

Vpliv temperaturnega polja na jeklo plašča valja pri procesu kontinuirnega litja aluminijevih trakov

The Influence of the Temperature Field in Rolls during Continuous Casting of Aluminium Bands

B. Kosec¹, NTF, Oddelek za materiale in metalurgijo, Univerza v Ljubljani

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1996-01-22

Tema našega prispevka je raziskava vpliva temperaturnega polja v plašču valja pri kombiniranem livarsko valjarniškem postopku na jeklo plašča valja. Periodično spremenljivo temperaturno porazdelitev na površini delovnega valja pri livarsko valjarniškem postopku izdelave aluminijevih trakov smo merili v sodelovanju s švicarsko firmo Lauener Engineering na delovnih valjih v Talumu, Kidričevo. Material plaščev delovnih valjev je jeklo 30CD12. V delu so prikazane tudi mehanske in toplotne lastnosti tega jekla kot temperaturne funkcije.

Ključne besede: plašč valja, livarsko valjarniški postopek, jeklo 30CD12, popuščanje, temperaturno utrujanje

The main topic of our work is an investigation of the influence of the temperature field, on the steel of the shell, in the roll shell of the working roll at the combined continuous casting - rolling process. The periodic variation of the temperature distribution on the working roll surface was measured on working rolls in aluminium production factory Talum Kidričevo, Slovenia in contribution with firma Lauener Engineering from Swiss. The material of the roll shell steel is 30CD12 steel. In the work are also presented mechanical and thermal properties of this steel as a functions of the temperature.

Key words: roll shell, combined continuous casting - rolling process, 30CD12 steel, tempering, temperature fatigue

1 Uvod

Pri livarsko valjarniškem postopku izdelave aluminijevih trakov prihaja zaradi samega procesa izdelave, v delovnih valjih do spremenljivega nehomogenega temperaturnega polja^{4,5,6}.

Spremenljivo nehomogeno temperaturno polje v valju vpliva na jeklo plašča delovnega valja na dva načina: na spremembo mehanskih lastnosti zaradi popuščanja⁷ in na temperaturno utrujenost⁸. Vpliv temperature na oba pojavi je kumulativen. To pomeni, da se učinki seštevajo, ne glede na velikost in trajanje.

Kvalitativno najbolj pomembni učinki so nastali pri najvišjih temperaturah (popuščanje) in največjih temperaturnih spremembah (temperaturna utrujenost).

V jeklu nosilnega srednjega dela valja teh pojavov ni, ker ga pred toploto, ki prehaja z obdelovane kovine, ščiti hladilni sistem na meji s plaščem.

2 Površinske temperature in matematično modeliranje

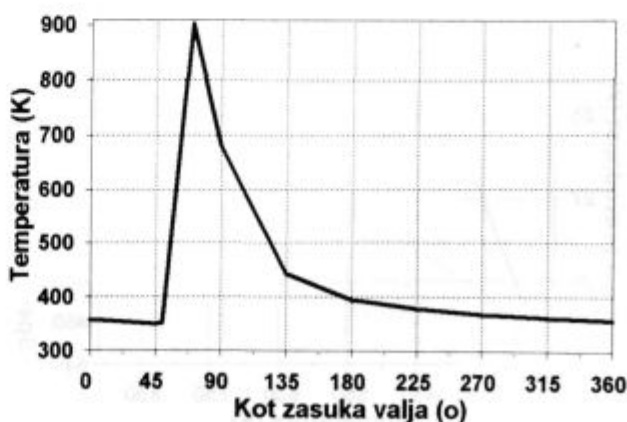
Meritve temperatur na površini delovnega valja smo opravili na sistemu 3C² v Talumu, Kidričevo v sodelovanju s strokovnjaki iz Taluma in švicarske firme Lauener Engineering.

Maksimalne izmerjene vrednosti temperatur v posameznem temperaturnem krogu, ki se spreminja s periodo $2 \cdot \pi$, so prikazane na diagramu na sliki 1.

