

KVANTITATIVNO I KVALITATIVNO ODREĐJIVANJE AUSTENITA U ADI-MATERIJALU

Olivera Erić, Slavica Zec, Zoran Mišković, INN "Vinča",
Leposava Šidjanin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Sadržaj – Korišćenjem svetlosnog mikroskopa na uzorcima pripremljenim toplom oksidacijom korišćenjem difraktometrijske rendgenostrukturne analize određen je sadržaj zaostalog austenita u ADI materijalu legiranom sa Cu, Ni i Mo. Ustanovljeno je da se procesom austemperovanja na 320°C u vremenskom intervalu od 0.5-5h, posle 2.5h dobija maksimalna količina zaostalog austenita (42vol.%).

1. UVOD

ADI (austempered ductile iron) specijalni oblik je materijala visoke tehnologije čije se hemijske, fizičke i mehaničke osobine mogu menjati u širokom opsegu zavisno od hemijskog sastava polaznog materijala i od parametara termičkih tretmana. To je materijal koji je čvrst, lak, otporan na habanje, dobar provodnik toplote i karakteriše se boljim kapacitetom prigušivanja od čelika[1]. Izvanredne mehaničke osobine ADI proizilaze iz mikrostrukture nastale procesom termičke obrade-austemperovanja polaznog materijala (nodularnog liva).

Mikrostruktura ADI sastoji se od zaostalog, stabilizovanog austenita obogaćenog ugljenikom kao osnove u kome su dispergovane grafitne nodule i male "iglice" pločastog ferita. Potvrđeno je da prisustvo velike količine zaostalog austenita u ADI materijalu obezbeđuje visokuplastičnost i žilavost materijala, dok fino dispergovana faza ferita omogućava visoku čvrstoću.[2] Pošto je u mikrostrukтури najvažniji faktor stabilan, obogaćen ugljenikom austenit, predmet ovog rada je opis metode za njegovu identifikaciju (svetlosna mikroskopija sa toplom oksidacijom pripreme uzorka) i kvantitativno određivanje pomoću difraktometrijske rendgeno-strukturne analize.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

CuNiMo nodularni liv, hemijskog sastava prikazanog u tabeli 1 proizveden je tehnološkim postupkom livenja u srednjefrekventnoj indukcionoj peći, kapaciteta 100kg. Zahtevani hemijski sastav postignut je odgovarajućim sastavom metalne šarže. Metalna šarža sastojala se iz sivog sirovog gvožđa, odabranog čeličnog otpada, fero-silicijuma (FeSi 75 %), fero-molibdena (65 % Mo), elektrolitičkog bakra i nikla. Noduliranje tečnog metala obavljeno je u "zatvorenom" sifonskom loncu tzv. "sendvič" postupkom. Prethodno je u pregradi lonca kroz otvor na poklopcu dozirana količina od 2,2 % nodulatora (Fe-Si-5Mg) i 0,4 % modifikatora (Fe-Si). Nakon završetka procesa noduliranja odliveni su Y-blokovi u skladu sa ASTM... standardom. Proces termičke obrade obuhvatio je astenitizaciju uzoraka na 860 °C u toku jednog sata i to u peći sa zaštitnom atmosferom argona. Transformacija austenita u ausferitnu strukturu izvršena je izotermalno u sonom kupatilu na 320 °C

u vremenskom periodu od 0,5-5 h. Nakon toga uzorci su brzo hlađeni u vodi do sobne temperature.

Promena količine zaostalog austenita u strukturi praćena je pomoću difrakcije X-zraka na SIMENS D-500 difraktometru koji koristi $\text{CuK}\alpha$ -zračenje (35 kV i 20 mA). U intervalu od 20-100° registrovana je promena ugla 2θ u funkciji od intenziteta zračenja

Po Cullity-u [3] korišćena metoda zasniva se na činjenici da je integrisani intenzitet refleksije direktno proporcionalan zapreminskom udelu posmatrane faze, odnosno:

$$\frac{I_\gamma}{I_\alpha} = \frac{R_\gamma}{R_\alpha} \cdot \frac{V_\gamma}{V_\alpha} \quad (1)$$

gde je:

integralni intenzitet zračenja za dati (hkl) pik dobijen difrakcijom X-zraka

V_γ - zapreminski udeo austenita

V_α - zapreminski udeo ferita

R - teorijski faktor intenziteta koji se odnosi na dati (hkl) pik.

