, M21

- 21.1. **D.Glišić**, N.Radović, A.Koprivica, A.Fadel, Dj.Drobnjak, Influence of Reheating Temperature and Vanadium Content on Transformation Behavior and Mechanical Properties of Medium Carbon Forging Steels, *ISIJ International* 50 (2010) 601-606, ISSN: 0915-1559 (**IF=0.895**)
- 21.2. A.Fadel, N.Radovic, **D.Glišić**, D.Drobnjak, Intragranular Ferrite Morphologies In Medium Carbon Vanadium-Microalloyed Steel, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, ISSN: 1005-0302 DOI: 10.2298/JMMB120820001F, (**IF=1.317**)

Рад објављен у истакнутом међународном часопису, M22

- 22.1. A.Fadel, **D.Glišić**, N.Radović, Dj.Drobnjak, Influence of Cr, Mn and Mo Addition on Structure and Properties of V Microalloyed Medium Carbon Steels, *Journal of Materials Science & Technology* 28 (2012) 1053-1058 ISSN: 1005-0302 (**IF=0.738**)

Рад објављен у истакнутом међународном часопису, M23

- 23.1. **D.Glišić**, A.Fadel, N.Radović, Dj.Drobnjak, M.Zrilić, Deformation Behaviour Of Two Continuously Cooled Vanadium Microalloyed Steels At Liquid Nitrogen Temperature, *Hemijaska Industrija*, DOI: 10.2298/HEMIND121214015G (<http://www.doiserbia.nb.rs/issue.aspx?issueid=1868>) (**IF=0.208**), ISSN: 0367-598X

Рад објављен у часописима националног значаја, категорија M52

- 52.1. N.Radović, A.Koprivica, **D.Glišić**, A.Fadel, Dj.Drobnjak, Influence of Cr, Mn and Mo on structure and properties of V microalloyed medium carbon forging steels, *Metalurgija* 16 (2010) 1-10 ISSN: 0354-6306

Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини, М33

- 33.1. N.Radovic, A.Koprivica, **D.Glisic**, A.Fadel, Dj.Drobnjak, Influence of V and N on Transformation Behavior and Mechanical Properties of Medium Carbon Forging Steels, Int. Conference on Thermomechanical Processing of Advanced Materials (THERMEC 2009), Eds. T.Chandra et al., August 25-29 2009, Berlin, Germany, ISBN 978-0-87849-294-7

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кратак осврт на дисертацију у целини

На основу свега напред изнетог, Комисија сматра да је докторска дисертација мр Драгомира Глишића, дипл. инж. металургије, под насловом: „Структура и лом у средњеугљеничним микрелегираним челицима“, испунила циљеве истраживања и да представља значајан и оригинални научни допринос у области Металургије, што је потврђено објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштења на међународним конференцијама.

Предлог Комисије Наставно-научном већу

Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да прихвати овај РЕФЕРАТ и да га заједно са поднетом дисертацијом мр Драгомира Глишића, достави на увид јавности у законски предвиђеном року, и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације, пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 15.04.2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Ненад Радовић, ван. проф., ментор
Технолошко-металуршки факултет
Универзитета у Београду

.....
Зорица Цвијовић, ред. проф.
Технолошко-металуршки факултет
Универзитета у Београду

.....
Др Марко Ракин, ван. проф.
Технолошко-металуршки факултет
Универзитета у Београду

.....
Др Венцислав Грабулов, научни саветник,
Институт ИМС, Београд