

PRIMJENA DIGITALNE METALOGRAFIJE KOD ODREĐIVANJA VELIČINE ZRNA

APPLICATION OF DIGITAL METALOGRAPHY FOR GRAIN SIZE DETERMINATION

Štefanija Klarić, Vladimir Pecić, Jure Međugorac

Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I.B. Mažuranić 2, Slavonski Brod, sklaric@sfsb.hr,
vpecic@sfsb.hr, jure.medjugorac@sfrsb.hr

Ključne reči: analiza slike, digitalna metalografija, veličina zrna, čelici za cementaciju

Keywords: image analysis, digital metalography, grain size, carburizing steel

Sažetak:

Radi svojih prednosti, prvenstveno objektivnosti analize i uštede vremena, šira primjena digitalne analize slike u metalografiji počela je razvojem osobnih računala te programa za obradu slika koji su se mogli nabaviti uz prihvatljivu cijenu. Veličina zrna je povezana sa svojstvima materijala. Stoga je određivanje veličine zrna propisano ASTM i EN normama. U radu je prikazana primjena programa za digitalnu analizu slike kod određivanja veličine zrna čelika za cementaciju Č1220.

Abstract

Because of its advantages, especially objectivity of analysis and time savings, broader application of digital image analysis in metallography began with development of personal computers and image processing software technology that could be purchased at reasonable prices. Grain size of the material is directly related to its properties. Due to that, the grain size determination is important and regulated by norms ASTM and EN. The paper describes the application of digital image analysis for grain size determination for steels for carburizing Č1220.

1. UVOD

Digitalna analiza slike komercijalno se primjenjuje oko četrdesetak godina, no tek devedesetih godina prošlog stoljeća, potaknuto razvojem osobnih računala digitalna metalografija postaje sve prisutniji alat pri analizi svojstava materijala. Neki od razloga uvođenja digitalnih alata u metalografske laboratorije su: povećanje objektivnosti rezultata, smanjena mogućnost subjektivnih grešaka pri analizi, dobra ponovljivost metoda i postignutih rezultata, kratko vrijeme potrebno za analizu te mogućnost primjene sustava za analizu slike ne samo za kvantifikaciju mikrostrukture nego i dokumentaciju rezultata [1].

Uz poznavanje svojstava materijala i tehnike pripreme uzoraka, primjena digitalne tehnologije u analizi mikrostrukture materijala zahtjeva od korisnika i dodatne vještine pri obradi i analizi metalografskih snimaka, a vezano uz: podešavanje rezolucije i dubine boja, vrste, veličine i formata datoteka, mogućnosti uređaja za snimanje, digitalne obrade i analize slike te načina pripreme za ispis. U tablici 1 prikazana je usporedba svojstava i prikladnosti primjene kod digitalne i tradicionalne metode analize slike u metalografiji.

Tablica 1. Svojstva digitalnih i tradicionalnih (manualnih) metoda analize slike u metalografiji [1]

Analizirano svojstvo ili pojava	Tradicionalna analiza korištenjem ljudskog vida	Računalom podržana analiza slike
Ljudski umor nakon dugog rada	Jako osjetljiva	Neosjetljiva
Osjetljivost na iluzije (korisnik vidi ono što želi vidjeti)	Jako osjetljiva	Neosjetljiva
Zahtjevana kvaliteta slike	Srednja	Visoka
Ponovljivost rezultata	Niska	Visoka
Reproducitivnost analize	Niska	Visoka
Kvalitativna procjena mikrostrukture	Vrlo dobra	Slaba i teže provediva
Kvantitativna procjena mikrostrukture	Dugotrajna i neki se parametri ne mogu odrediti	Vrlo dobra
Troškovi analize	Niska za jedan uzorak i porast cijene za više uzorka	Visoka za jedan uzorak i značajan pad po uzorku kako raste broj rutinskih ispitivanja
Brzina analize	Spora, posebno pri kvantitativnoj analizi	Brza, posebno kod on-line analize
Iskustvo operatora	Značajan utjecaj na rezultate	Neznatan utjecaj kod rutinskih zadataka, važno pri implementaciji sustava

Prema procesu obrade i analize digitalne slike na slici 1 prvi korak nakon digitalizacije slike je preprocesiranje, odn. ispravljanje eventualnih grešaka nastalih prilikom snimanja digitalne slike te evaluacija kvalitete slike. Preprocesiranje je priprema za segmentaciju slike, odnosno prepoznavanje oblika na slici. Prepoznavanje oblika je zahtjevan korak u procesu analize slike, jer se u biti nastoji imitirati kognitivan proces koji je inherentan ljudskom oku i mozgu [1].

