

Ministarsvo prosvete, nauke i
tehnološkog razvoja
Analitičar za materijale i hemijske tehnologije
N/R (Veronika Raspopović)

- Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet –
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu
Datum: 07.11.2014.god.

Predmet: Dokumenti koji su pratili prihvatanje ovog tehničkog rešenja

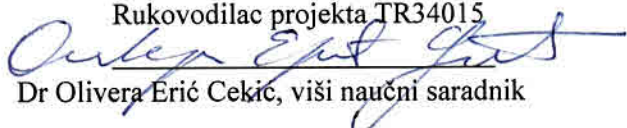
Poštovana,

Dostavljam vam dokumentaciju koja je pratila tehničko rešenje pod nazivom:

„Postupak proizvodnje nelegiranig ADI materijala sa poboljšanom otpornošću na abrazivno habanje“, čiji su autori: dr Sebastian Baloš, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, mr Dragan Rajnović, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, prof.dr Leposava Šiđanin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Miroslav Dramićanin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Danka Labus, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad i dr Olivera Erić Cekić, viši naučni saradnik, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta, Beograd.

1. Predlog za izbor recenzenata tehničkog rešenja
2. Odluka Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu o imenovanju recenzenata
3. Izveštaj recenzenata
4. Odluka Nastavno-naučnog veća Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu o prihvatanju tehničkog rešenja
5. Mišljenje korisnika (Livnica Topola A.D.) o prihvaćenom tehničko-razvojnom rešenju pod nazivom: **„Postupak proizvodnje nelegiranig ADI materijala sa poboljšanom otpornošću na abrazivno habanje“**
6. Tehničko rešenje: „Postupak proizvodnje nelegiranig ADI materijala sa poboljšanom otpornošću na abrazivno habanje“,

U Beogradu 07.11.2014.god.

Rukovodilac projekta TR34015

Dr Olivera Erić Cekić, viši naučni saradnik

7. 11. 2014,


НАУЧНО НАСТАВНОМ ВЕЋУ
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ - АРХИВА -
Број: 198411
Датум: 04. 07. 2011
Краљице Марије 16, 11120 Београд 35

Предмет: Предлог за избор рецензената техничког решења

Молим Научно наставно веће да за Техничко решење:

Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање“

аутора: Др Себастиана Балаш, Факултет техничких наука, Нови Сад
Мр Драган Рајновић, Факултет техничких наука, Нови Сад
Проф Др Лепосава Шиђанин, Факултет техничких наука, Нови Сад
Мирослав Драмићанин, Факултет техничких наука, Нови Сад
Данка Лабус, Факултет техничких наука, Нови Сад
Др Оливера Ерић Цекић, Иновациони центар Машинског факултета у Београду

које је реализовано у оквиру пројекта финасираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Републике Србије, бр. ТР34015, под називом: „Пројектовање, развој и примена нове генерације АДИ материјала“, руководилац пројекта др Оливера Ерић Цекић, ев. број број 451-03-694/2014-14 -1 од 29. априла 2014. Године Анекс III основног уговора о реализацији Пројекта ТРп у периоду мај -децембар 2014. као четврте године истраживања у циклусу 2011-2015. Године, именује два рецензента. Наш предлог је да рецензију овог техничког решења изврше:

Проф др Бојан Бабић, Машински факултет Универзитета у Београду
Проф др Александар Седмак, Машински факултет Универзитета у Београду Универзитета у Београду

С поштовањем,


Др Оливера Ерић Цекић, виши научни сарадник

Tehničko rešenje

Postupak proizvodnje nelegiranih ADI materijala sa poboljšanom otpornošću na abrazivno habanje

Autori: Dr Sebastian Baloš, Mr Dragan Rajnović, Prof. Dr Leposava Šidanin,
Miroslav Dramićanin, Danka Labus
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Dr Olivera Erić-Cekić
Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu

**Korisnik: „PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I PROMET ODLIVAKA
LIVNICA TOPOLA A.D. TOPOLA (VAROŠICA)“**

**Projekat: „Projektovanje, razvoj i primena nove generacije ADI materijala“
TR34015**

2014.g

Sadržaj

1. Oblast tehnike na koju se tehničko rešenje odnosi	3
2. Uvod	3
3. Tehnički problem	3
4. Stanje rešenosti tehničkog problema u svetu	3
5. Detaljan opis tehničkog rešenja	5
5.1 Materijali	5
5.2 Metode karakterizacije	5
5.3 Osobine materijala pre habanja	6
5.4 Osobine materijala nakon habanja	8
5.5 Brzine habanja	10
5.6 Uticaj vodene sredine na habanje	11
6. Suština tehničkog rešenja	11
7. Način industrijske ili druge primene tehničkog rešenja	12
8. Verifikacija rezultata	12
9. Literatura (stanje rešenosti tehničkog problema u svetu)	13

1. OBLAST TEHNIKE NA KOJU SE TEHNIČKO REŠENJE ODNOSI

Materijali, Inženjerski materijali, Livena gvožđa

Tehničko rešenje klase M84 - Bitno poboljšan postojeći proizvod ili tehnologija (uz dokaz) novo rešenje problema u oblasti mikroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja recenzovano i prihvaćeno na nacionalnom nivou (uz dokaz)

2. UVOD

Industrijski zahtevi danas postavljaju pred konstruktore upotrebu novih materijala ili prilagođavanje postojećih materijala primenom novih tehnologija obrade, što obezbeđuje visoke performanse, uz relativno niske troškove izrade. U cilju postizanja visokih performansi uz relativno nisku cenu, primena ADI materijala (Austempered Ductile Iron) pronalazi sve širu primenu, posebno za teška transportna vozila, poljoprivrednu, građevinsku i rudarsku mehanizaciju. U suštini, ADI materijali su proizvod termičkog tretmana u vidu izotermne transformacije nodularnog liva. Variranjem parametara termičkog tretmana moguće je dobiti različite mehaničke osobine, koje se prema zateznim karakteristikama mogu uporediti sa čelicima za poboljšanje, dok im je duktilnost veća u odnosu na bilo koji tip livenog gvožđa. Posebne prednosti su manja gustina za oko 10 %, uz značajno smanjenje cene finalnog dela, koja je za 30 – 50 % manja u odnosu na čelični odlivak ili otkovak [1].

3. TEHNIČKI PROBLEM

Primena ADI materijala za poljoprivrednu, građevinsku i rudarsku mehanizaciju podrazumeva kontakt tih komponenti sa abrazivnom sredinom poput zemlje, peska ili kamena. Abrazivno habanje predstavlja vrlo ozbiljan problem koji može ozbiljno da ograniči radni vek komponente. Dodatni efekat, koji je vrlo često prisutan u takvim uslovima je prisustvo vode, odnosno vlage. Negativan efekat vodene sredine na zatezne karakteristike, a posebno izduženje, odnosno duktilnost komponente izrađene od nodularnog liva i ADI materijala je poznato, ali ne i objašnjeno na sasvim zadovoljavajući način. Kombinacija abrazivnog habanja i dejstva vode predstavlja još uvek nepoznanicu i iziskuje opsežan eksperimentalni rad kako bi se pronašli parametri termičkog tretmana koji rezultuju optimalnom kombinacijom osobina relevantnih za inženjersku primenu ADI materijala: zateznih karakteristika, energije udara i otpornosti na habanje u vlažnim sredinama.

4. STANJE REŠENOSTI TEHNIČKOG PROBLEMA U SVETU

ADI materijali se dobijaju izotermnom transformacijom nodularnog liva - austemperovanjem, pri čemu se variranjem parametara termičkog tretmana mogu dobiti različite kombinacije mehaničkih osobina [1-3].

Nodularni liv je legura železa i ugljenika, pri čemu se jedan deo ugljenika izdvaja u obliku grafitnih nodula. Nodularni, odnosno sferni oblik grafita se ostvaruje dodavanjem tzv. nodulatora u

obliku magnezijuma ili cerijuma u rastopljeni liv. Na mehaničke osobine nodularnog liva i ADI materijala, velik uticaj ima broj i veličina nodula, što se reguliše dodavanjem inokulanata pre procesa kristalizacije [4].

