

MERITVE TEMPERATURNEGA POLJA NA POVRŠINI KONTILITIH SLABOV IZ AVSTENITNEGA NERJAVNEGA JEKLA

TEMPERATURE FIELD MEASUREMENTS ON CONTINUOUS CASTING AUSTENITIC STAINLESS STEEL SLABS

Alenka Kosmač, Toni Kozjek, Semjon Ilić

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

Prejem rokopisa - received: 1999-12-20; sprejem za objavo - accepted for publication: 2000-02-09

Prispevek obravnava rezultate in izvedbo meritev temperaturnega polja na površini kontilitih (KL) slabov iz avstenitnega nerjavnega jekla. Z uporabo infrardečega vrstičnega merilnika temperature Landscan LS113 smo določili termično stanje žile in temperaturne razlike na površini slabov. Rezultati meritev potrjujejo nastanek vročih točk na mestih, kjer se na kontilitih slabih najpogosteje pojavljajo razpoke in depresije.

Ključne besede: nerjavna jekla, avstenitna; kontinuirno ulivanje, temperaturno polje, meritve

Results and experimental procedure of the temperature field measurement on the surface of continuous casting (CC) austenitic stainless steels are described. The infrared linescanner Landscan LS113 was used for determination of the thermal strand state and temperature differences on the slab surface. The results obtained, confirmed the presence of hot spots on the surface, where cracks and surface depressions are the most frequent.

Key words: stainless steel, austenitic, continuous casting, temperature field, measurement

1 UVOD

Pri izdelavi avstenitnih nerjavnih jekel so se na luženi površini toplo valjanih trakov pojavljale luskinе, in sicer v glavnem v pasovih približno 100 mm od roba traku.

Pri natančnem pregledu in spremljanju celotne tehnološke poti smo opazili:

- depresije na kontilitih slabih
- lokacija depresij oz. razpok na kontilitih slabih je sovpadala z lokacijo luskin.

Z vrstičnim merilnikom temperature smo merili temperaturno polje na površini kontilite žile nerjavnih jekel pri izstopu iz naprave za kontinuirno ulivanje (12. segment). Tako smo identificirali termično stanje žile in temperaturne razlike na površini slaba.

2 TEORETIČNE OSNOVE

Napake pri strjevanju in nastanek vročih točk

Wolf¹ navaja, da so avstenitna nerjavna jekla nagnjena k neenakomerni rasti strjene skorje, s poudarjeno hrapavostjo površine - navadno v obliki prečnih depresij. Temperatura površine v depresiji je visoka, kar povzroča nastanek vročih točk s slabo mehansko odpornostjo. Hkratno naraščanje velikosti kristalnih zrn v mikrostrukturi lahko ravno tako zmanjša duktilnost pri visoki temperaturi.² Pri ogljikovih jeklih je največja nevarnost tvorbe razpok in prodora na vročih točkah v soodvisnosti z ohlajevalnimi razmerami v bližini vogala slaba.

Po Thomas-u³ izhajajo vzroki za nastanek luskin že iz samega litja v slabe. Zaradi velikega ferostatičnega tlaka na strjen plašč (skorja) žile, se vogal, ki se hladi z dveh strani, najhitreje ohladi in postane veliko trdnjši od druge strjene skorje. Robovi se zaradi hitrejšega ohlajanja krčijo hitreje kot drug material, zato nastane rež, ki se povečuje z dolžino kokile. Velikost reže (in s tem toplotnega toka) je odvisna od tega, kako hitro se skorja krči, od ferostatičnega pritiska, ki jo potiska navzven, hitrosti ulivanja, sposobnosti za prevajanje toplote staljenega praška v kokili in koničnosti kokile. Na ravnih področjih pa zmanjšano hitrost toplotnega toka spremljajo preko reže "vroče točke" na površini jekla. Vroče točke se ujemajo s tanjšo skorjo na teh mestih. Med strjeno skorjo in kokilo je odvod toplote slabši, kar je vzrok za nastanek tanjše strjene skorje, kar lahko povzroči celo prodor taline. Vroče točke so vzrok



Slika 1: Lokacija depresij in razpok na kontilitem slabu
Figure 1: Surface depressions and cracks on continuous casting slab

za napetosti in razpoke v plasti 2 - 6 mm pod površino skorje. Napetost, ki je potrebna za nastanek razpok, je samo 1% natezne trdnosti, ki jo material zdrži pri sobni temperaturi, to je približno 6 N/mm². Thomas med vzdolžne napake navaja 2 - 5 mm globoke depresije, ki so značilne zlasti za nerjavna jekla in razpoke pod površino na isti lokaciji pri ogljikovih jeklih, ki so občutljiva za razpoke. Avtor ne omenja pojava razpok na avstenitnih nerjavnih jeklih.