R_γ i R_α su parametri koji zavise od strukturnog faktora i Lorenc-ovog polarizacionog faktora. Vrednost $\frac{V_\gamma}{V_\alpha}$ može biti

izračunata iz izmerenih $\frac{I_\gamma}{I_\alpha}$ i izračunatih R_γ i R_α .

Iz tako dobijenog odnosa $\frac{V_\gamma}{V_\alpha}$ vrednost V_α može se izračunati iz relacije:

$$V_\alpha + V_\gamma + V_c = 1 \quad (2)$$

gde je V_c zapreminski udeo grafita u ispitivanom uzorku koji može biti dobijen pomoću Image analysis metode.

Mikrostrukturna ispitivanja metodom difrakcije X-zraka obuhvatila su analizu difrakcionih zapisa za datu leguru tretiranu različitim režimima termičke obrade

S obzirom na to da je kod ADI materijala veoma teško identifikovati na crno-belim mikrofotografijama prisustvo različitih faza u mikrostrukтури urađeno je tzv. termičko bojenje [4]. Postupak termičkog bojenja sastojao se od zagrevanja poliranih i "blago" nagriženih uzoraka u peći bez zaštitne atmosfere na temperaturi od 260 °C u trajanju od 3 sata. Uzorci su zatim hlađeni na vazduhu do sobne temperature.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijski sastav nodularnog liva prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1 Prikaz hemijskog sastava (tež. %) ADI

C	Si	Mn	S	P	Cr
3,5	2,5	0,30	0,008	0,041	0,05
Mg	Al	Mo	Ni	Cu	B
0,072	0,03	0,29	0,95	0,8	0,0004

Grafitne nodule uzoraka CuNiMo liva bile su pretežno uniformne veličine i rasporeda sa zapreminskim udelom od 10-13 %. Stepem sferoidizacije bio je veći od 90 % sa srednjom veličinom nodula u opsegu 30-70 μ m (Sl. 1.).



Sl. 1. Veličina, oblik i raspored grafitnih nodula



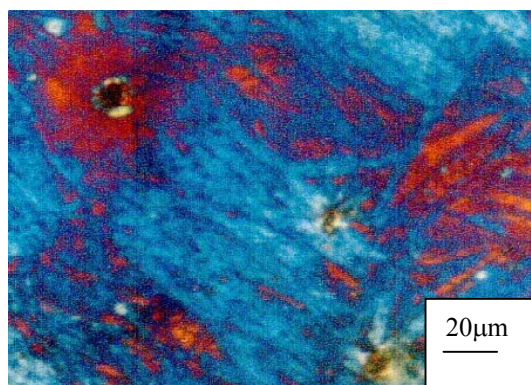
Sl. 2. Mikrostruktura osnove CuNiMo nodularnog liva posle austemperovanja na 320 °C 2,5 h.

Transformacija austenita u toku izotermalnog poboljšanja može se posmatrati kao proces koji se odvija u dve faze. Pri nižim temperaturama izotermalnog poboljšanja, produkti transformacije su beintni ferit, karbidi i stabilan obogaćeni ugljenikom austenit. Druga faza, međutim, sporija uzrokuje precipitaciju karbida iz ferita i zaostalog austenita. Ukoliko se proces izotermanog poboljšanja prekine u ranom stadijumu, temperatura početka martenzitne transformacije će još uvek biti iznad sobne temperature tako da će se hladjenjem do sobne temperature zaostali austenit transformisati delimično u martenzit.

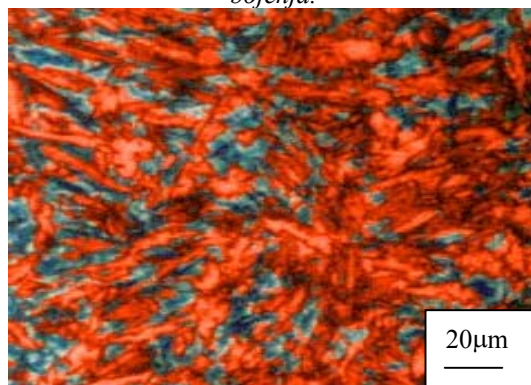
S povećanjem vremena izotermne transformacije feritne pločice rastu formirajući grane, odnosno kolonije, pri čemu ugljenik difunduje u okolni austenit. Kako se reakcija izotermnog poboljšanja povećava se količina zaostalog

austenita, obogaćenog ugljenikom.[5]. Karakteristična mikrostruktura austemperovanog nodularnog liva postignuta je izotermalnom transformacijom nodularnog liva na 320°C u toku 2,5h pojavom igličastog beinitnog ferita i stabilnog, obogaćenog ugljenikom austenita (Sl. 2).