Temperature na notranji površini plašča so zaradi notranjega vodnega hlajenja valja relativno nizke (do maksimalno 303 K).

Fizikalni in matematični model temperaturnega polja v notranje vodno hlajenih rotirajočih valjih za kontinuirno litje aluminijevih trakov smo izdelali in opisali v že objavljenih člankih in delih^{5,6}. Izdelali smo dvodelni model, ki je obravnaval ločeno jedro in plašč valja, povezana le preko robnih pogojev. Za numerično reševanje smo zaradi relativno preproste geometrije uporabili MKD⁵.

Pokazali smo, da je najbolj kritično temperaturno polje v delu plašča valja, ki je v danem trenutku v neposrednem stiku s kovino (v t.i. primarni preoblikovalni coni).



Slika 1: Temperaturni krog pri litju aluminijevih trakov
Figure 1: Temperature cycle by aluminium strip casting

¹ Mag. Borut KOSEC, dipl.inž.stroj.
NTF, Oddelek za materiale in metalurgijo
1000 Ljubljana, Aškerčeva 12

Temperature v plaščih valjev so med 293 in 903 K. Debeline plaščev valjev so relativno zelo majhne (med 50 in 25 mm), zato prihaja v plaščih do velikih temperaturnih gradientov, kar vodi do pojava velikih termičnih napetosti. Temperaturni gradienti seveda naraščajo z manjšanjem debeline plašča po obnovi valjev.

3 Toplotne in mehanske lastnosti jekla 30CD12

Toplotne in mehanske lastnosti jekla 30CD12^{1,7,9} smo analizirali za temperaturno območje med 273 in 903 K. Osnovni vzrok za izbiro takega temperaturnega intervala je, da maksimalna temperatura v sistemu pri livarsko valjarniškem postopku izdelave aluminijevih trakov ne presega zgornje temperature tega intervala.

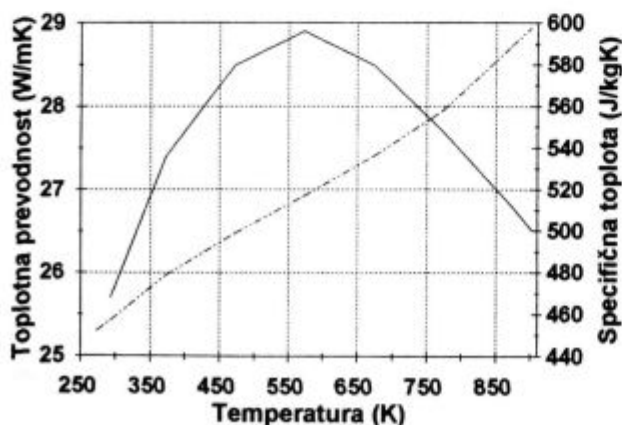
V tabeli 1 je prikazana okvirna kemijska sestava, v diagramih na slikah 2 in 3 toplotne, na slikah 4 in 5 pa mehanske lastnosti jekla 30CD12 kot funkcije temperature za temperaturno območje med 273 in 903 K.

Tabela 1: Kemijska sestava jekla 30CD12
Table 1: Chemical composition of the 30CD12 steel

element	(%)
C	0.38
S	0.021
Si	0.30
Cr	3.50
Ni	0.40
Cu	0.17
Mn	0.60
Mo	1.10
P	0.012
V	0.30
Al	0.11

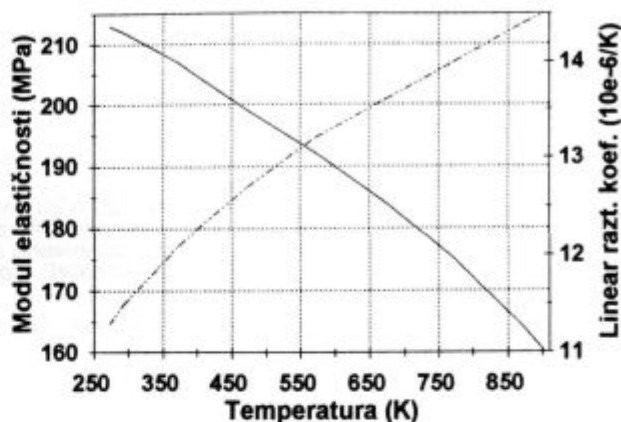
4 Kinetika popuščanja jekla 30CD12

Kinetika popuščanja jekla 30CD12, ki se danes zelo veliko uporablja za plašče valjev pri livarsko valjarniškem postopku izdelave aluminijevih trakov, je prikazana na sliki 6.