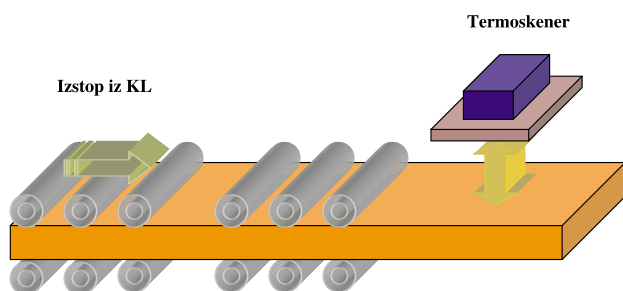
Shematski prerez slaba z depresijami prikazuje **slika 1**.

3 IZVEDBA MERITEV

Izvedba meritev je potekala z uporabo vrstičnega merilnika temperature Landscan LS 113⁴. To je zelo hitri infrardeči termometer, ki preko rotirajočega ogledala zajema temperaturo prečno na pomik valjanega traku ali slaba. S pomikanjem valjanega traku ali slaba in merjenimi prečnimi odčitki temperature nastane dvodimenzionalna temperaturna matrika.

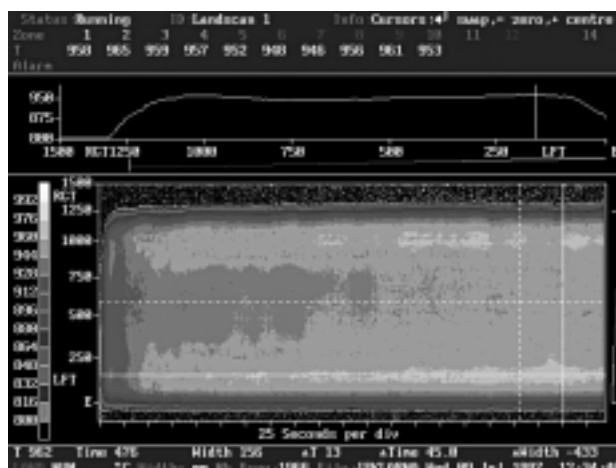
Merilno območje uporabljenega merilnika je 800-1400°C, točnost meritve ±0,1°C. Kot skeniranja je 60°, največja oddaljenost od merilnega objekta pa je 9m. Hitrost rotacijske merilne glave je nastavljiva, in sicer v območju 5-25Hz ali meritev na sekundo. Vsaka linijska meritev lahko vsebuje 1000 merjenih točk, optimalno število brez prekrivanja je 314 na fokusni razdalji merjenega objekta 1200mm.

Lokacija merilne glave vrstičnega termometra je bila na izstopu žile iz dvanajstega segmenta naprave za kontinuirno ulivanje (**slika 2**). Zaradi velike intenzitete toplotnega sevanja med ulivanjem nerjavnih jekel je bila izvedba meritev zelo zahtevna, saj je dovoljena temperatura merilne glave le 50°C. Merilnik je bil postavljen na konzolnem nosilcu, oddaljen 1630 mm od KL žile. Zaradi sevanja, ki prihaja v merilno glavo skozi odprtino optične glave, je treba odvesti veliko količino toplote iz naležne strani naprave, za kar je potreben močan pretok hladilne vode. Med ulivanjem je meritve nemogoče prekiniti zaradi nedostopnosti merilnega mesta in zelo visokih temperatur. Pri tem je treba poudariti, da je bil merilnik (merilna glava tip LS 113) namenjen za spremljanje temperature slabov pred vročim



Slika 2: Prikaz postavitve vrstičnega merilnika temperature ob izstopu iz kontinuirne livne naprave

Figure 2: Location of termscanner above continuous casting strand



Slika 3: Temperaturno polje, prva šarža, začetek ulivanja
Figure 3: Temperature field on slab surface, heat 1, start

valjanjem in ne za meritve in kontrolo temperaturnega polja na njihovi površini med kontinuirnim ulivanjem.