Rezultat austemperovanja nodularnog liva, čime dolazi do stvaranja ADI materijala, jeste tzv. ausferitna mikrostruktura [5]. Austemperovanje se sastoji iz: austenitizacije na temperaturi 850÷950°C, u trajanju do 2 h, čime se postiže zasićenje austenita ugljenikom iz grafitnih nodula, a potom, u drugoj fazi, dolazi do brzog hlađenja do temperature izotermne transformacije 250÷400°C i zadržavanja na toj temperaturi. Drugi stadijum transformacije, karakteriše se transformacijom zasićenog austenita u ausferitni ferit i zadržani, ugljenikom obogaćeni stabilni austenit - ausferit. Međutim, zadržavanjem preko optimalnog vremena, dolazi do transformacije ugljenikom obogaćenog austenita u termo-mehanički stabilniji ferit i karbide, čime se snižavaju mehaničke osobine [6-10]. Prema tome, najuticajniji parametri za dobijanje ADI materijala sa povoljnom mikrostrukturuom su temperatura i vreme izotermne transformacije. Primera radi, transformacijom na višim temperaturama (350÷400°C) ostvaruje se visoka duktilnost i žilavost, ali manja čvrstoća i tvrdoća, dok se transformacijom na nižim temperaturama (250÷350°C) ostvaruje visoka čvrstoća, tvrdoća i otpornost na habanje, ali manja žilavost, odnosno manja otpornost na udar [11-18].

Ispitivanje ADI materijala na abrazivno habanje je privuklo značajnu pažnju naučnih krugova, što je rezultovalo relativno velikim brojem naučnih radova. U ovom pregledu se daju neke reprezentativne reference [19-12]. Sahin i Durak [19] su pokazali da se gubitak mase ADI materijala povećava sa povećanjem dužine pređenog puta pri habanju i opterećenja, a smanjuje sa povećanjem tvrdoće. U [20] je otkriveno da se otpornost na habanje povećava sa povećanjem brzine pothlađivanja, kao i sadržaja nikla u ADI materijalu. Sahin i ostali autori, kao i Shimizu i ostali autori [21, 22] su pokazali da se gubitak mase povećava sa povećanjem trajanja austemperovanja, dok su Osafune i Tanaka [23] prikazali slične rezultate, ali u vodenoj sredini. Konačno, u radovima [21, 23], pokazano je da na otpornost na habanje ADI materijala velik uticaj ima fenomen SATRAM (stress assisted phase transformation of retained austenite into martensite), odnosno, transformacija austenita u martenzit pod dejstvom napona, koji uzrokuje povećanje otpornosti na habanje.

Primena ADI materijala i njihovo ponašanje pod opterećenjem je značajno uslovljena i sredinom u kojoj je data komponenta. U radovima [24-31] primećeno je značajno smanjenje zatezних karakteristika i naročito izduženja (duktilnosti) u različitim sredinama, vodi i različitim vrstama maziva. Komatsu i ostali autori, ustanovili su da je ovaj fenomen reverzibilan, odnosno, nakon sušenja, odnosno, mehaničke osobine se vraćaju na nivo pre izlaganja tečnostima. U radovima [29, 32], primećena je sličnost ovog fenomena sa vodoničnom krtošću, ali je takođe predložen model, prema kome dolazi do hemisorpcije atoma vodonika pri čemu dolazi do interakcije sa atomima u površinskom sloju materijala. Na taj način, moguće je da dolazi do slabljenja međuatomnih veza i nastajanja inicijalne prsline, koja dovodi do krtog loma u lokalizovanom površinskom sloju, što ima za posledicu značajno smanjenje mehaničkih osobina [32].

Sve gore navedeno usložnjava izbor optimalnih parametara izotermne transformacije i dobijanje ADI materijala željenih osobina.

5. DETALJAN OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

5.1 Materijali

Eksperimentalni deo koji ujedno predstavlja osnovu verifikacije rezultata ovog tehničkog rešenja zasnovan je na tribološkom ispitivanju dva tipa nodularnog liva i tri tipa ADI materijala. Hemijski sastav dva nodularna liva, sa feritnom (DI-F) i perlitnom (DI-P) mikrostrukturom metalne osnove dati su u Tabeli 1. Uzorci nodularnog liva su dobijeni iz donjeg dela Y-proba, kako bi se izbegla poroznost i segregacija. Sferični oblik grafita je dobijen dodavanjem legure 2.2 wt. % FeSiMg5, koja sadrži 5 mas. % magnezijuma, nakon čega je sprovedena naknadna inokulacija sa FeSi koji sadrži 75 mas. % silicijuma.

ADI materijali su dobijeni termičkim tretmanom feritnog nodularnog liva (DI-F). Nakon mašinske obrade, izvršen je termički tretman sa sledećim parametrima: austenitizacija na 900 °C / 2 h u komornoj peći sa atmosferom argona, nakon čega je izvršeno austemperovanje na tri temperature, 300, 350 i 400 °C / 1 h u sonom kupatilu sa 50-50 % NaNO₂ - KNO₃. Na taj način su dobijene tri vrste ADI materijala, koji su označeni kao ADI-300, ADI-350 i ADI-400.

Tabela 1 Hemijski sastav nodularnih livova u mas. %

Materijal	C	Si	Mn	Ni	Cu	Mg	P	S
DI-F	3.53	2.53	0.347	0.045	-	0.031	0.018	0.015
DI-P	3.48	2.19	0.26	1.51	1.57	0.060	0.020	0.012

5.2 Metode karakterizacije

Metalografska priprema izvršena je standardnom procedurom; nakon brušenja i poliranja, izvršeno je nagrizanje nitalom (3 %), dok je karakterizacija faza izvršena svetlosnim mikroskopom Leitz-Orthoplan. Klasifikacija grafita je izvršena u skladu sa standardom ISO 945-1:2008. Zapreminski udeo zadržanog austenita (V_γ) je dobijen difrakcijom x-zraka, uređajem Phillips PW-1710, pre habanja, kao i na površinama koje su prethodno abrazivno habane. Sadržaj ugljenika u austenitu je određen prema sledećem izrazu [33]:

$$a_\gamma = 0.3548 + 0.0044C_\gamma \quad (1)$$

gde je a_γ parameter rešetke austenita [nm], a C_γ sadržaj ugljenika u austenitu [mas.%].

Za određivanje parametara rešetke, korišćene su ravni {111} i {200}. Za ispitivanje su korišćena tri uzorka, na osnovu kojih je dobijena srednja vrednost merenja.

Mehaničke osobine: zatezna čvrstoća, napon tečenja i izduženje, ispitane su na kidalici VEB ZDM 5/91, u skladu sa standardom ISO 6892-1:2009. Ispitivanje je izvršeno na tri uzorka prečnika 6 mm i početnom mernom dužinom 30 mm. Tvrdoća po Vickersu je ispitana u skladu sa standardom ISO 6507-1:2005, na uređaju VEB HPO-250, sa opterećenjem 10 kg u vremenom zadržavanja 15 s. Vrednosti tvrdoće su dobijene kao srednja vrednost pet utiskivanja. Energija udara je merena na uzorcima bez zareza, dimenzija 10×10×55 mm, na uređaju Schenck-Treble RPSW/A. Ispitivanje je izvršeno u skladu sa standardom ISO 148-1:2009, na tri uzoraka od svake grupe.

Ispitivanje na abrazivno habanje izvršeno je na sobnoj temperaturi, tokom 30 sekundi, metodom pin-on-disc. Korišćeni uređaj je adaptirani uređaj za poliranje metalografskih uzoraka Struers DP-U2, kod kojeg je tkanina za poliranje zamenjena brusnim papirima različite

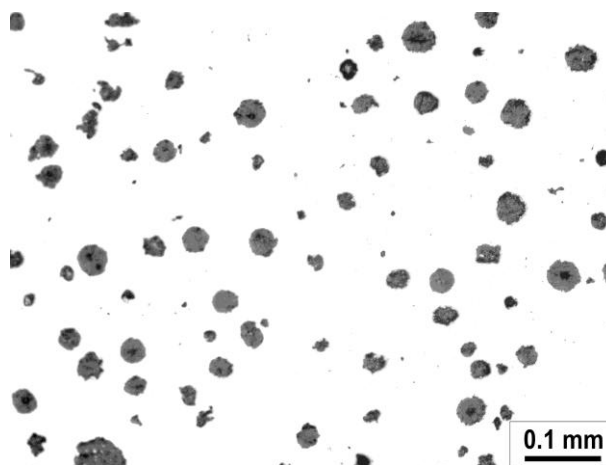
granulacije: P240 sa veličinom abrazivnih zrna od $58,5 \pm 2 \mu\text{m}$, P500 sa $30,2 \pm 1,5 \mu\text{m}$ i P800 sa $21,8 \pm 1 \mu\text{m}$, skladu sa standardom ISO 6344-1:1998. Poprečni presek uzoraka za ispitivanje na habanje je $10 \times 10 \text{ mm}$. Uzorci su postavljeni u automatizovani nosač uzoraka Struers PdM-Force, u adaptirani mesingani držač. Pre svakog testa na habanje, uzorci su polirani abrazivnim papirom P2000. Ispitivanja su izvršena sa opterećenjima 0,5, 1,3 i 2 kg. Brzina obrtanja abrazivnog papira je bila 250 min^{-1} , dok je uzorak postavljen na 70 mm od centra diska. Tokom ispitivanja, na uzorak je usmeren mlaz vode sa protokom 10 ml/min. Masa uzoraka je merena pre i posle testa habanja, a za indikator habanja je korišćena razlika masa pre i posle testa habanja, dobijena na analitičkoj vagi Tehnica Tip 2615 sa tačnošću 0,1 mg. Svaki rezultat je dobijen kao aritmetička sredina iz tri testa habanja od svake grupe uzoraka.

