

<https://doi.org/10.24867/JPE-1992-09-073>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Kakaš D., Paljić D., Škorić B., Bajić V.

PRILOG ISTRAŽIVANJU KORELACIJE TVRDOĆE I OTPORNOSTI NA HABANJE IZOTERMALNO POBOLJŠANOG NODULARNOG LIVA

CONTRIBUTION TO INVESTIGATION OF CORRELATION BETWEEN HARDNESS AND WEAR RESISTANCE AT AUSTEMPERED DUCTILE IRON

Summary

In this paper the correlation between hardness and wear resistance at austempered ductile iron was investigated. The different type of structure in the samples was produced by vary the parameters of heat treatment. Wear resistance was investigated at the universal testing machine Amsler, applying the high specific load during the roll with 10% of sliding. The intensivity of wear was controled by meassuring the loss of weight and changes in wear surface hardness. The morphology of wear surface was investigated by scanning electron microscopy.

Influence of heat treatment parameters at structure of austempered ductile iron was analysed by light microscopy and also by scanning electron microscopy at fracture surface.

The results shows that significant influence of hardness exist, but in the specific case inside the group of samples with very similiary hardness (but with difference in structure) significant difference in wear resistance appears.

Kakaš dr Damir, vanr. prof., Paljić Damir, dipl. ing., Škorić Branko, dipl. ing., asistent, Bajić mr Vladimir, dipl. ing., asistent Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V. Perića-Valtera 2.

Rezime

U radu je analizirana veza između tvrdoća izotermalno poboljšanog nodularnog liva, dobijene pri različitim uslovima termičke obrade, i otpornosti na habanje pri visokim kontaktnim opterećenjima. Za ispitivanje je korišćena univerzalna habalica tipa AMSLER a intenzitet habanja je meren u uslovima suvog trenja kotrljanjem sa 10% klizanja na dodirnoj površini. Intenzitet habanja je meren preko promene težine uzorka, kao i putem izmene tvrdoće materijala na ishabanoj površini. Morfologija ishabane površine je kontrolisana pomoću skenirane elektronske mikroskopije a struktura je analizirana svetlosnom mikroskopijom. Dobijeni rezultati pokazuju da postoji značajan uticaj tvrdoće na otpornost prema habanju, iako se kod odredjenih uzoraka pri relativno sličnoj tvrdoći javljaju značajna odstupanja u veličini otpornosti na habanje zavisno od struktura koje su dobijene pri različitim parametrima termičke obrade.

1. UVOD

Otpornost na habanje je izuzetno značajna osobina izotermalno poboljšanog nodularnog liva, a ona u velikoj meri zavisi od rezultata termičke obrade pri izotermalnom poboljšanju /1,2/. Kada se radi o zupčaniku, izradjenom od ovog materijala potrebno je istovremeno postići dva važna svojstva:

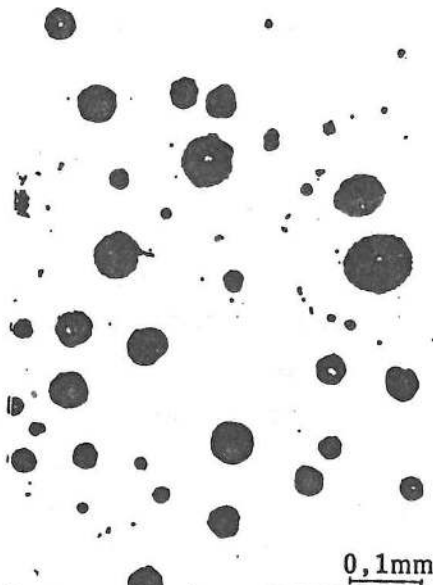
- visoku otpornost na habanje pri kotrljanju sa klizanjem, što je bitno za kvalitet evolventne površine zuba,
- visoku čvrstoću i posebno visoku žilavost, što je bitno za zonu u korenu zuba gde deluju najveći savojni naponi i gde je lom zuba najčešći.

