

HLADNO VALJANI TRAKOVI IZ MALOOGLEJČNIH JEKEL

COLD ROLLED STRIPS AND SHEETS MADE OF LOW-CARBON STEELS

Erika Bricelj, Janko Kokošar

SŽ ŽJ Acroni, d.o.o., Cesta B. Kidriča 44, 4270 Jesenice, Slovenija

Prejem rokopisa - received: 1999-09-14; sprejem za objavo - accepted for publication: 2000-07-01

Podane so razlike v mehanskih lastnostih ter mikrostrukturah hladno valjanih pločevin iz maloogljčnih jekel

- z manjšo vsebnostjo intersticijskih elementov
- brez intersticijskih elementov ter dodatkom Nb in/ali Ti (IF jekel)

Ključne besede: maloogljčna jekla, maloogljčna jekla brez intersticijskih elementov, IF jekla

The differences in mechanical properties and microstructures of cold-rolled sheets made from low-carbon steels with:

- lower content of interstitial elements
- interstitial free steels with additions of Nb and/or Ti are presented.

Key words: low-carbon steels, interstitial free steels, IF steels

1 UVOD

Mehanske lastnosti hladno valjanih trakov iz maloogljčnih jekel so odvisne tako od debeline pločevine kot tudi od kemične sestave ter pogojev tople in hladne predelave jekla.

Velik vpliv na mehanske lastnosti imata intersticijska elementa ogljik in dušik. Zvišujeta trdnost in poslabšujeta sposobnost za oblikovanje. Zvišujeta tudi napetost tečenja, kajti zbirata se okrog dislokacij (tvorita Cottrelv oblak) in otežujeta njihovo drsenje. Posledica tvorbe Cottrelvega oblaka je lahko "žagasta" oblika na raztržni krivulji σ - ϵ v območju napetosti tečenja.

Z uvedbo jekel brez intersticijskih elementov (IF-jekla) se je nevarnost nastanka Cottrelvega oblaka močno zmanjšala. Tem jeklom se dodajo karbido-ozroma nitridotvorni elementi (Ti ali Nb), ki vežejo dušik in ogljik v precipitate (karbide, nitride ali karbonitride). Tako se zmanjša delež prostega dušika in ogljika, ki lahko difundira k dislokacijam in ovira njihovo drsenje.

2 EKSPERIMENTALNI DEL

Da bi dosegli čim nižjo napetost tečenja, smo izdelali nekaj šarž maloogljčnih jekel z manjšim deležem ogljika in dušika ter nekaj šarž jekel z manjšim deležem ogljika in dušika ter dodatkom titana.

Slabi so bili vroče valjani v TVT, ki so bili po luženju hladno valjani, žarjeni in dresirani. Da bi ugotovili vpliv spremenjene kemične sestave na mehanske

lastnosti in mikrostrukturo, smo po dresiranju od pločevine odvzeli vzorce za preiskave.

2.1 Pločevine iz jekel z majhnim deležem intersticijskih elementov

Povprečna kemična sestava šarž z manjšim deležem ogljika in dušika ter "običajnih" šarž je podana v **tabeli 1**.

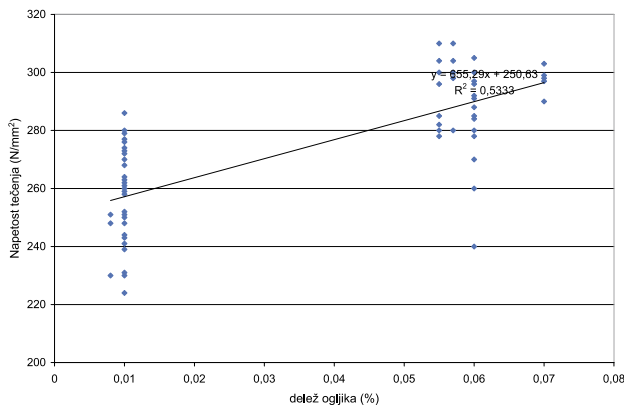
Tabela 1: Povprečna kemična sestava
Table 1: Average chemical composition

Element	Povprečna sestava "običajnih" šarž	Povprečna sestava šarž z malo ogljika in dušika
C	0,053	0,010
Si	0,020	0,025
Mn	0,23	0,24
P	0,013	0,007
S	0,008	0,009
N	0,0080	0,0063
Cu	0,32	0,37
Cr	0,11	0,10
Al	0,038	0,042
Sn	0,019	0,020

Delež ogljika je bil pri poskusnih šaržah (malo ogljika in dušika) kar petkrat manjši, delež dušika pa približno za četrtno manjši kot pri običajnih šaržah.

2.1.1 Rezultati preiskav mehanskih lastnosti:

Vpliv ogljika na napetost tečenja je prikazan na **sliki 1**.