Svojstva objekta poput svjetline, granice, specifičnih oblika, dijelova, površina ili teksture mozak obrađuje simultano, velikim brzinama. Kako računala nemaju ovu sposobnost, segmentacija pojedinačnih površina ili dijelova objekata vrši se klasifikacijom svakog piksela. Računalo pri tome provjerava pripada li ili ne pojedini piksel grupi odnosno objektu [1, 2] prema nekim od metoda segmentacije kao što su: metoda određivanja praga -*tresholding* (Otsu metoda ili metoda minimuma), metoda klastera, metoda transformacije ili metode teksture (filteri teksture). [2]



Slika 1. Proces obrade i analize digitalne slike [1]

U 3. poglavlju rada prikazana je primjena metode praga kod određivanja veličine zrna kod čelika za cementaciju. [3,4] Određivanje praga je izrazito jednostavna metoda, a kao parametar se koristi intenzitet piksela – odn. piksel se smatra dijelom objekta, ako je dovoljno svijetao. Za segmentaciju je potrebno odrediti prag T , kojim će se pikseli odjeliti. Podjela se izvodi primjenom jednostavnog pravila: ako $I(x,y) > T$, piksel na (x,y) pripada objektu, odnosno, ako $I(x,y) < T$, piksel na (x,y) pripada pozadini [1]. Glavni je zadatok korisnika, dakle, pravilan izbor vrijednosti praga T .

Postprocesiranje nakon segmentacije vezano je, u osnovi, na dvije metode kojima se poboljšavaju rezultati dobiveni segmentacijom. Prva metoda bazirana je na operacijama kojima je cilj popraviti rezultat segmentacije, a druga na analizi segmentiranih objekata čime se razdvajaju objekti spojeni pri segmentaciji [1]. Operacije mjerjenja dolaze nakon što slika prođe kroz proces preprocesiranja, segmentacije i postprocesiranja.

2. ČELICI ZA CEMENTACIJU

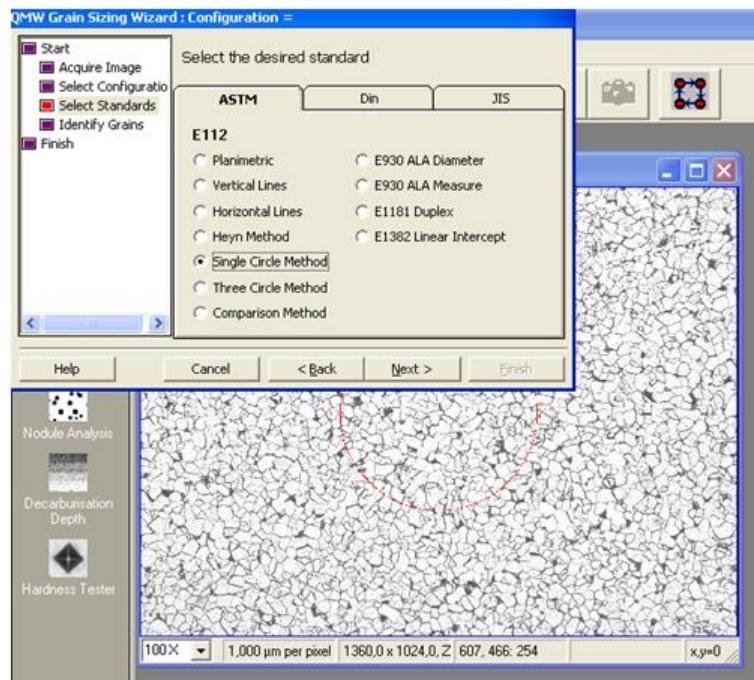
Čelik Č1220 korišten za analizu u ovom radu pripada skupini niskolegiranih, niskougljičnih konstrukcijskih čelika ($C=0,12 - 0,18\%$, $Si \leq 0,40\%$, $Mn=0,30 - 0,80\%$, $S \leq 0,045\%$, $P \leq 0,045\%$) kojima se nakon obrade odvajanjem čestica pougljičava rubni sloj. [5, 6] Nakon pougljičavanja rubnog sloja kaljenjem se postiže visokougljična martenzitna mikrostruktura. Nakon cementacije rubni sloj sadrži 0,8-0,9% ugljika, te se zakaljivanjem postiže tvrdoća 61-64 HRC. Nepougljičena

jezgra ostaje feritno-perlitna koju karakterizira visoka udarna radnja loma - konačni je proizvod otporan na abrazijsko trošenje s znatnim iznosom žilavosti. [6]

