

**UTJECAJ VREMENA DRŽANJA NA TEMPERATURI
AUSTENITIZACIJE NA VELIČINU ZRNA ČELIKA S355J2**

**INFLUENCE OF HOLDING TIME ON AUSTENITIZATION
TEMPERATURE ON GRAIN SIZE OF S355J2 STEEL**

**Armina Bašić, dipl. inž., doc. dr. sc. Almaida Gigović-Gekić, prof. dr. sc. Hasan
Avdušinović**
Univerzitet u Zenici, Fakultet za metalurgiju i materijale
Zenica, BiH

Doc. dr. sc. Musatafa Hadžalić
Univerzitet u Zenici, OJ Metalurški institut „Kemal Kapetanović“ Zenica,
Travnička cesta broj 7, Zenica, BiH

Ključne riječi: austenitizacija, mikrostruktura, veličina zrna, tvrdoća

REZIME

Postupak austenitizacije je prva operacija kod većine postupaka termičke obrade, a podrazumijeva zagrijavanje čelika na temperaturu austenitizacije i držanje na toj temperaturi dok se ne postigne potpuna transformacija polazne mikrostrukture u austenit. Dva osnovna parametra koji utječu na ishod austenitizacije su temperatura austenitizacije i vrijeme držanja na temperaturi austenitizacije. U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja utjecaja vremena držanja na temperaturi austenitizacije na mikrostrukturu, veličinu zrna i tvrdoću čelika S355J2.

Keywords: austenitizing, microstructure, grain size, hardness

RESUME

The austenitization is first operation at most operations of heat treatment, and it is implied heating steel on the austenitizing temperature and holding at this temperature while are not achieved completely transformation origin microstructure in austenite. Two base parameters which implicate at effect of austenitization are austenitizing temperature and time holding at the austenitizing temperature. This paper presents the results of testing of the effect of holding at the temperature of austenitizing on the microstructure, grain size and hardness of steel S355J2.

1. UVOD

Austenitizacija je prva operacija kod većine postupaka termičkog tretmana (kaljenje, naugljičavanje, normalizacija i sl.), a od koje zavisi kvalitet, tj. svojstva termički tretiranih dijelova. Pod austenitizacijom se podrazumijeva proces transformacije polazne mikrostrukture (ferit, cementit) u austenitnu mikrostrukturu. Najvažniji parametri svakog postupka austenitizacije su: temperatura austenitizacije i vrijeme držanja na temperaturi austenitizacije. Za svaku vrstu čelika postoji optimalna temperatura austenitizacije. Za nelegirane čelike optimalna temperatura austenitizacije (npr. za kaljenje) može se odrediti iz dijagrama stanja Fe-C i ona iznosi 30-50⁰C iznad A_{c3} linije za podeutektoidne čelike i 30-50⁰C iznad A_{c1} linije za nadeutektoidne čelike. U slučaju legiranih čelika mora se voditi računa o utjecaju alifagenih odnosno gamagenih elemenata na položaj linija A_{c1}, A_{c3} i A_{cm} u Fe-C dijagramu [1,2, 3].

Zagrijavanje i držanje na temperaturi austenitizacije je veoma važan parametar ne samo s gledišta produktivnosti peći i ekonomske strane nego i kvaliteta samog tretiranog proizvoda. Prilikom austenitizacije čelika odvijaju se dva procesa: homogenizacija sadržaja ugljika i legirajućih elemenata u novonastalom austenitu i rast novih austenitnih zrna. Povećanjem temperature austenitizacije ubrzava se proces homogenizacije, ali će doći i do rasta zrna. Sitnije zrno daje veće vrijednosti čvrstoće, pa se temperatura austenitizacije određuje u cilju kompromisa između ova dva navedena procesa [1,2]. Veličina zrna austenita je od izuzetnog značaja zato što produkti transformacije austenita u toku hlađenja (martenzit, perlit i sl.) nastaju unutar austenitnih zrna. To znači da će grubozrnasta austenitna mikrostruktura kod postupka kaljenja dati grubozrnastu martenzitnu mikrostrukturu, odnosno kod žarenja ili normalizacije dobit će se gruba mreža ferita (cementita) na granicama početnih austenitnih zrna. Također, u slučaju perlita dobit će se velika perlitna zrna. Poznato je da takva mikrostruktura snižava vrijednosti mehaničkih svojstava. Zbog toga je u praksi poželjna sitnozrnasta mikrostruktura. U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja utjecaja vremena držanja uzoraka čelika S355J2 na temperaturi austenitizacije 870⁰C.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Materijal za ispitivanje koji se koristio u ovom radu je konstrukcioni čelik S355J2, hemijskog sastava datog u tabeli 1.