Variranjem parametara termičke obrade pri izotermalnom poboljšanju moguće je dobiti optimalan odnos između žilavosti i tvrdoće /3/. Izborom niže temperature izotermalne transformacije postižu se veće tvrdoće, dok se izborom višlje temperature postižu višlje vrednosti za žilavost /4/. Sem ovog parametra, na rezultate izotermalnog poboljšanja veoma bitno utiču i trajanje procesa austenitizacije, odnosno trajanje izotermalne transformacije jer mogu više ili manje da utiču na strukturu /5/.

Cilj ovog rada je da ukaže na neke rezultate dobijene pri istraživanju fenomena habanja kod različito termički obradjenog nodularnog liva, pri čemu su varirani: temperatura austenitizacije, vreme austenitizacije, vreme austemperovanja i trajanje austemperovanja.

2. POSTAVKA EKSPERIMENTA

Za ispitivanje je korišćen nelegirani perlitni nodularni liv NL-70, sa polaznim stanjem strukture (pre izotermalnog poboljšanja) datim na slikama 1. i 2.



Sl.1. Nenagrižena struktura perlitnog nodularnog liva

Fig.1. Annotated structure of pearlitic ductile iron



Sl.2. Perlitna struktura nodularnog liva

Fig.2. Structure of pearlitic ductile iron

Uzorci za ispitivanje habanja izradjeni su u obliku rolnica sa dimenzijama $\emptyset 50 \times \emptyset 16 \times 10$ mm. Epruvete su isečene samo iz donjeg dela odlivene Y probe izradjene po JUS C.A4.002, a u cilju postizanja što ujednačenijeg kvaliteta materijala epruvete.

Spregnute epruvete su izradjene od čelika za cementaciju Č.4320 koje su cementirane na dubinu 0,8 mm a zatim otvrdnute na 60-61 HRC. Kod obe vrste epruveta površine habanja su prethodno bile brušene, radi postizanja istovetne hrapavosti kod svih uzoraka, ali i zbog postizanja optimalnog naleganja spregnutih površina trenja.

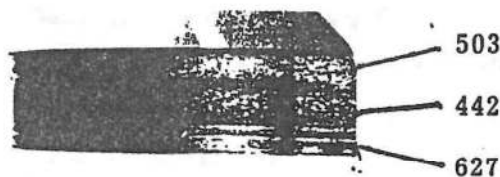
Termička obrada nodularnog liva je vršena sa dva različita postupka:

- a) Austenitizacija na 880°C u trajanju od 1 do 5 časova, a zatim izotermalna transformacija na 400°C u trajanju od 1 do 5 časova.
- b) Austenitizacija na 900°C u trajanju od 1 do 5 časova a zatim izotermalna transformacija na 300°C u trajanju od 1 do 5 časova.

Ispitivanje habanjem je vršeno na uređaju Amsler pri opterećenju od 100 N, pri kotrljanju sa 10% klizanja a u toku habanja nije vršeno podmazivanje. Intenzitet habanja je kontrolisan nakon 10, 20 i 60 minuta merenjem promene težine uzorka. Nakon 60 min. habanja izvršeno je merenje promene tvrdoće epruvete na habanoj površini u cilju provere da li se ovim putem mogu dobiti podaci o otpornosti materijala prema habanju.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U toku procesa habanja pojavljuje se manji ili veći porast tvrdoće na samoj površini habanja što svedoči o određenim promenama u kvalitetu materijala površinskog sloja ispitivane epruvete i ukazuje da se struktura izotermalno poboljšanog nodularnog liva transformiše u toku samog procesa habanja. Rezultati tvrdoće pri tome variraju zavisno od mesta merenja (slika 3.) iako se nakon većeg broja merenja na samoj površini habanja mogu dobiti srednje vrednosti površinske tvrdoće. Ove vrednosti su i uvrštene u tabelama T-1. i T-2. kao jedan od kriterijuma za ocenu otpornosti na habanje. U tim tabelama je data i polazna vrednost tvrdoće epruvete uzorka, kao rezultat izotermalnog poboljšanja sa određenim parametrima procesa, dobijena merenjem tvrdoće na boku epruvete na mestu koje nije pretrpelo nikakve promene u toku procesa habanja.