5.3 Osobine materijala pre habanja

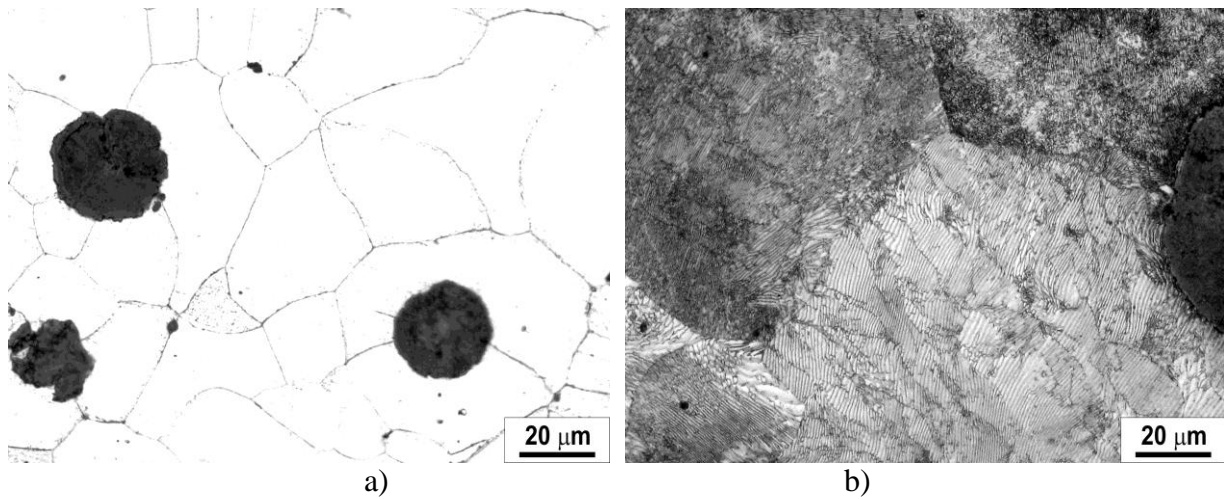
Mikrostrukture materijala pre testa habanja u poliranom i nagriženom stanju prikazane su na slikama 1 – 3. Kod svih uzoraka je stepen sferoidizacije preko 90 %, veličina nodula je između 25 i $30 \mu\text{m}$, broj nodula 150 - 200 mm^{-2} , a zapreminski udeo nodula 10,9 %, slika 1. Na slici 2 je prikazana mikrostruktura metalne osnove uzoraka DI-F i DI-P. Kod uzorka DI-F, metalna osnova je feritna, dok je kod DI-P perlitna. ADI materijali imaju ausferitnu mikrostrukturu različite morfologije i sastava: ADI-300 ima igličast oblik ausferitnog ferita razdvojenog tankim slojem zadržanog austenitna, dok sa porastom temperature austemperovanja kod ADI-400 ausferitni ferit menja morfologiju, te ima pločasti oblik, slika 3. Sadržaj zadržanog austenita se povećava sa povećanjem temperature izotermne transformacije, dok se sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu smanjuje, tabela 2.

Tabela 2 Zapreminski udeo zadržanog austenita, sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu i ukupni sadržaj ugljenika u austenitu pre testa habanja

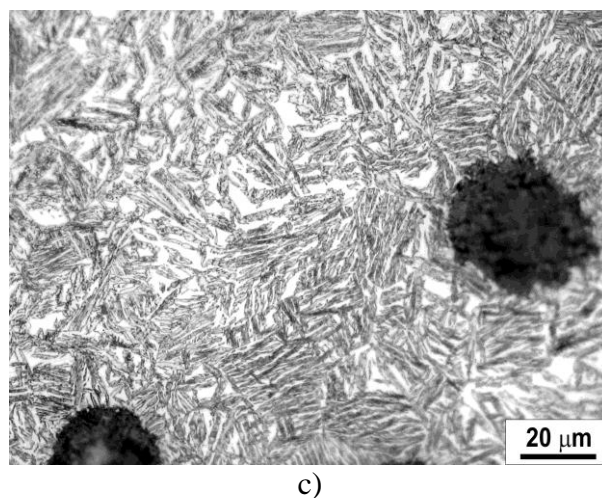
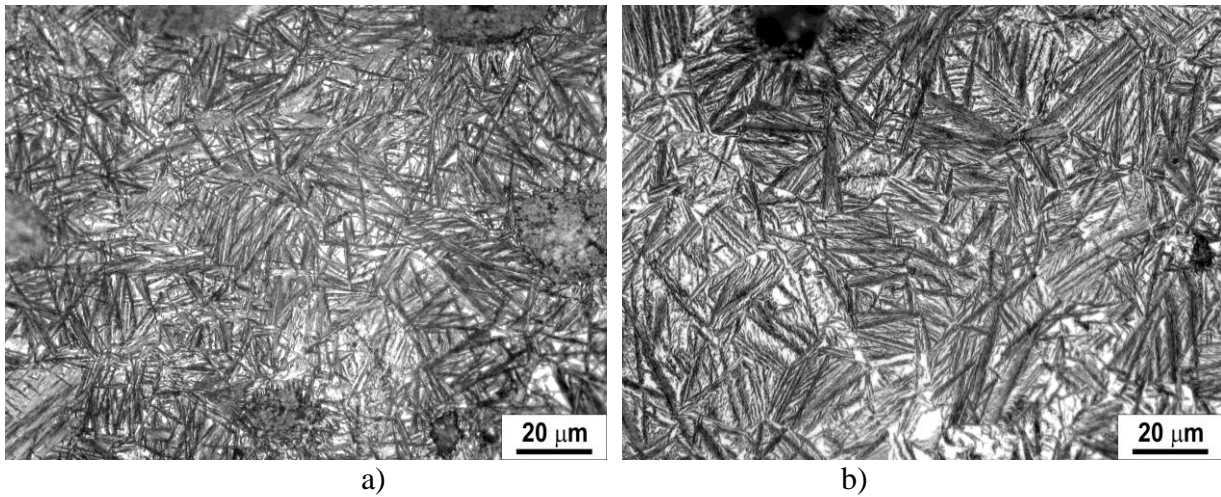
Temperatura austemperovanja	Zapreminski udeo zadržanog austenita X_γ [%]	Sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu C_γ [%]	Ukupni sadržaj ugljenika u austenitu $X_\gamma C_\gamma$ [%]
300 °C	16.0	2.07	0.33
350 °C	24.9	1.84	0.46
400 °C	31.4	1.64	0.52



Slika 1 Oblik, veličina i raspored grafita.



Slika 2 Nagriženi uzorci nodularnog liva: a) feritni DI-F; b) perlitni DI-P.



Slika 3 Mikrostrukture ADI materijala: a) austemperovan na 300 °C/1h ADI-300; b) austemperovan na 350 °C/1h ADI-350; c) austemperovan na 400 °C/1h ADI-400.