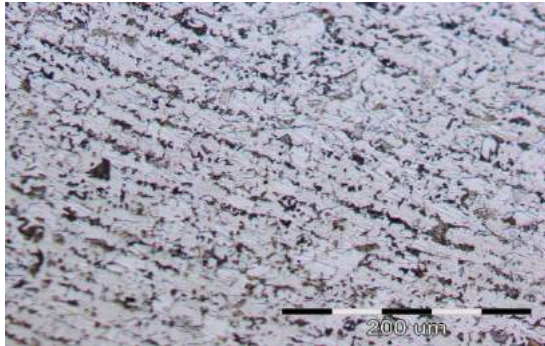
Tabela 1. Hemijski sastav čelika [4]

Hemijski sastav, maks. [mas %]					
C	Si	Mn	P	S	Cu
0,22	0,55	1,6	0,03	0,33	0,55

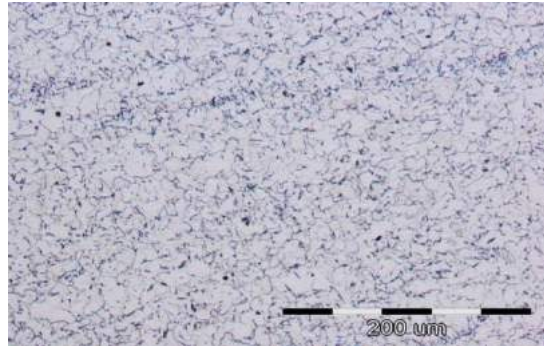
Termički tretman je proveden na dvije serije od po 7 uzoraka da bi se analizirala ponovljivost rezultata. Dimenzije uzoraka su $\Phi 20 \times 10$ mm. Za zagrijavanje uzoraka koristila se komorna električna peć bez zaštitne atmosfere. Uzorci su zagrijavani na temperaturu austenitizacije 870⁰C zajedno sa peći i na ovoj temperaturi držani 20, 40, 60, 80, 100, 180 i 360 minuta, nakon čega su hlađeni na zraku. Na termički tretiranim uzorcima provedena je metalografska analiza (optički mikroskop Olympus BX60M sa maks. povećanjem 1000x) i ispitivanje tvrdoće.

3. REZULTATI I ANALIZA

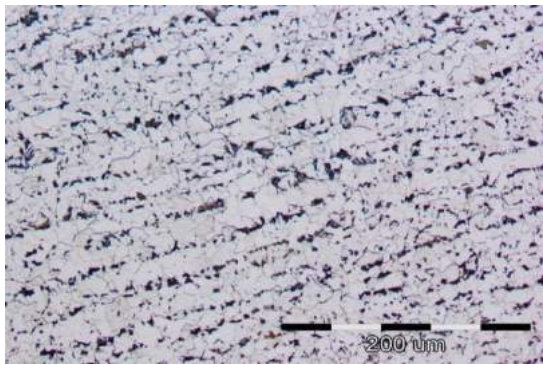
Metalografska analiza termički tretiranih uzoraka, slika 1., pokazala je da je prisutna sitnozrnasta feritno-perlitna mikrostruktura.



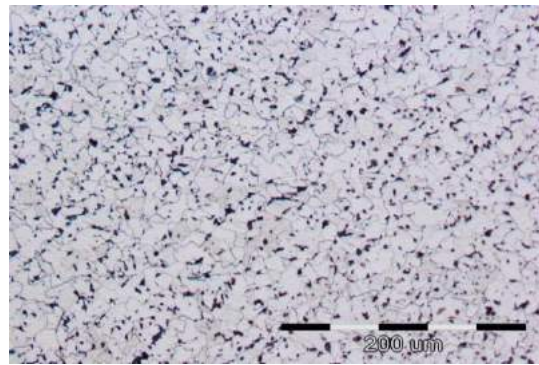
a)



