

Vpliv stopnje hladne deformacije na potek rekristalizacije pri jeklu 18/8

Influence of Cold Deformation on Recrystallization of 18/8 Austenitic Stainless Steel

I. Kos¹, Metal Ravne

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-04-21

V članku obravnavamo vpliv hladne deformacije na rekristalizacijo jekla 18/8 (PK11). Potek rekristalizacije pri tem jeklu je značilen in v odvisnosti od temperature žarjenja povzroča spremembe mehanskih lastnosti jekla. Jeklo je enofazno in ima visoko temperaturo rekristalizacije okrog 1000°C, poprava pa poteka med 600 in 800°C, odvisno od velikosti hladne deformacije.

Ključne besede: nerjavno avstenitno jeklo, hladna predelava z vlečenjem, rekristalizacija

The influence of cold deformation on recrystallization temperature of hot rolled and quenched wire of austenitic stainless steel 18/8 is investigated. Recrystallization temperature of 18/8 austenitic steels is about 1000°C while recovery occurs in temperature range from 600 to 800°C, depending on the previous cold deformation.

Key words: austenitic stainless steel, cold deformation with drawing, recrystallization, reduction of area

1 Uvod

Rekristalizacija je toplotna obdelava hladno deformiranega jekla, ki ima razpotegnjeno strukturo v smeri deformacije in povišano trdoto ter natezno trdnost. Nadaljnja hladna predelava je onemogočena, zato je jeklo treba odžariti.

Pri avstenitnih jeklih poteka rekristalizacija pri sorazmerno visokih temperaturah, okrog 1000°C, odvisno tudi od predhodne stopnje hladne deformacije.

Hkrati z ugotavljanjem vpliva stopnje deformacije na rekristalizacijo smo raziskovali tudi vpliv osnovne toplotne obdelave. Žica, ki smo jo hladno deformirali z vlečenjem, je bila pred preiskusi enkrat v surovo valjanem stanju, drugič pa toplotno obdelana z gašenjem.

2 Izhodišče za raziskavo

Toplotno neobdelana žica iz avstenitnega jekla vrste 18/8 ima sorazmerno dobre plastomehanske lastnosti, ker omogoča tudi v takem stanju hladno plastično predelavo z vlečenjem. Žica premera 8 mm je bila vroče valjana in nato ohlajena na zraku.

Mehanske lastnosti toplotno neobdelane žice:

- meja plastičnosti $Re = 430 \text{ N/mm}^2$
- natezna trdnost $Rm = 703 \text{ N/mm}^2$
- raztezek $A5 = 55,3\%$
- skrček $Z = 69,9\%$
- trdota = 176 HV
- velikost zrn = 9 po ASTM E112

Mehanske lastnosti so se z gašenjem žice, grete na 1050°C, spremenile predvsem se je močno zmanjšala meja plastičnosti, kar je tudi razumljivo, saj se pri teh

temperaturah raztopijo karbidi, ki blokirajo ravnine drsenja in tako bistveno vplivajo na velikost Re . Odpravi pa se tudi preostanek utrditve zaradi nepopolne rekristalizacije po vročem valjanju. To je tudi vzrok povečanja raztezka in skrčka.

Mehanske lastnosti po gašenju:

- meja plastičnosti $Re = 271 \text{ N/mm}^2$,
- natezna trdnost $Rm = 596 \text{ N/mm}^2$,
- raztezek $A5 = 69,6\%$,
- skrček $Z = 74,5\%$,
- trdota = 130 HV,
- velikost zrn = 6 po ASTM E112,

Kristalna zrna so močno zrasla, iz velikosti 9 na 6 po ASTM, kar pomeni iz povprečno 252 na povprečno 2060 μm^2 .

3 Vpliv začetnega stanja na mehanske lastnosti vlečenega jekla

Žico iz jekla 18/8 smo hladno plastično deformirali na žičnem stroju z vlečenjem skozi trdokovinske votlice. Mazivo je bil prah na osnovi Ca stearata. Izhodiščna debelina žice je bila 8,0 mm, njena površina pa pripravljena z luženjem in ustreznim nosilcem maziva.