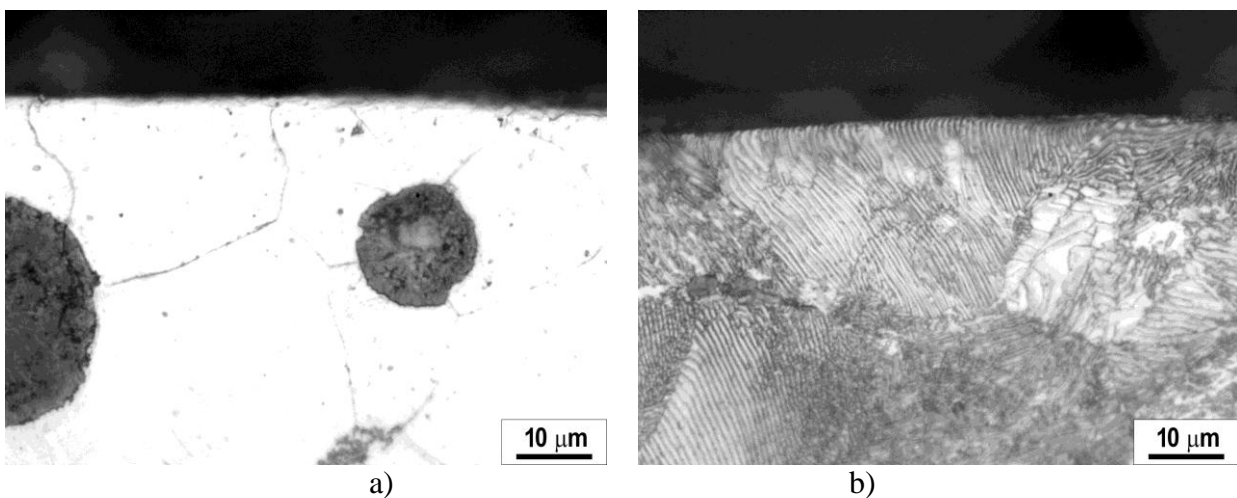
Mehaničke osobine korišćenih materijala date su u tabeli 2. Feritni nodularni liv ima najnižu vrednost zatezne čvrstoće i napona tečenja, ali najveću duktilnost. Pored toga, uzorci DI-F imaju i najmanju tvrdoću, te je očekivano da im je i otpornost na habanje najmanja [34, 35]. ADI materijali imaju povećane mehaničke osobine u odnosu na perlitni nodularni liv, DI-P. ADI-300, sa igličastom mikrostrukturom i najmanjom količinom zadržanog austenite ima najveću zateznu čvrstoću, napon tečenja i tvrdoću, ali najmanje izduženje od testiranih ADI materijala. Nasuprot ADI-400 sa pločastom morfologijom i najvećom količinom zadržanog austenita ima najnižu zateznu čvrstoću, napon tečenja i tvrdoću, ali najveće izduženje. Vrednosti mehaničkih osobina ADI-350 se nalaze između vrednosti ADI-300 i ADI-400.

Tabela 2 Mehaničke osobine korišćenih materijala

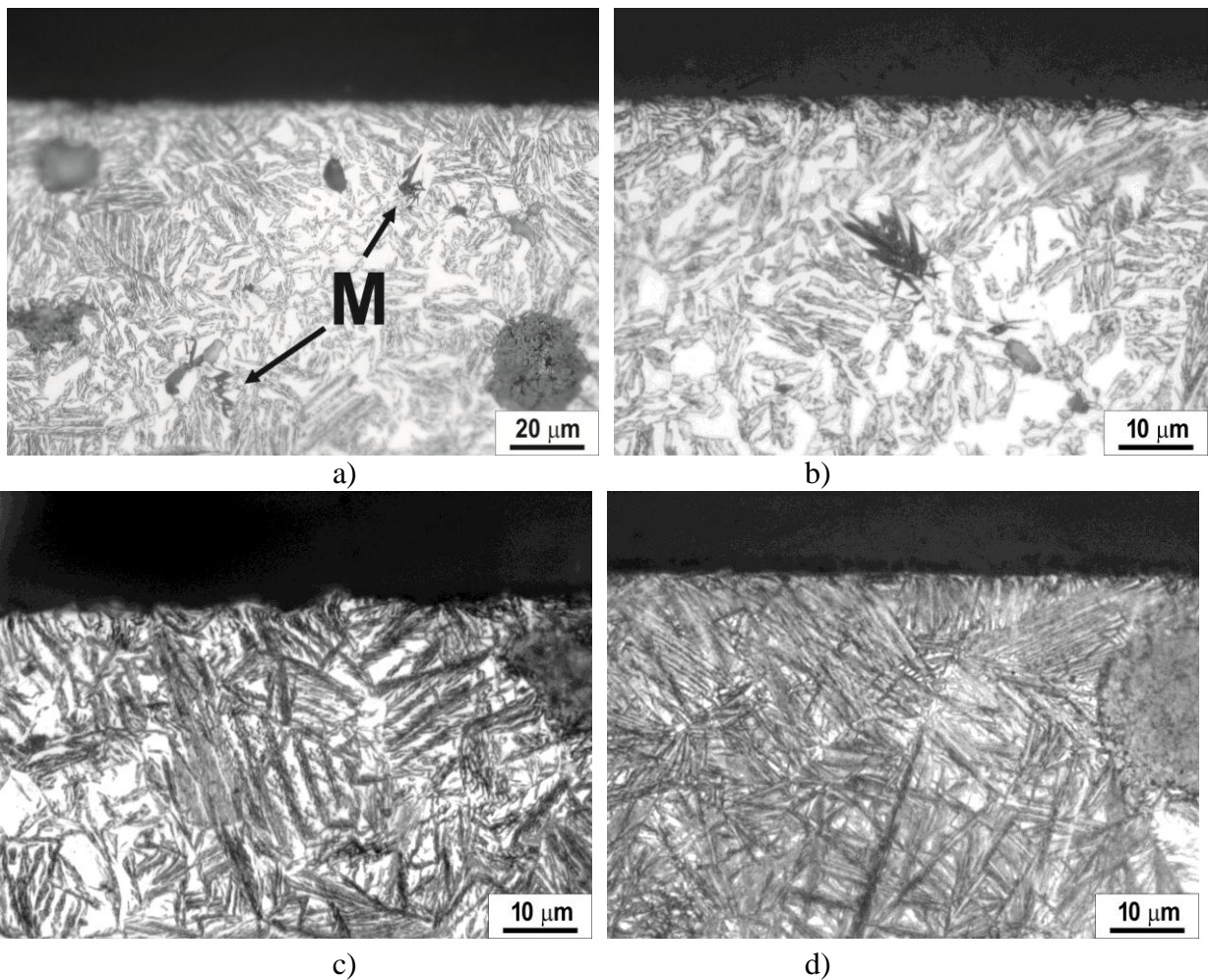
Materijal	Temperatura austemperovanja	Zatezna čvrstoća, R_m [MPa]	Napon tečenja $R_{p0.2\%}$ [MPa]	Izduženje A [%]	Energija udara, K0 [J]	Tvrdoća HV10
DI-F	-	433	314	27.8	144	161
DI-P	-	880	677	3.2	20.5	296
ADI-300	300 °C	1513	1395	3.8	68	470
ADI-350	350 °C	1221	1071	8.2	108	365
ADI-400	400 °C	1042	757	14.2	140	306

5.4 Osobine materijala nakon habanja

Rezultati ispitivanja mikrostrukture poprečnog preseka uzoraka nakon habanja prikazana je na slikama 4 i 5. Na slici 4 vidi se da nakon habanja ne dolazi do plastične deformacije mikrostrukture površinskog sloja uzoraka DI-F i DI-P. Metalna osnova DI-F ukazuje na habanje bez plastične deformacije, što je rezultat relativno male tvrdoće ferita, dok se perlitna metalna osnova DI-P zbog prisustva krstog Fe_3C relativno lako lomi. S druge strane, u metalnoj osnovi uzorka ADI-400, primećen je martenzit, ukoliko su parametri habanja najoštriji: opterećenje 2 kg i najgrublji brusni papir P240, što uzrokuje najveći lokalni napon. Martenzit se formira do dubine od 70 μm , mehanizmom transformacije austenite u martenzit (SATRAM). Kod uzoraka ADI-300 i ADI-350, ova transformacija nije primećena.