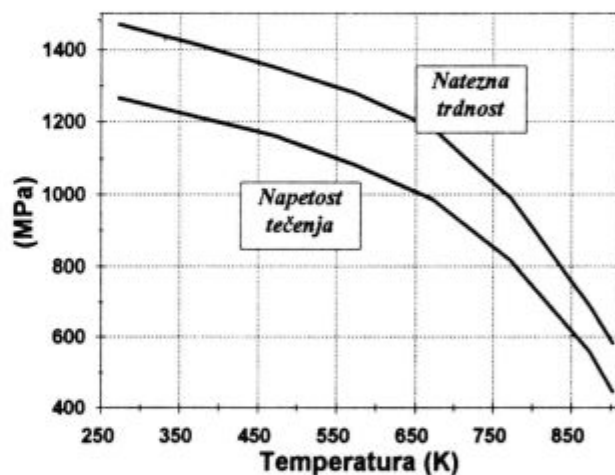


Slika 2: Toplotna prevodnost in specifična toplota
Figure 2: Thermal conductivity and specific heat

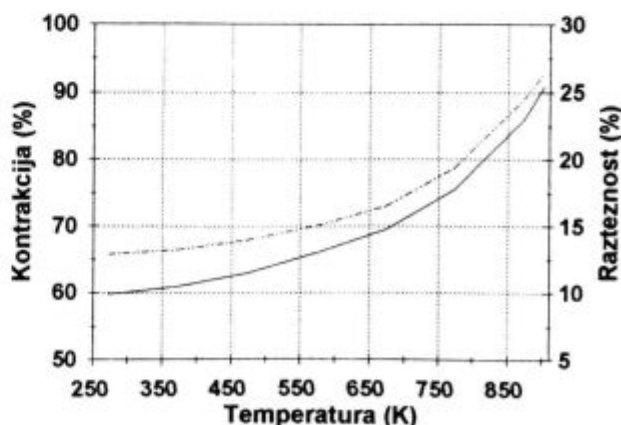
Jeklo je bilo pred dolgotrajnim zveznim popuščanjem pri temperaturi 903 K (najvišji delovni temperaturi pri livarsko valjarniškem postopku izdelave aluminijevih trakov) kaljeno in 1 uro popuščano pri treh različnih temperaturah.



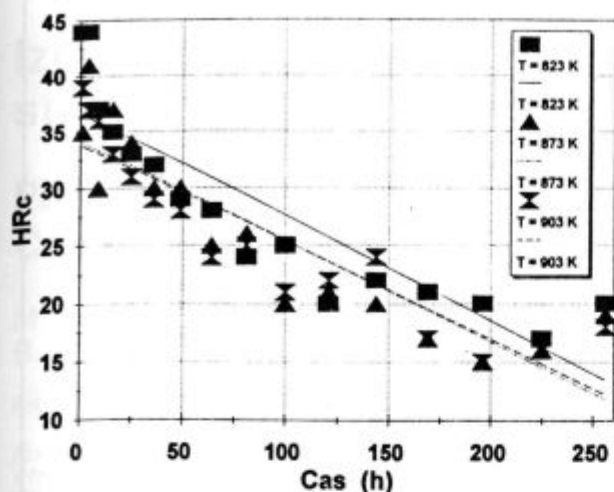
Slika 3: Elastičnosti modul in linearni raztezni koeficient
Figure 3: Modulus of elasticity and linear expansion coefficient



Slika 4: Napetost tečenja in natezna trdnost
Figure 4: Yield strength and tensile strength



Slika 5: Kontrakcija in razteznost
Figure 5: Reduction of area and elongation



Slika 6: Kinetika popuščenja jekla 30CD12
Figure 6: Kinetics of tempering the 30CD12 steel

Odvisnost trdote (HRC) od časa popuščenja (t) smo popisali s statističnim programom LINEAR s funkcijo, ki opisuje trdoto kot funkcijo kvadrata časa popuščenja.