Tijekom toplinske obrade čelika može doći do nepoželjnog porasta zrna a što će imati za posljedicu promjenu mehaničkih svojstava materijala što je nepoželjno na konačnom proizvodu. Kako bi se izbjegle te anomalije, mjerenjem veličine zrna može se utvrditi da li je odabrani proces obrade metala dobro definiran i proveden ili ima li metal za određenu primjenu povoljnu veličinu zrna. [6, 7]

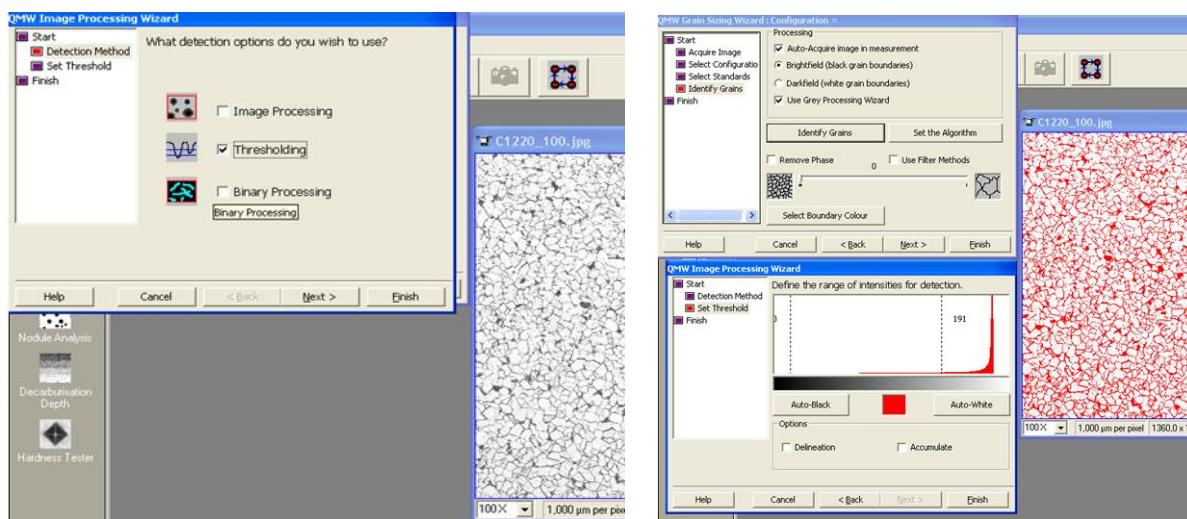
3. ODREĐIVANJE VELIČINE ZRNA

Nakon pripreme uzorka i snimanja mikrostrukture primjenom mikroskopa Leica DM 2500 primjenom programa Leica Materials Workstation izvršeno je određivanje veličine zrna na uzorku čelika za cementaciju Č1220.[3,4] Nakon učitavanja slike u program [3, 4] odabire se standard prema kojim će se odrediti veličina zrna. Na slici 3. prikazane su mogućnosti odabira standarda, od kojih su za slučaj analize čelika Č1220 odabrana je norma ASTM E 112 te metoda kruga (slika 2).