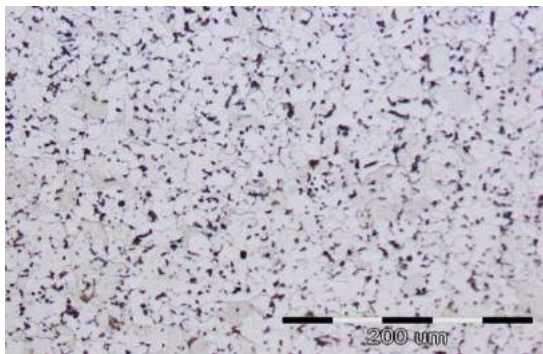
b)



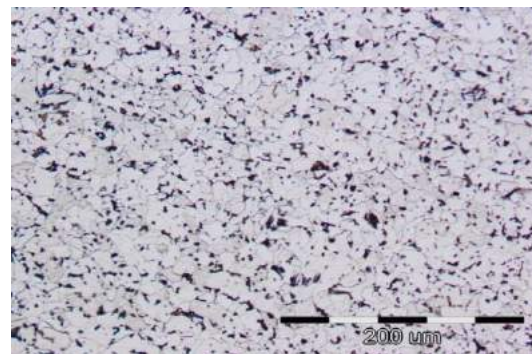
c)



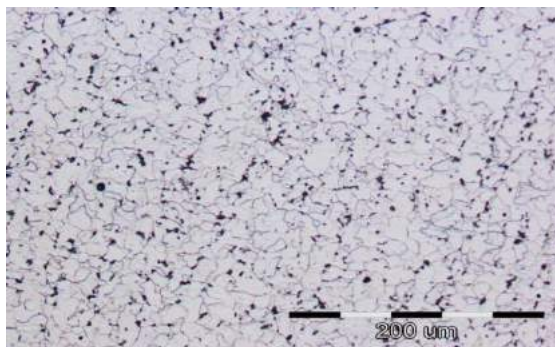
d)



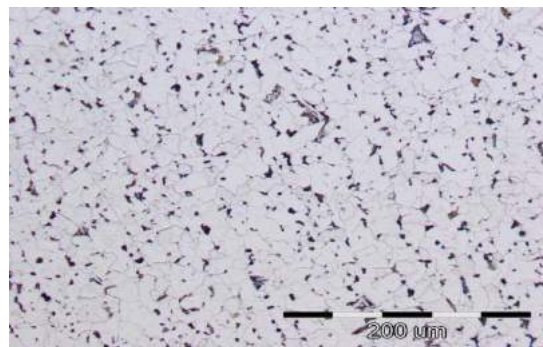
e)



f)

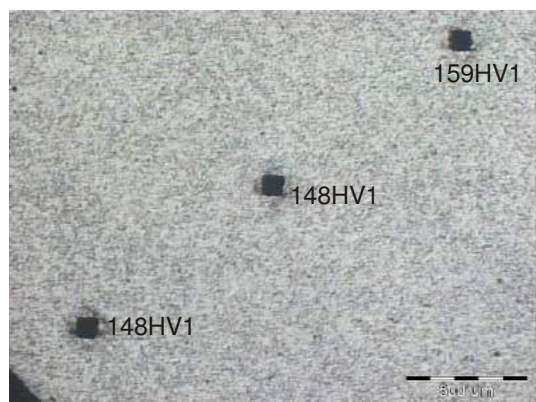


g)



h)

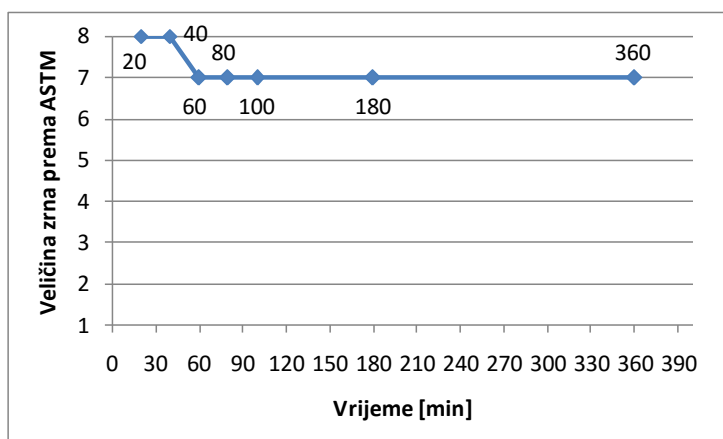
Slika 1. Izgled mikrostrukture nakon termičkog tretmana pri povećanju 200x: a) polazno stanje, b) 870°C/20 min, c) 870°C/40 min, d) 870°C/60 min, e) 870°C/80 min i f) 870°C/100 min, g) 870°C/180 min i h) 870°C/360 min