Sl.3. Tvrdoća merena metodom Vikers (100 N) na površini habanja
Fig..3. Hardness (HV_{10}) measured on wear surface

Na nekoliko tipičnih uzoraka biće prikazana veza izmedju strukture i tvrdoće a u tu svrhu su izabrani sledeći uzorci:

- uzorak F3 - koji je termički obradjen na $T_A = 900^{\circ}C$ i $T_P = 300^{\circ}C$ u cilju dobijanja relativno visoke tvrdoće i_P
Vreme austenitizacije 2,2 časa i vreme izotermalnog poboljšavanja 2,2 časa
- uzorak F2 - termički obradjen na istim temperaturama ali je vreme austenitizacije 5 časova a vreme izotermalnog poboljšavanja 1 čas

TABELA T-1. ($T_A=880^{\circ}\text{C}$, $T_{ip}=400^{\circ}\text{C}$) Zavisnost tvrdoće i otpornosti na habanje od parametara termičke obrade

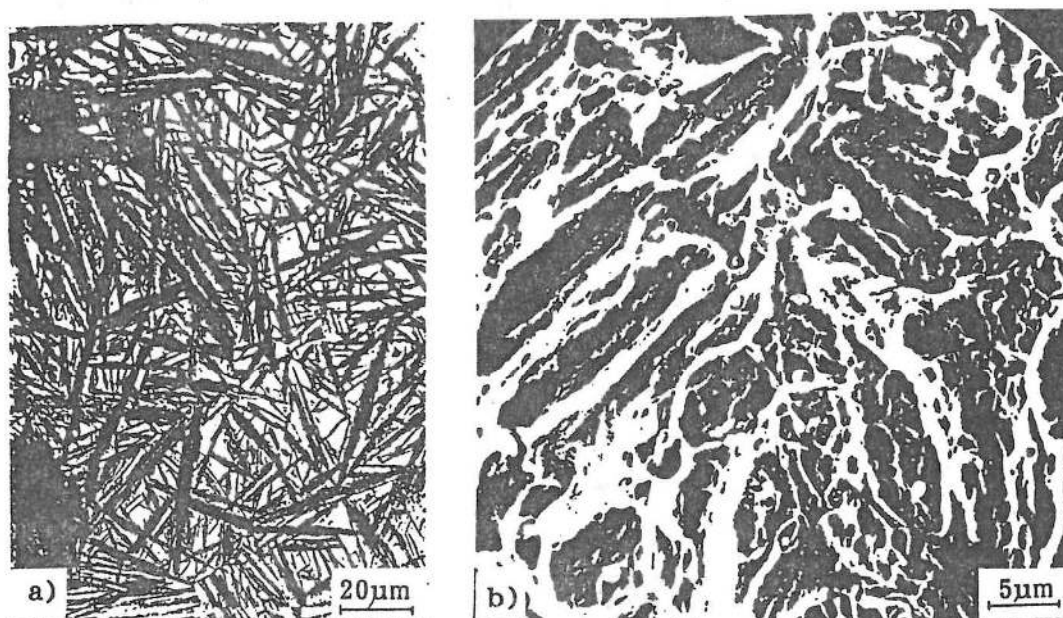
Br.	uzorak	Faktor*		Tvrdoća uzorka HV		Gubitak težine (gr)		
		t_A	t_{ip}	na boku	na hab.pov.	posle 10'	posle 20'	posle 60'
1	F ₈	1	1	328	474	0,0694	0,1065	0,2173
2	F ₅	5	1	317	512	0,1023	0,1212	0,2063
3	F ₄	1	5	360	478	0,1977	0,2337	0,3693
4	F ₁₀	5	5	356	408	0,1690	0,1950	0,3191
5	F ₁₁	2,2	2,2	345	432	0,0206	0,0249	0,0454
6	F ₆	2,2	2,2	342	368	0,0054	0,0106	0,0257
7	F ₃₁	2,2	2,2	348	432	0,0374	0,0493	0,0810
8	F ₃₂	2,2	2,2	341	421	0,0292	0,0351	0,0720