Identifikacijom faza dobijenih termičkim bojenjem pokazuje se da je zaostali austenit, koji se obojio purpurno crveno, je reaktivan stabilan austenit, a beinitni ferit je bež boje. (Sl. 3.). Zapaža se prisustvo i martenzita koji pri transformaciji na 320 °C / 0,5 h znatno prisutan u vidu tamno plave boje. Dakle, netransformisani austenit pojavljuje se kao svetlo plav, visoko-ugljenični reaktivni austenit kao purpurno crven, beinitni ferit (bež), eutektički karbidi beli, dok se martenzit, javlja kao tamno plav (Sl. 3.).



Sl. 3. Mikrostruktura CuNiMo nodularnog liva austemperovanog na 320 °C / 0,5 h nakon termičkog bojenja.



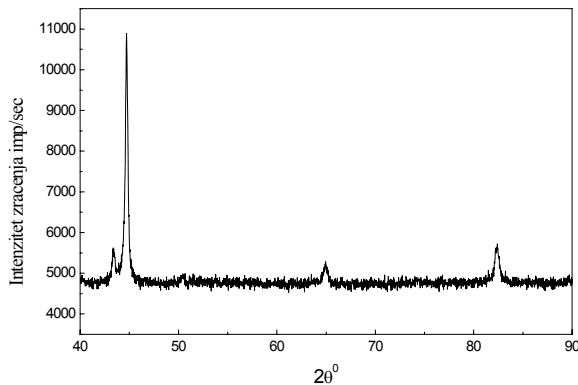
Sl. 4. Mikrostruktura CuNiMo nodularnog liva austemperovanog na 320 °C / 2,5 h nakon termičkog bojenja.

Austemperovanjem nodularnog liva legiranog sa Cu, Ni i Mo na 320°C u toku 2,5 časova dobija se karakteristična mikrostruktura za ADI materijal koja se sastoji iz stabilnog, obogaćenog ugljenikom austenita (purpurno crvena) i beinitnog ferita (bež boja) (Sl. 4.).

X-ray difrakciona analiza

Reprezentativni difrakcioni zapis koji se odnosi na uzorak koji je austentiziran na 860 °C u toku 1 časa, a zatim izotermalno poboljšan na 320 °C / 2,5 h prikazan je na slici 5. Identifikovani su pikovi koji se odnose na prostorno centriranu kubnu strukturu ferita (110), (211) i površinski centriranu kubnu strukturu austenita (111) i (200). Za sve ispitivane uzorke zapreminski udeo zaostalog austenita bio je

u dijapazonu od 18 –42 vol. %. Maksimalna vrednost zaostalog austenita dobijena je posle austemperovanja nodularnog liva legiranog sa Cu, Ni i Mo za 2,5-5 h.



Sl. 5. Difraktogram CuNiMo nodularnog liva austemperovanog na 320°C / 2,5 h.

4. ZAKLJUČAK

Primenom X-ray difraktometarske rendgeno-strukturne analize i mikroskopskim ispitivanjem termičko obojenih uzoraka uspešno je određen sadržaj zaostalog austenita u ADI materijalu. Procesom austemperovanja na 320°C u vremenu od 0.5-5h maksimalna količina zaostalog austenita dobijena je posle 2.5h.

LITERATURA

- [1] B. V. Kovacs, Sr.AFC *Technical Centar Livonia.Mi*, Modern Casting March (1990) 41
- [2] J.L. Garin, R.L. Mannheim, *Metallkunde* October 91 (2000)842
- [3] B.D. Cullity, *Elements of X/Raz Diffraction*, 2nd Edition, Addison/Wesley, Reading, MA (1978)
- [4] B.V. Kovacs, Sr., *Modern Casting I* June (1987) 34/35
- [5] L. Šidjanin, R. Smallman, and S.M. Boutorabi, *Materials Science and Technology* 10 August (1994) Vol.10 , 711-723

Abstract – The amount of retained austenite has been determined in CuNiMo austempered ductile iron by optical metallography (heat tinting technique) and X-ray diffraction analysis. Austempering has been carried at 320°C for different time (0.5-5 h). The maximum value of retained austenite (42 vol. %) was obtained after 2.5h

DETERMINATION OF AUSTENITE IN ADI MATERIALS BY QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ANALYSIS

Olivera Erić, Slavica Zec, Zoran Mišković