Slika 4 Mikrostrukture nodularnih livova, nakon habanja sa opterećenjem 2 kg i brusnim papirom P240: a) DI-F; b) DI-P



Slika 5 Mikrostrukture ADI materijala nakon habanja sa opterećenjem 2 kg i brusnim papirom P240: a) i b) ADI-400 (M-martenzit); c) ADI-350; d) ADI-300

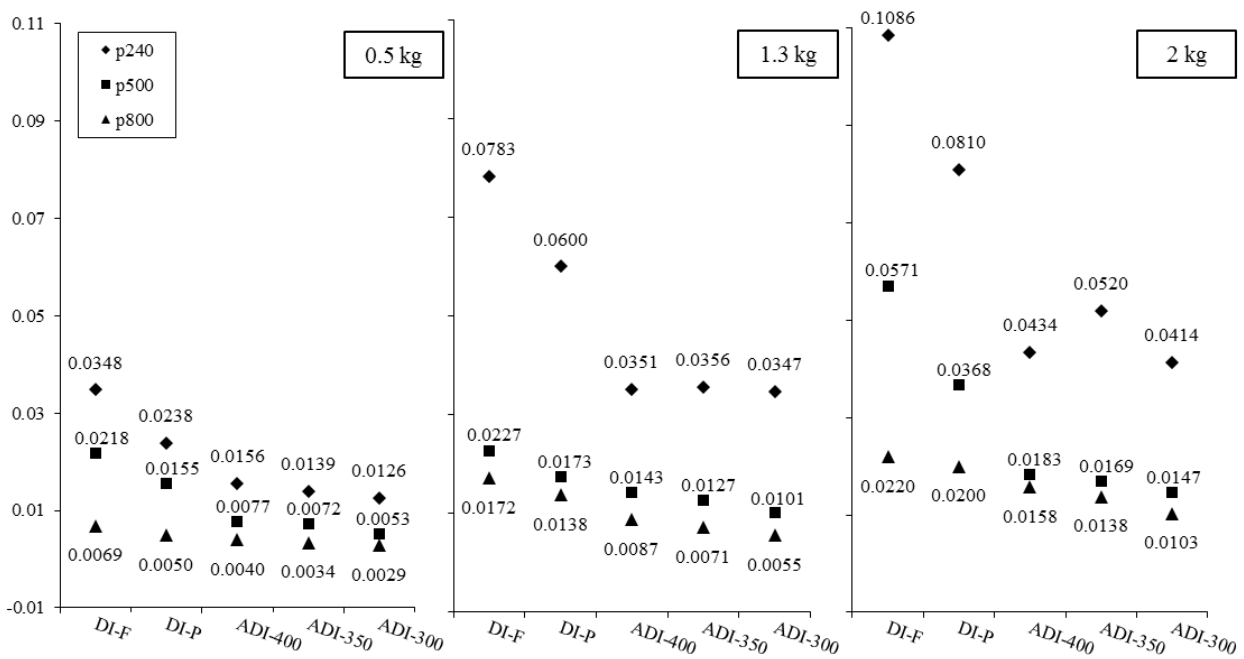
U tabeli 3, prikazani su rezultati difraktografije x-zraka nakon testa habanja sa opterećenjem 2 kg i brusnim papirom P240. Iz tabele 3 može da se vidi da se zapreminski udeo zadržanog austenita smanjuje, u odnosu na udeo pre habanja, tabela 2. U isto vreme, sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu kod uzorka ADI-400 se povećava sa 1,64 na 1,72 %, što ukazuje na to da se zadržani austenit sa najmanjim sadržajem ugljenika transformiše u martenzit, čime se povećava preostali sadržaj ugljenika u austenitu. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima svetlosne mikroskopije, gde je detektovan martenzit upravo kod uzorka ADI-400. Transformacija u martenzit ima pozitivan uticaj na otpornost na habanje [35], Pored toga, prema [36, 37] transformacija u martenzit povećava vrednost eksponenta brzine deformacionog ojačavanja n , što takođe utiče na povećanje otpornosti na habanje [34]. Smanjenje sadržaja zadržanog austenita u uzorcima ADI-300 i 350 je takođe primećeno, tabele 2 i 3. Međutim, kako se metalografskim ispitivanjem pojava martenzita ne može dokazati, može da se konstatuje da se zadržani austenit obogaćen ugljenikom transformiše u ferit i karbide, što je u skladu sa [38]. Ovakva mikrostruktura je sklona inicijaciji prsline zbog prisustva sloja karbida koji ograničavaju plastičnu zonu, što je u skladu sa rezultatima prikazanim u [39].

Tabela 3 Zapreminski udeo zadržanog austenita, sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu i ukupni sadržaj ugljenika u austenitu nakon testa habanja sa brusnim papirom P240 i opterećenjem 2 kg

Temperatura austemperovanja	Zapreminski udeo zadržanog austenita X_γ [%]	Sadržaj ugljenika u zadržanom austenitu C_γ [%]	Ukupni sadržaj ugljenika u austenitu $X_\gamma C_\gamma$ [%]
300 °C	5.1	2.02	0.10
350 °C	18.3	1.85	0.34
400 °C	26.9	1.72	0.46

5.5 Brzine habanja

Brzina habanja u funkciji od veličine abrazivnog zrna i opterećenja je prikazana na slici 6. Na slici 6, može da se vidi jasna razlika između brzine habanja nodularnih livova i ADI materijala, u korist ADI materijala. Brzina habanja perlitnog nodularnog liva je manja u odnosu na feritni, što je očekivano s obzirom na prisustvo cementita u metalnoj osnovi. S druge strane, otpornost na habanje ADI materijala nije kod svih uzoraka, proporcionalna tvrdoći. Najizrazitiji primer su rezultati ispitivanja opterećenjem od 1,3 kg, a naročito 2 kg i brusnim papirom P240. Sa tim parametrima, brzina habanja uzoraka ADI-400 je manja od ADI-350, uprkos manjoj tvrdoći kod ADI-400. Brzina habanja uzorka ADI-400 sa spomenutim parametrima je gotovo kao kod uzorka ADI-300, iako je razlika u tvrdoćama relativno velika (470 HV za ADI-300 i 306 HV za ADI-400). Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima ispitivanja mikrostrukture (slika 5) i rezultatima difrakcije x-zraka (tabela 2) i mogu se objasniti fenomenom transformacije zadržanog austenite u martenzit (SATRAM), koji je naročito izražen upravo kod najoštrijih parametara habanja (najveće opterećenje i najgrublji brusni papir).



Slika 6 Brzine habanja za različite materijale, opterećenja i brusne papiere.

5.6 Uticaj vodene sredine na habanje

Kao što je ranije rečeno, vodena sredina nema negativan uticaj na mehaničke osobine feritnog nodularnog liva, dok na mehaničke osobine perlitnog nodularnog liva ima izrazito negativan uticaj, posebno na duktilnost. Pored toga, utvrđeno je da je ADI materijal austemperovan na višim temperaturama otporniji na dejstvo vode u odnosu na ADI materijal otpušten na nižim temperaturama [24, 28]. Na osnovu toga, ukoliko bi efekat negativnog dejstva vode imao uticaj na otpornost na habanje, očekivano bi bilo da je otpornost na habanje uzroka DI-P manja u odnosu na DI-F. Međutim, eksperimentalnim ispitivanjem je utvrđeno da DI-F ima manju otpornost na habanje u odnosu na DI-P. Takođe, nije primećeno smanjenje otpornosti na habanje materijala ADI-300 u odnosu na ADI-400 (posebno na nižim opterećenjima i finijim brusnim papirima), te može da se konstatuje da otpornost na habanje nije uslovljena prisustvom vode kao što je to slučaj sa za zateznom čvrstoćom, naponom tečenja i naročito izduženjem (duktilnošću).

6. SUŠTINA TEHNIČKOG REŠENJA

U nastavku je navedeni postupak proizvodnje nelegiranog ADI materijala poboljšane otpornosti na abrazivno habanje visoke duktilnosti i otpornosti na udarce.

Polazni materijal: EN-GJS-400-15

Hemijski sastav:

C%	Si%	Mn%	Mg%	P%	S%
3.60±0.20	2.50±0.20	0.30±0.10	0.030±0.010	<0.04	<0.02

Mikrostruktura: Ferit

Morfologija grafita: prosečni udeo grafita u zapremini od 10 do 12 %, stepen sferodizacije nodula preko 90 %, gustina nodula od 150 do 200 nodula/mm² veličina nodula od 25 do 30 µm.

Termička obrada: Austenitizacija na 900°C u trajanju od 2 h

Izotermna transformacija 400°C u trajanju 1 h

Otpornost na abrazivno habanje: Poboljšana u uslovima povišenog pritiska (2 kg) i grubog abrazivnog sredstva (P240), uz zadržavanje niske tvrdoće, visoke duktilnosti i otpornosti na udare.