* t_A - vreme austenitizacije t_{ip} - vreme izotermalnog poboljšavanjaTABELA T-2. ($T_A=900^{\circ}\text{C}$, $T_{ip}=300^{\circ}\text{C}$) Zavisnost tvrdoće i otpornosti na habanje od parametara termičke obrade

Br.	uzorak	Faktor*		Tvrdoća uzorka HV		Gubitak težine (gr)		
		t_A	t_{ip}	na boku	na hab.pov.	posle 10'	posle 20'	posle 60'
1	F ₁₅	1	1	401	477	0,0043	0,0058	0,0276
2	F ₂	5	1	415	514	0,0055	0,0062	0,0281
3	F ₁₂	1	5	382	483	0,0027	0,0050	0,0263
4	F ₉	5	5	411	509	0,0035	0,0058	0,0317
5	F ₁	2,2	2,2	405	436	0,0052	0,0065	0,0239
6	F ₇	2,2	2,2	391	491	0,0033	0,0064	0,0218
7	F ₃	2,2	2,2	403	524	0,0046	0,0047	0,0189
8	F ₃₃	2,2	2,2	404	452	0,0042	0,0054	0,0217

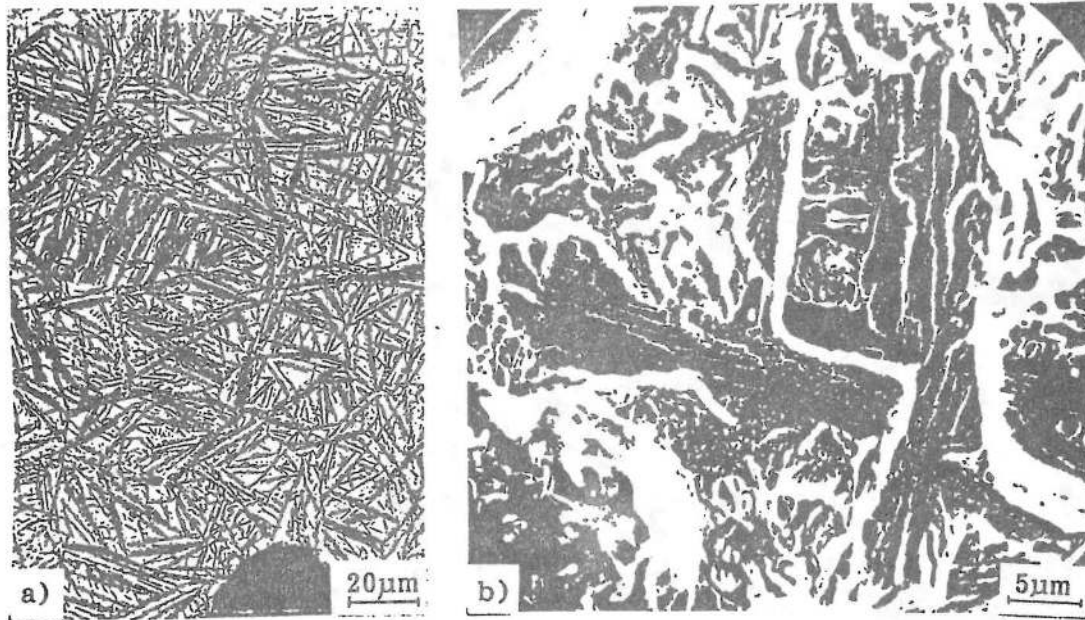
- uzorak F8 - koji je termički obradjen na $T_A=880^{\circ}\text{C}$ i $T_{ip}=400^{\circ}\text{C}$ u cilju dobijanja više žilavosti ali niže tvrdoće. Vreme austenitizacije 1 čas i vreme izotermalnog poboljšavanja 1 čas
- uzorak F10 -termički obradjen na istim temperaturama kao prethodni ali sa vremenom austenitizacije 5 časova i vremenom izotermalnog poboljšavanja 5 časova.