Pri popuščenju jekla se spreminjajo mikrostruktura in mehanske lastnosti jekla. Spremembe so odvisne od temperature in časa popuščenja. Spreminjanje trdote v odvisnosti od temperature in časa popuščenja je nazorno prikazano na **sliki 6**.

Normalne poškodbe zamenljivega plašča valjev so razpoke zaradi temperaturne utrujenosti. Razpoke rastejo v globino, na temenu pa se toliko razširijo, da ostanejo v traku mreže razpok, ki jih s hladnim valjanjem ni mogoče izbrisati. Ko dosežejo razpoke določeno globino, je potrebno celotno površinsko plast plašča odstraniti (z brušenjem) do globine, ki je večja od najgloblje razpoke. Hitrost rasti razpoke se povečuje tudi z njeno dolžino, zato je to drugi razlog, da je potrebno pri določeni globini poškodovano površino odstraniti.

Tako obnovljeni valj se po prvem in naslednjih brušenjih poškoduje zaradi utrujenosti hitreje od novega

oziroma kot po predhodnem brušenju. Vzrok za to je zmanjševanje mehanskih lastnosti zaradi popuščenja. Zato nastanejo razpoke hitreje in se tudi hitreje širijo. Zato se tudi masa ulitih trakov po vsakem brušenju v primerjavi s predhodnim zmanjšuje.

5 Sklepi

Temperature v valjih določajo napetosti in deformacije v njih. Od tega sta odvisna pojava: temperaturna utrujenost in poškodbe zaradi temperaturnih šokov.

Naslednja logična problema pri kontinuirnem litju aluminijevih trakov sta izračun temperaturnih napetosti v plašču valja in integralna ocena popuščne obstojnosti jekla plašča valja kot posledica ponavljajoče se temperaturne obremenitve jekla plašča valja med najnižjo in najvišjo temperaturo temperaturnega kroga. Na ta način bi se približali tudi vnaprejšnji napovedi začetka in hitrosti rasti razpok.

6 Literatura

- ¹ Böhler - Edlestahl - Handbuch auf PC, Kapfenberg, 1993
- ² Caster 3C, Technical documentation PICHINEY aluminium engineering, 1987
- ³ Carden A. E., McEvily A. J., Wells C. H.: Fatigue at Elevated temperatures, ASTM, Baltimore, 1973
- ⁴ Esser F., Kruse H.: Beitrag zur Berechnung der termischen Erstarrungsvorgänge durch Rechneranwendung Teil III.: Anwendungsbeispiele Aluminium-Giesswalzen und Erstarrung in die Schweissnaht, *Neue Hütte*, 1974, 1, 15-21
- ⁵ Kosec B.: Temperature spremembe na valjih pri kontinuirnem litju aluminijevih trakov, *Magistrsko delo*, NTF - Oddelek za materiale in metalurgijo, Ljubljana, 1993
- ⁶ Kosec B., Kolenko T., Pavlin F.: Temperaturno polje v valjih pri kontinuirnem litju aluminijevih trakov, *Kovine, zlitine, tehnologije*, 1994, 3, 520-522
- ⁷ Kosec L., Igerc N., Gnamuš J., Urnaut B.: Jeklo za plašče obnovljivih valjev za kontinuirno litje kovinskih trakov, NTF - Oddelek za materiale in metalurgijo, Ljubljana, 1992
- ⁸ Nes E., Fartum P.: Thermal Fatigue of Caster Steels, *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 12, 1989, 107-111
- ⁹ Stahl-Eisen-Werkstoffblätter (SEW) des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Physikalische Eigenschaften von Stählen, Düsseldorf, 1992