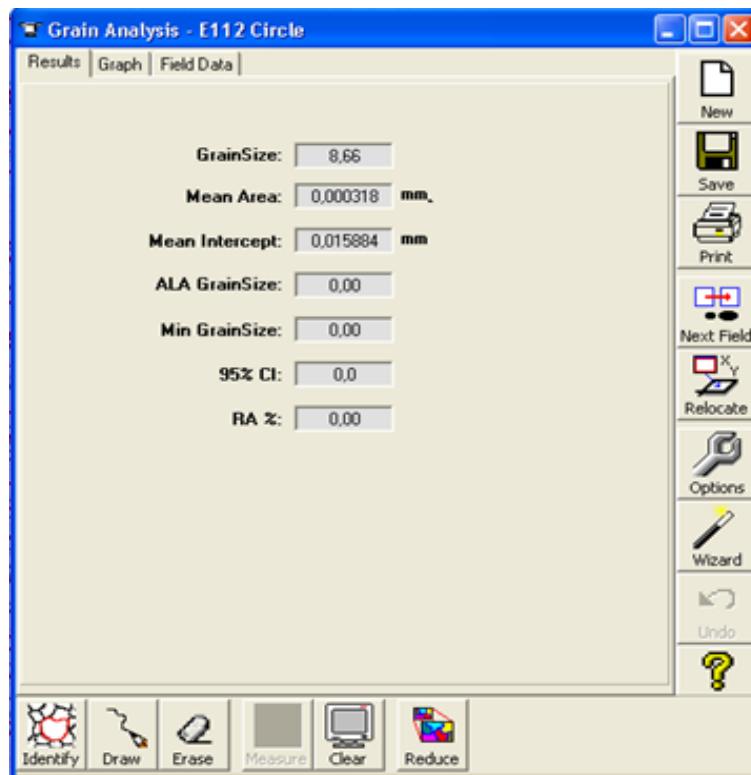
Slika 2. Odabir norme u programu Leica Materials Workstation [3]

Nakon odabira norme prema kojoj će se raditi analiza važan korak je detekcija objekta. Za detekciju zrna osim metode praga primijenjene u ovom primjeru (koja može biti ručna ili automatska) mogu se koristiti i druge metode segmentacije (npr. detekcija ruba ili analiza teksture [1]). No, kako je ranije spomenuto, ovom metodom je za ovaj slučaj pozadinu lako izdvojiti te se ručno odabire prag intenziteta 191, koji uklanja pozadinu i eventualne obrise brušenja, a prepoznaje granice zrna. Na slici 3 može se uočiti da je program izdvojio granice zrna kao odvojene objekte.



Slika 3. Odabir metode i detekcija granica zrna na ispitnom uzorku u programu [3]

Na slici 4 dan je primjer prikaza rezultata analize veličine zrna. Bez obzira na odabir metode detekcije, za metalografa je važno pridržavati se općih pravila metalografije koja su definirana prema odgovarajućim normama, a na koje se i opisani program oslanja. Na taj način mogućnost pogreške se smanjuje, a povećava se brzina i točnost dobivenih rezultata.



Slika 4. Prikaz rezultata analize veličine zrna

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je primjena digitalne metalografije kod određivanja veličine zrna prema ASTM E 112 normi. Određivanje veličine zrna i analiza mikrostrukture digitalnim metodama učinile su te postupke objektivnijima, posebice ako se radi o velikom broju potrebnih analiza, jer se smanjio utjecaj ljudskog faktora.

Primjenom programa ipak se ne umanjuje važnost, odgovornost i potreba za specifičnim znanjima metalografa, no aplikacije vode korisnika kroz cijeli proces te znatno ubrzavaju analizu.

Može se zaključiti da je digitalna metalografija koristan alat u analizi strukture materijala. U budućnosti se očekuje daljnje razvijanje digitalnih postupaka kvantitativne metalografije koji bi pružali još veću sigurnost u rezultate dobivene njihovom primjenom.

5. LITERATURA

- [1] ATM Handbook Committee: *ASM Handbook - Vol 09 Metallography and Microstructures*, Materials Park; ASM International, 2004.
- [2] The MathWorks, Inc., *Segmentation methods in image processing and analysis*, 12.06.2013. <http://www.mathworks.com/discovery/image-segmentation.html>
- [3] ..., *Leica Materials Workstation*, Leica Microsystems, Switzerland, 2005.
- [4] ..., *Leica Metallurgy Application Briefing*, Application Solutions for Metallurgy, Leica Microsystems Imaging Solutions Ltd. Cambridge, UK. 2000 <http://www.leica-microsystems.com/fileadmin/downloads/Leica%20QMetals/Application%20Notes/Metallurgy%20App%20Briefing.pdf>
- [5] EN 10277-2: 2008, EN 10277 - 2: 2008, Bright steel products. Technical delivery conditions. Steels for general engineering purposes, European Standard, 2008.
- [6] Stjepan Kožuh: *Specijalni čelici*, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet u Sisku, Sisak, 2010.
- [7] Hermann Schumann: *Metalografija*, Tehnološko metalurški fakultet, Beograd, 1981.