Nakon izvršene termičke obrade na istim temperaturama ali sa različitim vremenima austenitizacije i izotermalnog poboljšavanja struktura uzoraka F3 i izgled preloma tog uzorka bitno se razlikuju od uzorka F2 iako su im tvrdoće relativno slične (HV=403 za F3 naprama HV=415 za uzorak F2).

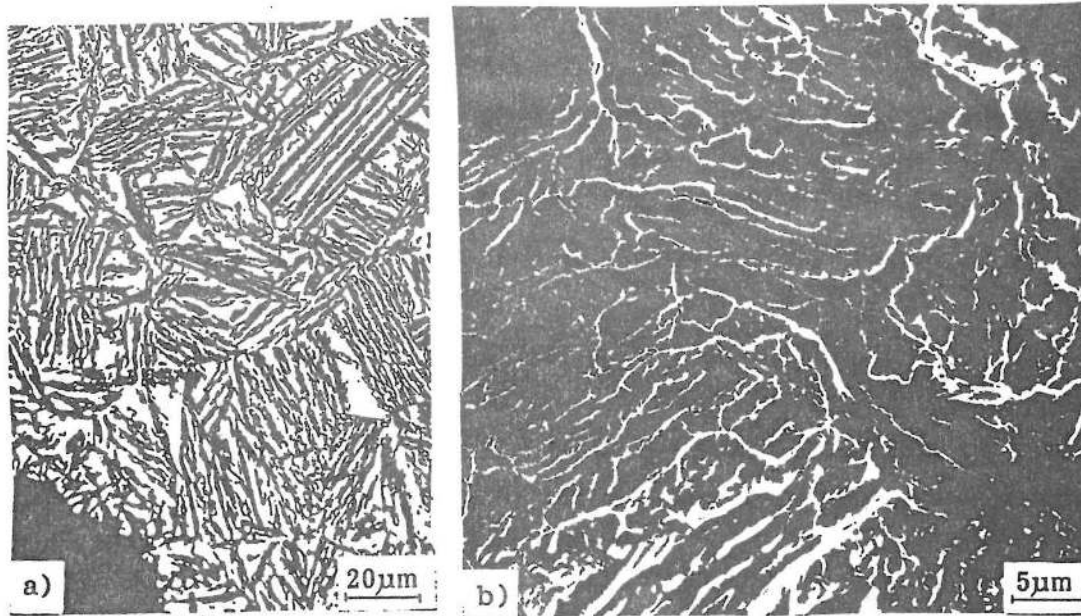


Sl.4. Izgled strukture (a) i izgled strukture preloma (b) uzorka F3
Fig.4. Structure (a) and fracture morphology (b) at sample F3