Mehaničke osobine:

Materijal	Zatezna čvrstoća, R _m [MPa]	Napon tečenja R _{p0.2%} [MPa]	Izduženje A [%]	Energija udara, K0 [J]	Tvrdoća HV10
ADI-400	1042	757	14.2	140	306

7. NAČIN INDUSTRIJSKE ILI DRUGE PRIMENE TEHNIČKOG REŠENJA

Primena tehničkog rešenja je moguća u svakoj livnici ili metaloprerađivačkom pogonu koji su u stanju da proizvedu (ili kupe) polazni materijal datih karakteristika i poseduju odgovarajuću opremu za termičku obradu.

8. VERIFIKACIJA REZULTATA

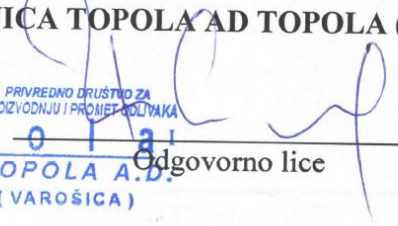
Naučna verifikacija rezultata ispitivanja je sprovedena eksperimentalnim istraživanjem, koje je rezultovalo radom u međunarodnom časopisu kategorije M21 Wear (Elsevier), koji je u toku razmatranja, a dodeljen mu je broj IH-9634.

Na osnovu uspešne naučne i stručne verifikacije rezultata, tehničko rešenje je prihvaćeno za uvođenje u proizvodnju od strane korisnika tehničkog rešenja PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I PROMET ODLIVAKA LIVNICA TOPOLA A.D. TOPOLA (VAROŠICA) u 2014. godine.

za PRIVREDNO DRUŠTVO ZA PROIZVODNJU I PROMET ODLIVAKA
LIVNICA TOPOLA AD TOPOLA (VAROŠICA)

LIVNICA PRIVREDNO DRUŠTVO ZA
PROIZVODNJU I PROMET ODLIVAKA
T o p o l a
LIVNICA TOPOLA A.D.
TOPOLA (VAROŠICA)

Odgovorno lice



9. LITERATURA (stanje rešenosti tehničkog problema u svetu)

- [1] Harding, R.A. The production, properties and automotive applications of austempered ductile iron, *Kovove Mater.*, 45, (2007), 1-16.
- [2] Elliot, R.: The Role of Research in Promoting Austempered Ductile Iron, *Heat Treatments of Metals*, 3, (1997), 55-59
- [3] Johansson, M.: Replacing Steel Components with ADI, *Casting 1997 - International ADI and Simulation Conference*, Helsinki, Finland, 28-30 May (1997), 1-13
- [4] *Ductile Iron Data for Design Engineers*, Published by Rio Tinto Iron & Titanium, Inc., Montreal, Canada (1998)
- [5] Kovacs, B. V.: On the Terminology and Structure of ADI, *AFS Transactions*, 83, (1994), 417-420
- [6] Shih, T.S., Lin, P.Y., Chang, C.H., Loper, C.R.: A Study of the Austempering of a Ni-Cu Alloyed Ductile Iron, *AFS Transactions*, 142, (1990), 609-630
- [7] Sidjanin, L., Smallman, R.E.: Metallography of bainitic transformation in austempered ductile iron, *Materials Science and Technology*, 8, (1992), 1095-1103
- [8] Sidjanin, L., Smallman, R.E., Boutorabi, S.M.: Microstructure and fracture of aluminium austempered ductile iron investigated using electron microscopy, *Materials Science and Technology*, 10, (1994), 711-720.
- [9] Sidjanin, L., Smallman, R. E., Young, J. M.: Electron microstructure and mechanical properties of silicon and aluminium ductile iron, *Acta metall. mater.*, 42/9, (1994), 3149-3156
- [10] Rajnović, D., Stojaković, D., Šidjanin, L.: Postupak karakterizacije mikrostrukture ADI materijala, *Časopis Tehnika-Novi materijali*, 12/1, (2003), 9-16.
- [11] Shih, T.S., Chang, C.H., Hwang, L.Z., Loper, C.R.: Mechanical Properties and Microstructures of Austempered Alloyed Ductile Irons, *AFS Transactions*, 107, (1991), 793-808
- [12] Shih, T.S., Chang, C.H., Ou, Z.D.: Mechanical Properties and Microstructures of Copper Alloyed ADI, *AFS Transactions*, 71, (1993), 857-872
- [13] Bahmani, M., Elliott, R., Varahram, N.: The austempering kinetics and mechanical properties of an austempered Cu-Ni-Mo-Mn alloyed ductile iron, *Journal of Materials Science*, 32/18, (1997), 4783-4791
- [14] Bayati, H., Elliott, R.: Role of austenite in promoting ductility in an austempered ductile iron, *Materials Science and Technology*, 13/4, (1997), 319-326
- [15] Batra, U., Ray, S, Prabhakar, S. R.: Austempering and Austempered Ductile Iron Microstructure in Copper Alloyed Ductile Iron, *Jurnal of Materials Engineering and Performance*, 12/4, (2003), 426-429
- [16] Eric, O., Rajnovic, D., Sidjanin, L., Zec, S., Jovanovic, M.T.: An austempering study of ductile iron alloyed with copper, *Journal of Serbian Chemical Society*, 70, (2005) 1015-1022.
- [17] Eric, O., Jovanovic, M., Sidjanin, L., Rajnovic, D., Zec, S.: The austempering study of alloyed ductile iron, *Materials and Design*, 27, (2006), 617-622.
- [18] Eric, O., Rajnovic, D., Zec, S., Sidjanin, L., Jovanovic, M.T.: Microstructure and fracture of alloyed austempered ductile iron, *Materials Characterization*, 57, (2006), 211-217.
- [19] Y. Sahin, O. Durak, Abrasive wear behaviour of austempered ductile iron, *Mater. Des.* 28 (6) (2007) 1844-1850.

- [20] J. Hemanth, Wear characteristics of austempered chilled ductile iron, *Mater. Des.* 21 (3) (2000) 139-148.
- [21] Y. Sahin, M. Erdogan, V. Kilicli, Wear behavior of austempered ductile irons with dual matrix structures, *Mater. Sci. Eng. A*, 444 (1-2) (2007) 31–38.
- [22] K. Shimizu, T. Noguchi, T. Yamaguchi, T. Kamada, Basic study on erosive wear of ductile iron, *AFS Trans.*, 102 (1994) 285–289.
- [23] Y. Osafune, Y. Tanaka, Self-hardening behavior by water and sand-erosion wear on austempered spheroidal graphite cast iron, *Jpn. Foundry Eng. Soc.*, 73 (2) (2001) 105–110.
- [24] S. Komatsu, Y. Osafune, Y. Tanaka, K. Tanigawa, S. Shibutani, H. Kyogoku, Influence of water embrittlement effect on mechanical properties of ADI, *Int. J. Cast. Metal. Res.*, 16 (1-3) (2003) 209-214
- [25] Yu-Hua Song, Truan-Sheng Lui, Li-Hui Chen, Jenn-Ming Song, Effect of Nodular Graphite on the Deterioration of Vibration Fracture Resistance of Ferritic Cast Iron under an Aqueous Environment, *Materials Transactions*, Vol. 44, No. 7 (2003) pp. 1461 to 1468
- [26] M. Caldera, R. A. Martinez, R. E. Boeri, J. A. Sikora, Evaluation of water embrittlement on 'dual phase' ADI, *Fatigue Fract Engng Mater Struct* 34, 2011, 774–781
- [27] N. Shiraki, Y. Sugiyama, T. Imai, Effects of Water and Humidity on Fracture Toughness of Spheroidal Graphite Cast Iron, *Journal of Japan Foundry Engineering Society*, 77 (3), 2005, 167-172
- [28] R.A. Martinez, R.E. Boeri, J.A. Sikora, *Int. J. Cast. Metal. Res.*, 13 (1) (2000) 9-15; L. Masud, R. Martinez, S. Simison, R. Boeri, *J. Mater. Sci.*, 38 (13) (2003) 2971-2977
- [29] L. Caballero, M. Elices, R.N. Parkins, *Corrosion*, 61 (1) (2005) 51-57.
- [30] Q.Z. Cai, B.K. Wei, Fatigue properties of austempered ductile iron (ADI) in water environment, *Acta Metallurgica Sinica*, 17, 2004, 122-130
- [31] Y.H. Song, T.S. Lui, L.H. Chen, J.M. Song, Effect of Nodular Graphite on the Deterioration of Vibration Fracture Resistance of Ferritic Cast Iron under an Aqueous Environment, *Materials Transactions*, Vol. 44, No. 7 (2003) pp. 1461 to 1468
- [32] L. Masud, R. Martinez, S. Simison, R. Boeri, *J. Mater. Sci.*, 38 (13) (2003) 2971-2977
- [33] J. Yang, S.K. Putatunda, Influence of a novel two-step austempering process on the strain-hardening behavior of austempered ductile cast iron (ADI), *Mat. Sci. Eng. A-Struct.* 382 (1-2), (2004) 265-279.
- [34] U. Batra, N. Batra, J.D. Sharma, Wear Performance of Cu-Alloyed Austempered Ductile Iron, *J. Mater. Eng. Perform.* 22(4) (2013) 1136-1142.
- [35] J. Zhang, N. Zhang, M. Zhang, D. Zeng, Q. Song, L. Lu, Rolling–sliding wear of austempered ductile iron with different strength grades, *Wear* 318 (2014) 62–67.
- [36] J. Yang, S.K. Putatunda, Influence of a novel two-step austempering process on the strain-hardening behavior of austempered ductile cast iron (ADI), *Mat. Sci. Eng. A-Struct.* 382 (1-2), (2004) 265-279.
- [37] S. Daber, K.S. Ravishankar, P. Prasad Rao, Influence of austenitising temperature on the formation of strain induced martensite in austempered ductile iron, *J. Mater. Sci.* 43 (2008) 4929–4937.
- [38] C.Z. Wu, Y.J. Chen, T.S. Shih, Phase transformation in austempered ductile iron by microjet impact, *Mater. Charact.* 48 (2002) 43–54.
- [39] L. Sidjanin, R. E. Smallman, S. M. Boutarabi, Microstructure and fracture of aluminium austempered ductile iron investigated using electron microscopy, *Mater. Sci. Tech.-Lond.* 10 (8) (1994) 711-720.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
БРОЈ: 1984/3
ДАТУМ: 31.10.2014.