Slika 1: Vpliv deleža ogljika v jeklu na napetost tečenja dresirane hladno valjane pločevine

Figure 1: Effect of carbon content on yield stress of cold rolled and skin passed sheet

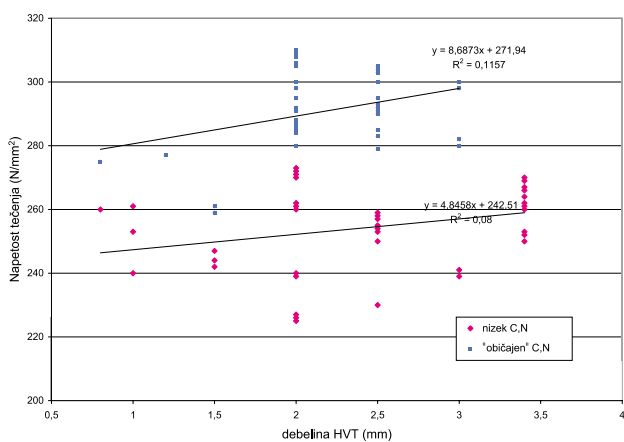
Z večjim deležem ogljika se napetost tečenja povečuje. Tako imajo hladno valjani trakovi iz šarž z manjšim deležem ogljika približno 40 N/mm² nižje napetosti tečenja kot tisti iz šarž z "običajno" kemično sestavo.

2.1.2 Vpliv debeline hladno valjanih trakov (HVT) na napetost tečenja

Z večjo debelino hladno valjanih trakov se napetost tečenja povečuje, kar velja tako za jekla z večjim kot manjšim deležem ogljika (**slika 2**). Razlika v napetostih tečenja med hladno valjanimi pločevinami iz jekel z malo ogljika in dušika ter tistih z "običajno" sestavo je pri vseh debelinah enaka - pločevine iz jekel z "običajno" sestavo imajo za približno 40 N/mm² višjo napetost tečenja.

2.1.3 Mikrostruktura jekel z majhnim deležem ogljika in dušika

Mikrostruktura hladno valjanih trakov iz jekel z manjšim deležem ogljika in dušika je feritna, na mejah je



Slika 2: Vpliv debeline hladno valjanega traku ter deleža ogljika na napetost tečenja

Figure 2: Effect of thickness of cold rolled sheet and carbon content on yield stress



Slika 3: Mikrostruktura HVT z majhnim deležem C, N (povečava 500-krat)

Figure 3: microstructure of cold rolled sheet made of lower C and N content (500x)

ponekod terciarni cementit. Velikost zrn po ASTM je 5-11. Hladno valjani trakovi z večjim deležem ogljika imajo v strukturi ferit in zrnati cementit. Praviloma so feritna zrna v teh jeklih drobnejša (9-12 po ASTM).

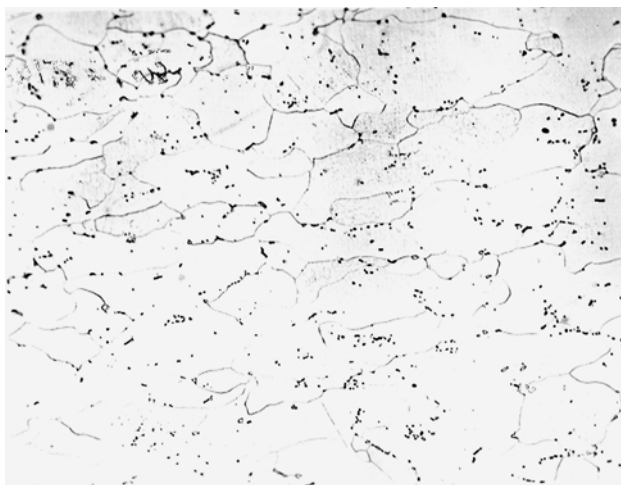
2.2 Pločevina iz IF-jekel

Povprečna kemična sestava šarž iz jekel z majhno vsebnostjo ogljika in dušika ter dodatkom titana je podana v **tabeli 2**.

Tabela 2: Povprečna kemična sestava IF-jekel

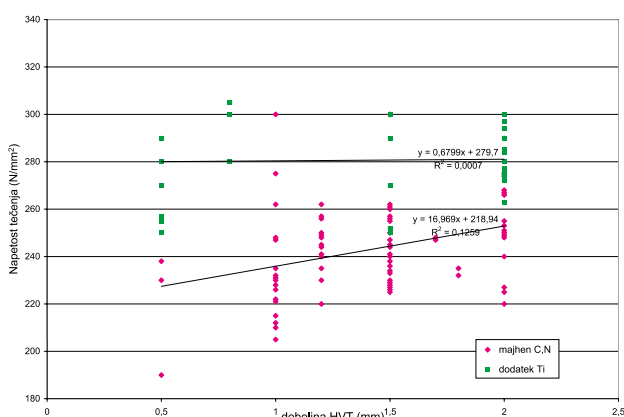
Table 2: Average chemical composition of IF steels