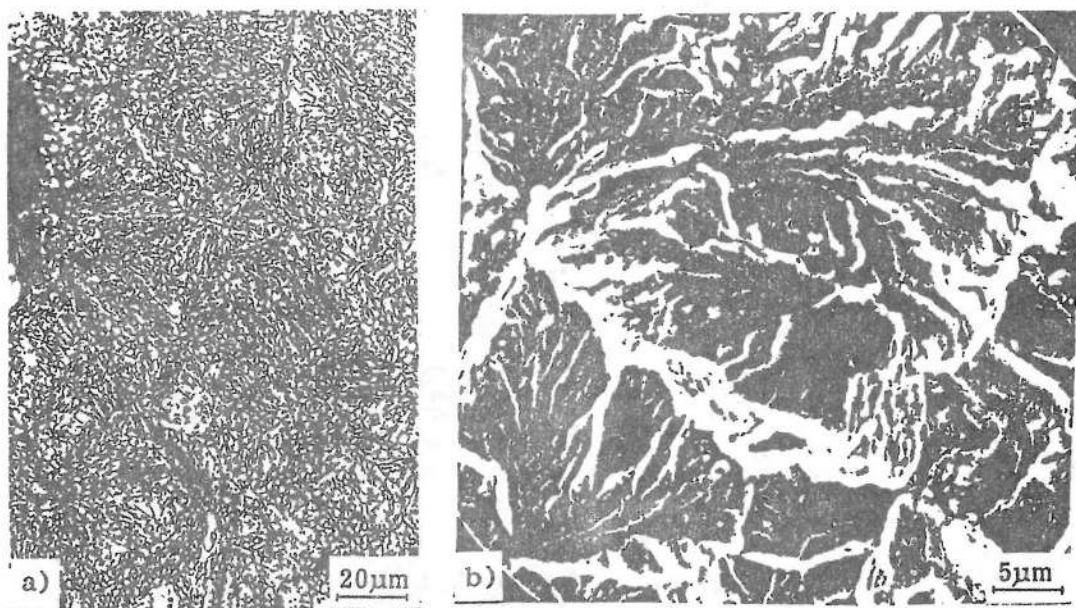
Promenom temperature izotermne transformacije na 400°C dobijene su tipične strukture i izgledi preloma karakteristični za uzorke sa visokom žilavošću i relativno nižom tvrdoćom. Kao tipičan primer dati su uzorci F8 (sa tvrdoćom 328 HV) i F10 (sa tvrdoćom 356 HV) čije su strukture i prelomi prikazani na slikama 6. i 7.



Sl.5. Izgled strukture (a) i izgled strukture preloma (b) uzorka F2
Fig.5. Structure (a) and fracture morphology (b) at sample F2



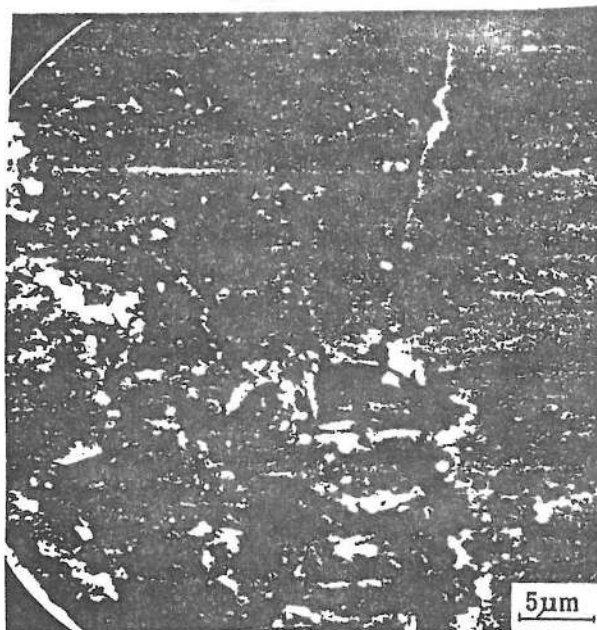
Sl.6. Izgled strukture (a) i izgled strukture preloma (b) uzorka F8.
Fig.6. Structure (a) and fracture morphology (b) at sample F8.



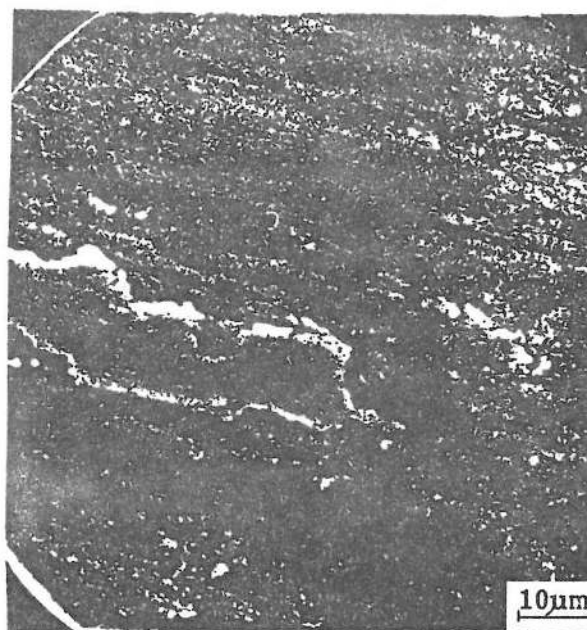
Sl.7. Izgled strukture (a) i izgled strukture preloma (b) uzorka F10
 Fig.7. Structure (a) and fracture morphology (b) at sample F10