Za prikaz vlečenja žice, prvič iz surovega stanja, drugič pa toplotno obdelanega, smo izbrali enake stopnje odvzemov, in sicer 25 in 82%. Druga redukcija je dosežena z več parcialnimi odvzemi. Mehanske lastnosti po vlečenju podajamo v tabelah 1 in 2.

Tabela 1: Mehanske lastnosti vlečenega surovega jekla 18/8

Redukcija (%)	Trdota (HV)	Natezna trdnost (N/mm^2)	Raztezek (%)	Skrček (%)
25	320	1013	21,8	63,5
82	451	1810	8,9	51,4

¹ Ivan KOS, dipl. inž. met.
Metal Ravne, Proizvodnja svetlih profilov
Koroška cesta 14, 2390 Ravne na Koroškem

Tabela 2: Mehanske lastnosti vlečenega gašenega jekla 18/8

Redukcija (%)	Trdota (HV)	Natezna trdnost (N/mm ²)	Raztezek (%)	Skrček (%)
25	301	856	32,3	67
82	441	1813	7,1	41,5

4 Rekrystalizacijsko žarjenje

Hladno deformirano žico smo po vlečenju žarili v temperaturnem območju med 400 in 1100°C. Čas držanja na temperaturi je bil 30 minut, po žarjenju smo vzorce ohladili v vodi. Rezultate meritev podajamo v diagramih.

Zaradi lažje preglednosti bomo posamezne postopke označili s črkami, in sicer:

- postopek A: izhodno stanje jekla je bilo surovo valjano, nato pa vlečeno s 25% redukcijo ter žarjeno pri različnih temperaturah.

- postopek B: izhodno stanje jekla je bilo surovo valjano, nato pa vlečeno s 82% redukcijo ter žarjeno pri različnih temperaturah.

- postopek C: izhodno stanje jekla je bilo gašeno, nato pa vlečeno s 25% redukcijo ter žarjeno pri različnih temperaturah.

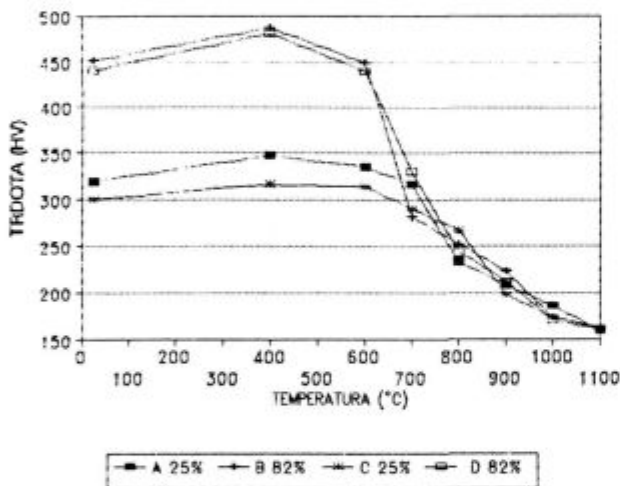
- postopek D: izhodno stanje jekla je bilo gašeno, nato vlečeno s 82% redukcijo ter žarjeno pri različnih temperaturah.

Odvisnost med trdoto in temperaturo žarjenja po postopkih A, B, C in D smo prikazali na **sliki 1**.

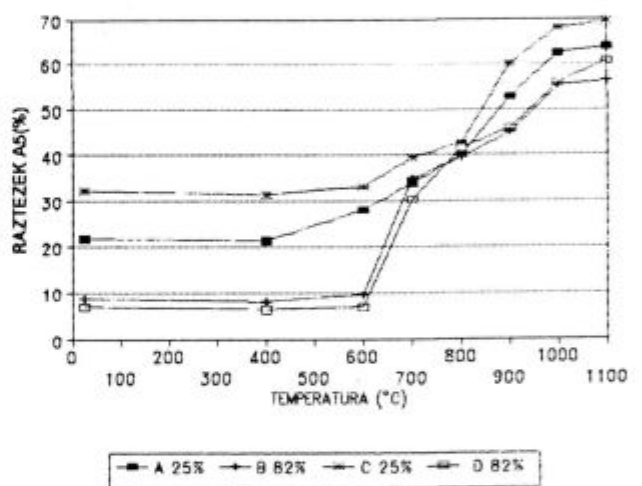
Odvisnost med natezno trdnostjo in temperaturo žarjenja po postopkih A, B, C in D smo prikazali na **sliki 2**.