На основу захтева др Оливере Ерић Цекић, вишег научног сарадника Иновационог центра Машинског факултета Универзитета у Београду, бр. 1984/1 од 14.10.2014. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 30.10.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се Техничко решење под насловом: **„Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање“**, чији су аутори: др Себастиан Балаш, Факултет техничких наука, Нови Сад, мр Драган Рајновић, Факултет техничких наука, Нови Сад, проф. др Лепосава Шиђанин, Факултет техничких наука, Нови Сад, Мирослав Драмићанин, Факултет техничких наука, Нови Сад, Данка Лабус, Факултет техничких наука, Нови Сад и др Оливера Ерић Цекић, виши научни сарадник

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милорад Милованчевић



T L O V P N O C I A A D

Broj	Datum
845	09.10.2014.

LIVNICA TOPOLA A.D.

Предмет: Мишљење о прихваћеном техничко- развојном решењу под називом:

„Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање“

У оквиру пројекта финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Републике Србије, бр. ТР34015, под називом „Пројектовање, развој и примена нове генерације АДИ материјала“, руководиоца пројекта др Оливера Ерић Цекић, за период 2011-2015. г., током четврте године истраживања (у периоду од маја до децембра 2014.год.) развијена је битно побољшана технологија производње АДИ материјала до концепције техничког решења под називом:

„Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање“

Аутора: Др Себастиан Балаш, Факултет техничких наука, Нови Сад
Мр Драган Рајновић, Факултет техничких наука, Нови Сад
Проф Др Лепосава Шиђанин, Факултет техничких наука, Нови Сад
Мирослав Драмићанин, Факултет техничких наука, Нови Сад
Данка Лабус, Факултет техничких наука, Нови Сад
Др Оливера Ерић Цекић, Иновациони центар Машинског факултета у Београду

У својству корисника резултата овог техничког решења, стручни тим „ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ И ПРОМЕТ ОДЛИВАКА ЛИВНИЦА ТОПОЛА АД ТОПОЛА (ВАРОШИЦА)“ је разматрао постигнуте резултате и у потпуности је сагласан са њима. У оквиру предметног техничког решења дат је поступак производње нелегираних АДИ материјала са битно побољшаном отпорношћу на абразивно хабање, уз задржавање високе дуктилности и отпорности на удар.

Предметно техничко решење се прихвата за производњу, а реализоваће се у складу са нашом стратегијом пословања и развојним активностима.

Имајући у виду значај истраживања АДИ материјала, сматрамо да даља истраживања у овој области и на овом пројекту треба наставити.

Достављено:

Руководиоцу пројекта ТР34015 и
Архиви ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ И ПРОМЕТ ОДЛИВАКА
ЛИВНИЦА ТОПОЛА АД ТОПОЛА (ВАРОШИЦА)

Корисник техничког решења:

ПРИВРЕДНО ДРУШТВО ЗА ПРОИЗВОДЊУ И ПРОМЕТ
ОДЛИВАКА ЛИВНИЦА ТОПОЛА АД ТОПОЛА (ВАРОШИЦА)

LIVNICA PRIVREDNO DRUSTVO ZA
PROIZVODNJU I PROMET ODLIVAKA
T o p o l a
LIVNICA TOPOLA A.D.
TOPOLA (VAROŠICA)

Радован Илић, Генерални директор

Privredno društvo za proizvodnju i promet odlivaka Livnica Topola a. d.
Ul. Pilota Zorana Tomića br.23, 34 310 Topola, Srbija
Telefon / Fax +381 (0) 34 617 01 72
e-mail: office@livnicatopola.rs
Matični broj 07631618; Poreski broj 101225314

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
БРОЈ: 1984/2
ДАТУМ: 17.10.2014.

На основу захтева др Оливере Ерић Цекић, вишег научног сарадника Иновационог центра Машинског факултета Универзитета у Београду, бр. 1984/1 од 14.10.2014. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 16.10.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Да се за рецензенте Техничког решења под насловом: „**Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање**“, чији су аутори: др Себастиан Балаш, Факултет техничких наука, Нови Сад, мр Драган Рајновић, Факултет техничких наука, Нови Сад, проф. др Лепосава Шиђанин, Факултет техничких наука, Нови Сад, Мирослав Драмићанин, Факултет техничких наука, Нови Сад, Данка Лабус, Факултет техничких наука, Нови Сад и др Оливера Ерић Цекић, виши научни сарадник, именују:

- др Бојан Бабић, ред. проф. Машинског факултета у Београду и
- др Александар Седмак, ред. проф. Машинског факултета у Београду

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милорад Милованчевић

Универзитет у Београду
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У БЕОГРАДУ
-Наставно научном већу-
11000 Београд
Улица Краљице Марије 16

Предмет:

Мишљење рецензента о техничком решењу под насловом

**ПОСТУПАК ПРОИЗВОДЊЕ
НЕЛЕГИРАНИХ АДИ МАТЕРИЈАЛА СА ПОБОЉШАНОМ ОТПОРНОШЋУ НА
АБРАЗИВНО ХАБАЊЕ**

Чији су аутори:

Др Себастиан Балаш,	Факултет техничких наука, Нови Сад
Мр Драган Рајновић,	Факултет техничких наука, Нови Сад
Проф. Др Лепосава Шиђанин,	Факултет техничких наука, Нови Сад
Мирослав Драмићанин,	Факултет техничких наука, Нови Сад
Данка Лабус,	Факултет техничких наука, Нови Сад
Др Оливера Ерић-Цекић,	Иновациони центар Машинског факултета у Београду

Техничко решење је урађено у оквиру пројекта ТР 34015, по програму за технолошки развој, област Материјали и хемијске технологије, а под насловом:

„Пројектовање, развој и примена нове генерације АДИ материјала“,
руководилац пројекта др Оливера Ерић Цекић, ев.број број 451-03-694/2014-14 -1 од 29. априла 2014. Године Анекс III основног уговора о реализацији Пројекта ТРп у периоду мај -децембар 2014. као четврте године истраживања у циклусу 2011-2015. године.

Образложење:

Одлуком број 1984/2 од 17.10.2014.године Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду, донетој на седници одржаној 16.10.2014.године, одређен сам за рецензента поменутог техничког решења, па у складу са тим, дајем своје мишљење, а на основу достављене документације.