Slika 2. Mikrostrukura površinskog djelimično razugljeničenog sloja

Na uzorcima koji su tretirani 40 i 60 minuta vidi se prisustvo trakaste mikrostrukture kao i kod polaznog stanja. Na uzorku koji je tretiran 20 minuta jako je mali udio izlučenog perlita. S porastom vremena držanja povećao se i udio izlučenog perlita. Na uzorcima koji su tretirani 360 minuta uočena je pojava djelimičnog razugljeničenja u površinskom sloju što je posljedica zagrijavanja uzoraka bez zaštitne atmosfere u peći, slika 2. Vrijednosti mikrotvrdoće od površinskog sloja prema centru uzorka su 148, 148 i 159 HV1. Srednja vrijednost dubine razugljeničenog sloja iznosi 187,8 μm.

Određivanje veličine zrna urađeno je prema ASTM metodi, pri povećanju od 100x. Posmatranje veličine zrna na jednom uzorku vršeno je na 30 različitih vidnih polja. Na slici 3. su date prosječne vrijednosti veličine zrna.



Slika 3. Rezultati promjene veličine zrna sa porastom vremena držanja.

Poslije izvršene metalografske analize uzoraka u skladu sa standardom BAS EN ISO 6506-1:2007 ispitana je tvrdoća [5]. Rezultati ispitivanja tvrdoće poslije termičkog tretmana dati su u tabeli 2. Tvrdoća je ispitivana po metodi Brinela.

Tabela 2. Ispitivanje tvrdoće metodom Brinela

Termički tretman	Rezultati ispitivanja (HBW)					Prosjek
	Pojedinačne vrijednosti					
870°C/20'	152	152	152	152	156	153
870°C/40'	156	158	161	158	157	158
870°C/60'	154	156	153	156	153	154
870°C/80'	153	160	159	157	158	157

870°C/100'	150	153	148	153	152	151
870°C/180'	148	153	153	153	153	152
870°C/360'	141	143	145	145	145	144

Rezultati su pokazali manja odstupanja u promjeni tvrdoće sa povećanjem vremena držanja, osim u slučaju najdužeg držanja od 360 minuta kad se vrijednost tvrdoće značajnije smanjila na 144 HBW.

4. ZAKLJUČAK

Kao rezultat provedene termičke obrade koja ustvari predstavlja postupak normalizacije dobijena je ravnotežna sitnozrnasta feritno - perlitna mikrostruktura sa većim udjelom ferita što se i očekivalo od niskouglijeničnog čelika kao što je i čelik S355J2. Porast vremena držanja na temperaturi austenitizacije nije značajno utjecao na porast zrna, što se potvrdilo i kod mjerenja tvrdoće uzoraka. Vrijednost veličine zrna iznosi od 8 do 7 prema ASTM skali. Tvrdoća uzoraka nije značajno odstupala jedna od druge, osim u slučaju najdužeg držanja od 360 minuta kad se vrijednost tvrdoće značajnije smanjila na 144 HBW. Kod uzoraka koji su zagrijavani na 870°C u trajanju od 6 sati prisutno je djelimično razugljeničenje zbog nedostatka zaštitne atmosfere u peći.

ZAHVALA

Autori se zahvaljuju zaposlenicima Metalurškog instituta „Kemal Kapetanović“ u Zenici za provedena ispitivanja tvrdoće i mikrotvrdoće.

5. LITERATURA

- [1] Verhoeven, J. D.: Metallurgy of Steel for Bladesmiths&Others who Heat Treat and Forge Steel, 2005.,
- [2] Heat Treater's Guide: Practices and Procedures for Irons and Steels, edited by Harry Chandler, ASM International, 1995.,
- [3] Klarić Š., Kladarić I., Samardžić I., Rosandić Ž., Hadžiahmetović H.: The Influence of Austenitizing Parameters on the Grain Size of Hypoeutectoid Steel, 7th International Scientific Conference on Production Engineering Development and Modernization of Production, University of Bihać, Faculty of Technical Engineering, Cairo, Egypt, 2009.,
- [4] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php; [15.1.2016.],
- [5] BAS EN ISO 6506-1:2007.