Odvisnost med raztekom in temperaturo žarjenja po postopkih A, B, C in D smo prikazali na **sliki 3**.

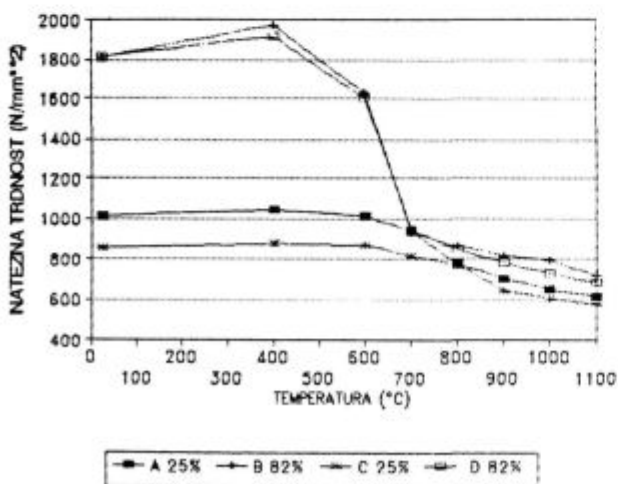
Odvisnost med kontrakcijo in temperaturo žarjenja po postopkih A, B, C in D smo prikazali na **sliki 4**.



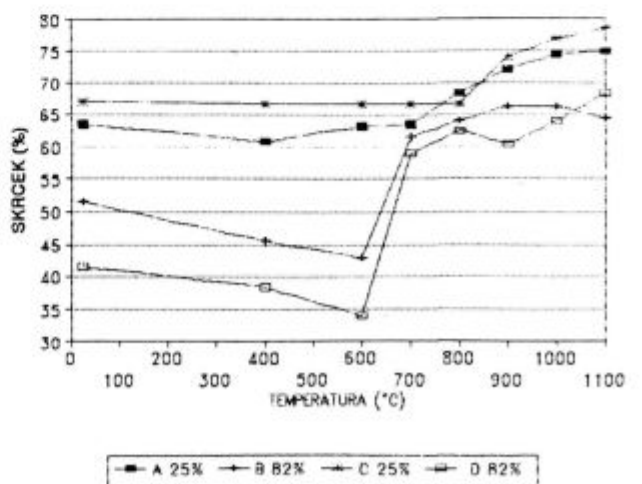
Slika 1: Odvisnost trdote od temperature žarjenja
Figure 1: Influence of annealing temperature upon hardness



Slika 3: Odvisnost razteka A5 od temperature žarjenja
Figure 3: Influence of annealing temperature upon elongation A5



Slika 2: Odvisnost natezne trdnosti od temperature žarjenja
Figure 2: Influence of annealing temperature upon tensile strength



Slika 4: Odvisnost skrčka od temperature žarjenja
Figure 4: Influence of annealing temperature upon contraction



Slika 5: Mikrostruktura jekla 18/8 pred vlečenjem (povečava 100x)
Figure 5: Microstructure of stainless steel 18/8 before drawing (100x)



Slika 8: Mikrostruktura rekristalizacijsko žarjenega jekla 18/8 na 1000°C (povečava 100x)

Figure 8: Microstructure of recrystallization annealed steel 18/8 at 1000°C (100x)



Slika 6: Mikrostruktura vlečenega stanja jekla 18/8 (povečava 100x)
Figure 6: Microstructure of drawn stainless steel 18/8 (100x)



Slika 7: Mikrostruktura rekristalizacijsko žarjenega jekla 18/8 na 950°C (povečava 100x)

Figure 7: Microstructure of recrystallization annealed steel 18/8 at 950°C (100x)

5 Razvoj mikrostrukture

Na naslednjih slikah 5, 6, 7, 8 prikazujemo strukturo in njeno spreminjanje v odvisnosti od hladne predelave in temperature rekristalizacije pri 100 kratni povečavi. Izhodno stanje žice je bilo gašeno.