Основни подаци о Техничком решењу:

-укупан број страница	14
-број скица	6
- урађено је у складу са	Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно- истраживачких резултата (СГ РС број 38/2008)

Техничко решење под насловом: „**Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање**“ је обрађено кроз девет поглавља и то

1. Област технике на коју се техничко решење односи
2. Увод
3. Технички проблем
4. Стање решености техничког проблема у свету
5. Детаљан опис техничког решења
6. Суштина техничког решења
7. Начин индустријске или друге примене техничког решења
8. Верификација резултата
9. Литература (стање решености техничког проблема у свету)

У првом делу аутори дају фундаменталне подлоге истраживања и његово стање решености у свету, истичући да се индустријски захтеви данас постављају пред конструкторе примену нових материјала или прилагођавање постојећих материјала применом нових технологија обраде, што обезбеђује високе перформансе, уз релативно ниске трошкове изградње. У таквим условима, примена АДИ материјала (Austempered Ductile Iron) за пољопривредну, грађевинску и рударску механизацију подразумева контакт тих компоненти са абразивном средином попут земље, песка или камена. Обзиром да абразивно хабање представља врло озбиљан проблем који може озбиљно да ограничи радни век компоненте, јавља се тенденција дефинисања поступка производње АДИ материјала побољшане отпорности на абразивно хабање високе дуктилности и отпорности на ударце.

АДИ материјали се добијају изотермалном трансформацијом нодуларног лива- процесом аустемперовања, при чему се варирањем параметара термичког третмана могу добити изванредне механичке особине у широком дијапазону. Резултат аустемперовања нодуларног лива, на основу којег се производи АДИ материјал, јесте аусферитна микроструктура. Технологија производње приказаног нелегираниог АДИ материјала обухватила је следеће фазе: добијање полазног материјала нодуларног лива дефинисаног хемијског састава, производња и ливење нодуларног лива Y проба, карактеризација полазног нодуларног лива, поступак термичког третмана -аустемперовање полазног нодуларног лива, карактеризација АДИ материјала (микроструктурна и механичка испитивања), испитивање на абразивно хабање. Ово техничко решење показује да се особине АДИ материјала могу битно побољшати на абразивно хабање одређивањем оптималног хемијског састава и правилним избором технологије топљења и обраде растопа, ливења и термичке обраде, што подразумева познавање механизма и природе тих процеса.

Наведене су и детаљно описане методе карактеризације полазног нодуларног лива и произведеног АДИ материјала као и резултати испитивања микроструктуре полазних

нодуларних ливова, произведених АДИ материјала, рендгеноструктурна испитивања, испитивање механичких особина материјала пре и након хабања. Испитивање на абразивно хабање изведено је методом „pin-on disc“.

Кроз поглавље **Суштина техничког решења** дат је поступак производње нелегираног АДИ материјала побољшане отпорности на абразивно хабање у условима повишеног притиска (2kg) и грубог абразивног средства (P240), уз задржавање ниске тврдоће, високе дуктилности и отпорности на ударе.

Провера и верификација техничког решења проистекла из обимних истраживања спроведених у оквиру реализације пројекта TR34015 је спроведена експерименталним истраживањем.

Потенцијални корисник „Привредно друштво за производњу и промет одливака ливница Топола а.д. Топола (Варошица)“ је имао континуирани увид у ток истраживања као и у постигнуте резултате. Корисник је остварио увид у техничку документацију предложеног техничког решења као и у мишљење рецензента о квалитету и значају постигнутог техничког решења. Мишљење корисника је састави део техничког решења и дато је у прилогу извештаја о реализацији пројекта TR34015.

Аутори техничког решења под називом „**Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање**“ су јасно приказали и обрадили комплетну структуру техничког решења.

На основу напред изложеног, са задовољством предлажем да Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду прихвати техничко решење под насловом „**Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање**“ и сврста га у категорију М-84, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата (СГ РС број 38/2008).

У Београду, 22.10. 2014. Године

Рецензент



Др Александар Седмак, ред. проф. Машинског факултета у Београду

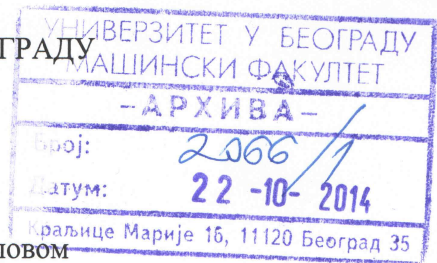
Уно: Технологија материјала и машински материјали

Универзитет у Београду
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У БЕОГРАДУ

-Наставно научно већу-

11000 Београд

Улица Краљице Марије 16



Предмет: Мишљење рецензента о техничком решењу под насловом

**ПОСТУПАК ПРОИЗВОДЊЕ
НЕЛЕГИРАНИХ АДИ МАТЕРИЈАЛА СА ПОБОЉШАНОМ ОТПОРНОШЋУ НА
АБРАЗИВНО ХАБАЊЕ**

Чији су аутори:

Др Себастиан Балаш,
Мр Драган Рајновић,
Проф. Др Лепосава Шиђанин,
Мирослав Драмићанин,
Данка Лабус,
Др Оливера Ерић-Цекић,

Факултет техничких наука, Нови Сад
Факултет техничких наука, Нови Сад
Факултет техничких наука, Нови Сад
Факултет техничких наука, Нови Сад
Факултет техничких наука, Нови Сад
Иновациони центар Машинског факултета у Београду

Техничко решење је урађено у оквиру пројекта ТР 34015, по програму за технолошки развој, област Материјали и хемијске технологије, а под насловом:

„Пројектовање, развој и примена нове генерације АДИ материјала“,
руководилац пројекта др Оливера Ерић Цекић, е.број број 451-03-694/2014-14 -1 од 29. априла 2014. Године Анекс III основног уговора о реализацији Пројекта ТРп у периоду мај -децембар 2014. као четврте године истраживања у циклусу 2011-2015. године.

МИШЉЕЊЕ

Одлуком број 1984/2 од 17.10.2014.године Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду, донетој на седници одржаној 16.10.2014.године, одређен сам за рецензента поменутог техничког решења, па у складу са тим, дајем своје мишљење, а на основу достављене документације.

Техничко решење представљено је на 14 страна, обухвата 3 табеле и 6 слика. Техничко решење је урађено у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата (СГ РС број 38/2008).

Садржај техничког решења под насловом: **„Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање“** је приказан кроз следеће целине

обработком- аустемперовањем, док се температура и време термичке обраде одређују у зависности од жељене микроструктуре и особина. АДИ материјали су добијени термичким третманом феритног нодуларног лива (DI-F). Након машинске обраде, извршен је термички третман са следећим параметрима: температура аустенитизације 900°C, време аустенитизације 1h, у коморној пећи са атмосфером аргона, након чега је извршена изотермална трансформација на три температуре 300°C, 350°C и 400°C у времену од 1h у соном купатилу са 50-50% NaNO₂-KNO₃. На тај начин су добијене три врсте АДИ материјала означене као АДИ300, АДИ350 и АДИ400.

На основу укупног сагледавања и анализе својстава и структуре испитиваног материјала, овим техничким решењем, предност је дата материјалу АДИ-400. У делу **Суштина техничког решења** је наведен поступак производње нелегираног АДИ материјала побољшане отпорности на абразивно хабање високе дуктилности и отпорности на ударце. Овакав квалитетан АДИ материјал побољшане отпорности на абразивно хабање, минималне затезне чврстоће 1042МПа, напона течења 757МПа, издужење 14,2%, енергије удара 140J и тврдоће 306 HV10, може да се произведе термичком обработком – аустемперовањем полазног нодуларног лива EN-GJS-400-15.

На основу анализе приложеног техничког решења, подносим следећи

ЗАКЉУЧАК

Приложена документација техничког решења „**Поступак производње нелегираних АДИ материјала са побољшаном отпорношћу на абразивно хабање**“ који представља резултат пројекта TP34015 припремљена је у складу са Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата (СГ РС број 38/2008) и пружа све неопходне информације о области на које се техничко решење односи као проблем који се њиме решава.

На основу предходног образложења предлажем Наставно научно већу Машинског факултета у Београду, да техничко решење прихвати и сврста га у категорију М84-Битно побољшан постојећи производ или технологија (уз доказ) поменутог правилника.

У Београду, 22.10. 2014. Године

Рецензент

Проф др Бојан Бабић, редовни професор
Машински факултет у Београду, Београд
Унос: Производно машинство