Uvidom u podatke date u T-1. i T-2. možemo konstatovati da pri datom opterećenju, odn. lokalnom kontaktnom naponu, otpornost na habanje pokazuje velike razlike čak i unutar iste grupe izotermalno poboljšanih uzoraka a da se pri tome tvrdoće ne razlikuju značajno. Međutim, isto tako se mora uočiti da red veličina otpornosti na habanje bitno zavisi od tvrdoće s tim da kod uzorka sa većom tvrdoćom po pravilu dobijamo i veću otpornost na habanje. Kao ilustracija može poslužiti vrednost gubitka težine uzorka nakon 60 min. habanja za uzorak F3 (0,0189 g) u odnosu na uzorak F2 (0,0281 g) iako imaju približno sličnu tvrdoću, odn. vrednosti za uzorak F8 (0,2173 g) i uzorak F10 (0,3191 g) koji takodje imaju približno jednake tvrdoće ali za 50 do 80 HV niže tvrdoće u odnosu na uzorke F2 i F3.

Analizom morfologije površine habanja može se uočiti da se kod uzoraka izotermalno poboljšanih na 400°C pojavljuju jako izraženi efekti pucanja na površini habanja i otpadanja čitavih delića površinskog sloja (sl.8.) dok se kod uzoraka izotermalno poboljšanih na 300°C ovakvi fenomeni ne ispoljavaju (sl.9.).



Sl.8. Površina habanja uzorka F10
Fig.8. Wear surface at sample F10



Sl.9. Površina habanja uzorka F3
Fig.9. Wear surface at sample F3

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja na habanje mogu se izvući sledeći zaključci:

- po pravilu otpornost na habanje uzoraka raste sa povećanjem tvrdoće metalne osnove,
- unutar uzoraka obradjenih na približno jednaku tvrdoću ali sa različitim parametrima procesa termičke obrade mogu se pojaviti značajne razlike u otpornosti na habanje zavisno od trajanja procesa austenitizacije i procesa izotermalnog poboljšavanja, što se može objasniti određenim razlikama u strukturi metalne osnove,
- morfologija površine habanja ukazuje da postoji različit mehanizam iznošenja materijala sa površine trenja zavisno od tipa termičke obrade pri izotermalnom poboljšavanju nodularnog liva.
- struktura preloma uzoraka ukazuje da se variranjem temperature i trajanja postupka austenitizacije i izotermalnog poboljšavanja može u velikoj meri uticati na vrste strukture koje se dobijaju kod izotermalno poboljšanog nodularnog liva.

5. LITERATURA

- /1/ Blackmore P.: The effect of various austeniting conditions on the tensile properties of ADI, BCIRA Journal, January 1985.
- /2/ Kakaš D. i dr.: Uticaj parametara termičke obrade kod izotermalno poboljšanog nodularnog liva na izmenu strukture i otpornosti na habanje, JUSTOM 89, Vrnjačka Banja 1989.
- /3/ Hornung K., Hanke W.: Austemp4ered Ductile Iron, 1st International Conference on ADI, Chicago, April 1984.
- /4/ Liščić B.: Izotermalno poboljšani žilavi ljev - Novi materijal u strojogradnji, javno predavanje (odštampano) - održano 27.06.1985. Zagreb
- /5/ Paljić D.: Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1990.