C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N
0,010	0,02	0,22	0,012	0,004	0,035	0,032	0,0060

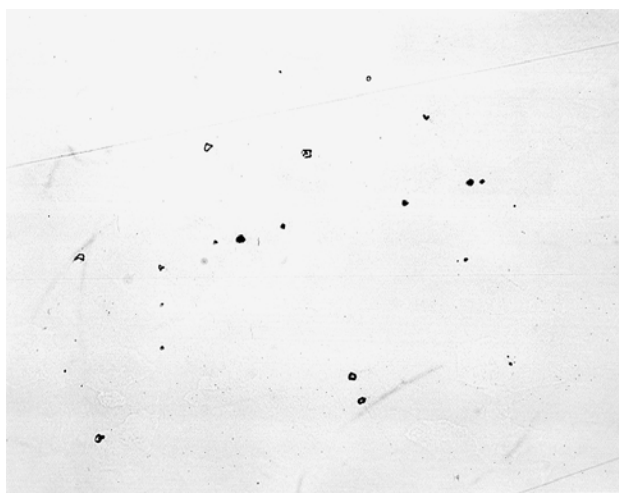


Slika 4: Mikrostruktura HVT z "običajnim" deležem C, N (povečava 500-krat)

Figure 4: microstructure of cold sheet made of "usual" C and N content (500x)



Slika 5: Vpliv dodatka titana na napetost tečenja
Figure 5: Effect of titanium content on yield stress

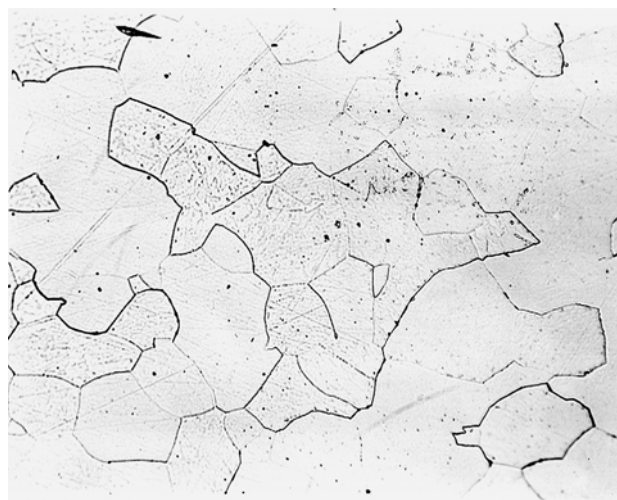


Slika 6: Ti (C,N) v IF-jeklih (povečava 100-krat)
Figure 6: Ti (C,N) in IF steels (100x)

2.2.1 Rezultati preiskav mehanskih lastnosti

Primerjava napetosti tečenja HVT z dodanim titanom ter HVT z majhnim deležem ogljika in dušika je prikazana na **sliki 5**.

Z dodatkom titana se napetost tečenja v primerjavi z jekli, ki imajo majhno vsebnost ogljika in dušika, poveča. Hladno valjane pločevine iz maloogljčnih jekel z dodatkom titana imajo višjo napetost tečenja kot pločevine iz maloogljčnih jekel z majhno vsebnostjo ogljika in dušika.



Slika 7: Mikrostruktura HVT iz IF-jekla (povečava 500-krat)
Figure 7: microstructure of cold rolled sheet made of IF steels (500x)

2.2.2 Metalografske preiskave

V mikrostrukturi jekel z dodatkom Ti je velik delež titanovih karbonitridov (**slika 6**) velikosti tudi do 100 μm . Zrna so poligonalna, velikosti 7-11 po ASTM, na mejah zrn je terciarni ali zrnati cementit (**slika 7**).

3 SKLEPI

1. Z večjim deležem ogljika in dušika se napetost tečenja povečuje, in sicer je pri deležu 0,01% C kar za 40-50 N/mm^2 nižja kot pri hladno valjanih trakovih (HVT) z 0,05% C.
2. Napetost tečenja je odvisna od debeline hladno valjane pločevine. Z debelino HVT se napetost tečenja povečuje.
3. Pločevine iz jekel z dodatkom titana imajo v primerjavi s tistimi z malo ogljika in dušika višje napetosti tečenja. Napetosti tečenja pločevin iz maloogljčnih jekel z "običajno" sestavo in IF-jekel so približno enake.

4 LITERATURA

- ¹O. Kwon, The Minerals; Metals and Materials Society, 1990, 215-228
- ²M. R. Hickson, ISIJ International, 39(1999)11, 1176-1180
- ³J. R. Newby, Metals Handbook, 9th edition, 1978, Vol. 1, 545-559
- ⁴B. Yalamanchili, Wire Journal International, 32(1999)5, 100-106