6 Razlaga

Rezultati kažejo, da se jeklo 18/8 dobro plastično preoblikuje v obeh izhodnih stanjih, to je v surovo valjanem in v gašenem stanju.

Najprej primerjajmo vedenje valjanega jekla po različni stopnji deformacije. Pri 25% redukciji dosega jeklo trdnost dobrih 1000 N/mm², pri 82% pa se močno približa trdnosti 1850 N/mm². Pri nizkih temperaturah žarjenja, pod 400°C, se jeklo še rahlo utrdi, kar se s pridom izkorišča pri izdelavi vzmeti iz avstenitnega nerjavnega jekla. Izrazito spremembo mehanskih lastnosti doživi jeklo v temperaturnem območju med 600 in 800°C, ko se trdota in natezna trdnost hitro znižata.

Skrček pri nizkih redukcijah ne pade tako izrazito kot raztezek, npr.: pri 25% redukciji se je zmanjšal le za okrog 10%, medtem se je raztezek znižal za dobrih 50% prvotne vrednosti.

82% hladna deformacija ima močne posledice. Pri že omenjeni utrditvi na okrog 1800 N/mm² je raztezek padel krepko pod 10%, torej na petino svoje prvotne vrednosti. Za skrček pa še naprej velja ugotovitev, da njegova sprememba ni tako velika, saj ima jeklo po vlečenju z 82% redukcijo še vedno 50% skrčka.

Spremembe mehanskih lastnosti kažejo, da so le te po žarjenju izrazitejše pri močnejše hladno deformiranem jeklu. Prvi znaki poprave mehanskih lastnosti se pokažejo pri 700°C, rekristalizacija pa poteče v popolnosti šele pri 1000°C, ko se mehanske lastnosti čisto

približajo tistim, ki jih je imelo jeklo pred hladno deformacijo.

Podobno kot surovo valjano jeklo se vede tudi gašeno. Razlika je v absolutnih vrednostih mehanskih lastnosti. Pri gašenem jeklu sta pri 25% redukciji trdnost in meja plastičnosti znatno nižja kot pri enako deformiranem surovo valjanem jeklu. Zanimivo je, da se s stopnjevanjem hladne deformacije mehanske lastnosti v obeh stanjih približujejo, saj je natezna trdnost po 82% redukciji gašenega jekla tudi dosegla 1800 N/mm².

Žarjenje vlečenega gašenega jekla pri okrog 700°C povzroči popravo mehanskih lastnosti, popolna rekristalizacija pa poteče pri 1000°C.

Z diagramov je razvidno, da potekajo procesi poprave in rekristalizacije hitreje, če je jeklo pred žarjenjem močnejše deformirano. To si razlagamo tako, da je vnesena energija z večjo redukcijo večja, povečajo se notranje napetosti v jeklu in zato pride do omenjenih procesov znatno prej.

7 Sklepi

Preiskovali smo žico iz nerjavnega jekla 18/8 z mikrostrukturo avstenitnih zrn z večjim ali manjšim deležem

karbidnih izločkov, kar je odvisno od vsebnosti ogljika in stanja toplotne obdelave.

Žico smo hladno plastično deformirali z vlečenjem. Rezultate smo predstavili za dve stopnji redukcije: 25% in 82%.

Preverjali smo vpliv dveh različnih začetnih stanj: surovo valjano ter gašeno.

Mehanske lastnosti v začetnem stanju so se močno razlikovale, velika razlika pa je bila tudi v velikosti avstenitnega zrna.

Mehanske lastnosti po vlečenju s 25 - odstotno redukcijo se med obema stanjema še razlikujejo. Po vlečenju z 82% redukcijo pa se lastnosti ene in druge žice močno približajo.

Odločitev o tem, ali vleči žico kvalitete 18/8 v surovo valjanem ali v gašenem stanju, se nagiba na stran gašenega. Osnovna toplotna obdelava je potrebna za raztop karbidov ter s tem za boljšo korozijsko odpornost jekla.

8 Literatura

Interna dokumentacija Metal Ravne, d.o.o.