

PREDGOVOR

Povećanje upotrebe mikrolegiranih čelika u poslednjih tridesetak godina je iniciralo intenzivna istraživanja u velikom broju istraživačkih centara u svetu. Glavni motivi za razvoj mikrolegiranih čelika su bili: (i) značajno povećanje čvrstoće, koje rezultira u smanjenju težine konstrukcije/povećanju nosivosti i (ii) potreba svetskog tržišta za cevovodima koji se lako zavaruju i imaju povišenu čvrstoću. Da bi se ovi ciljevi ispunili nije bilo moguće primeniti „klasični“ recept za povećanje čvrstoće na bazi povećanja sadržaja ugljenika i legirajućih elemenata. Razvoj mikrolegiranih čelika, od zanimljivosti iz laboratorije do masovne proizvodnje koja se meri milionima tona, je školski primer trijumfa znanja iz fizičke metalurgije zasnovanog na sveobuhvatnom sagledavanju i povezivanju fundamentalnih znanja (interakcija deformacionog ojačavanja, rekristalizacije, taloženja i faznih transformacija, u statičkim i dinamičkim uslovima) i tehničko-tehnoloških iskustava (tehnologija valjanja, zavarljivost i sl.). U mikrolegiranim čelicima mali dodatak legirajućih elemenata (Ti, Nb i V u ukupnom sadržaju ispod 0,15%) dovodi do intenzivnog smanjenja zrna i/ili taložnog ojačavanja usled izdvajanja stabilnih čestica karbida, nitrida ili karbonitrida.

Monografija „Termomehanička prerada mikrolegiranih čelika“ predstavlja zaokruženje značajne istraživačke aktivnosti na Katedri za metalurško inženjerstvo Tehnološko metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i jedinstveni pisani materijal na Srpskom jeziku. U četiri poglavlja, Uvod, Deformaciono ponašanje mikrolegiranih čelika na povišenim temperaturama, Promene u mikrostrukturi mikrolegiranih čelika pri deformaciji i Kritične temperature za termomehaničku preradu mikrolegiranih čelika na povišenim temperaturama, je dat integralni pristup principima legiranja i termomehaničke prerade mikrolegiranih čelika. Mikrolegirani čelici opisani u ovoj Monografiji su proizvedeni u Železarama u Smederevu i Nikšiću.

Ovom prilikom se zahvaljujem svom Mentoru dr Đorđu Drobnojaku, redovnom profesoru Tehnološko-metalurškog fakulteta i pioniru istraživanja u ovoj oblasti, na godinama uspešne saradnje i strpljenja, koje su dovele do mog ličnog usavršavanja.

Zahvaljujem se kolegama sa Katedre za Metalurško inženjerstvo redovnim profesorima dr Karlu Raiću i dr Endreu Romhanjiju, na korisnim savetima koji su kvalitativno poboljšali ovu Monografiju.

Zahvaljujem se takođe mr Goranu Vukićeviću, dipl.inž. metalurgije, dr Anki Koprivici, dipl.inž. metalurgije i Milojici Anđeliću, dipl.inž. metalurgije na brojnim razmenama mišljenja i prenesenim iskustvima iz oblasti termomehaničke prerade mikrolegiranih čelika u industrijskim i laboratorijskim uslovima.

SADRŽAJ

1. Uvod	7
2. Deformaciono ponašanje mikrolegiranih čelika na povišenim temperaturama ..	11
2.1. Otpor deformaciji na povišenim temperaturama – zavisnost $\sigma(\dot{\epsilon}, T)$	11
2.2. Zavisnost $\sigma(\epsilon)$	24
3. Promene u mikrostrukturi mikrolegiranih čelika pri deformaciji na povišenim temperaturama	27
3.1. Dinamički uslovi.....	28
3.1.1. Dinamičko oporavljanje	28
3.1.2. Dinamička rekristalizacija.....	29
3.1.3. Dinamičko deformaciono taloženje.....	34
3.2. Statički uslovi	36
3.2.1. Metadinamička rekristalizacija.....	36
3.2.2. Statičko oporavljanje.....	37
3.2.3. Statička rekristalizacija.....	37
3.2.3.1. Određivanje stepena rekristalizacije u pauzama između provlaka.....	48
3.2.3.2. Međuzavisnost prekidnog omekšavanja i statičke rekristalizacije	52
3.2.4. Taloženje u statičkim uslovima	54
3.2.5. Međuzavisnost taloženja i rekristalizacije.....	56
4. Kritične temperature za termomehantičku preradu mikrolegiranih čelika na povišenim temperaturama.....	59
4.1. Određivanje kritičnih temperatura za rekristalizaciju mikrolegiranih čelika u laboratorijskim uslovima.....	61
4.1.1. Uticaj hemijskog sastava	71
4.1.2. Uticaj procesnih parametara	72
4.1.3. Korelacija T_{nr} i Q_{HW}	75
4.2. Simulacija i modelovanje parametara termomehantičke prerade	77
4.2.1. Laboratorijska simulacija	77
4.2.2. Određivanje T_{nr} temperature u industrijskim uslovima	78
4.2.2.1. Proračun temperature u stanovima završne pruge.....	79
4.2.2.2. Proračun srednjeg napona tečenja, MFS	79
4.2.3. Poređenje parametara termomehantičke prerade dobijenih u laboratorijskim i industrijskim uslovima	83
4.3. Modelovanje T_{nr} temperature.....	85
4.4. Modelovanje mehaničkih osobina toplovaljane trake	86
Literatura.....	90