4 REZULTATI MERITEV

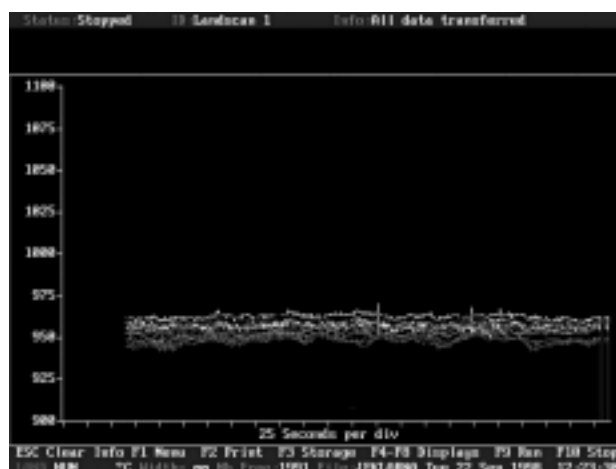
Meritve smo izvajali na avstenitnem nerjavnem jeklu AISI 316Ti, in sicer pri dveh različnih šaržah (v nadaljevanju šarža 1 in šarža 2).

Šarža 1

Slika 3 prikazuje zapis meritve temperaturnega polja na površini slaba, šarža 1 - začetek ulivanja.

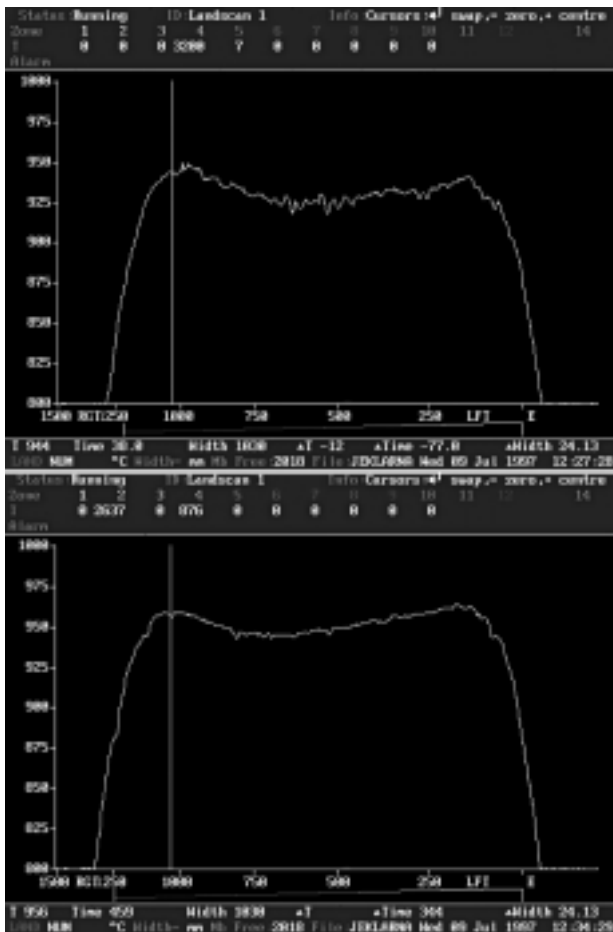
Razlika med temperaturo v sredini slaba in najtoplejšo točko je bila 13°C (presečišči črtkane in polne črte).

Na **sliki 4** je prikazana raztresenost temperatur - začetek ulivanja.



Slika 4: Temperaturni profil vzdolžno na smer ulivanja, šarža 1, začetek ulivanja

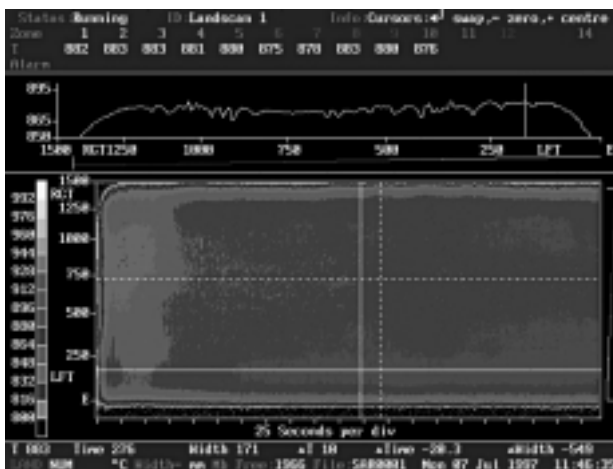
Figure 4: Temperature profile - longitudinal, heat 1, start



Sliki 5 in 6: Temp. profil po širini slaba, začetek ulivanja in po 7min, šarža 1

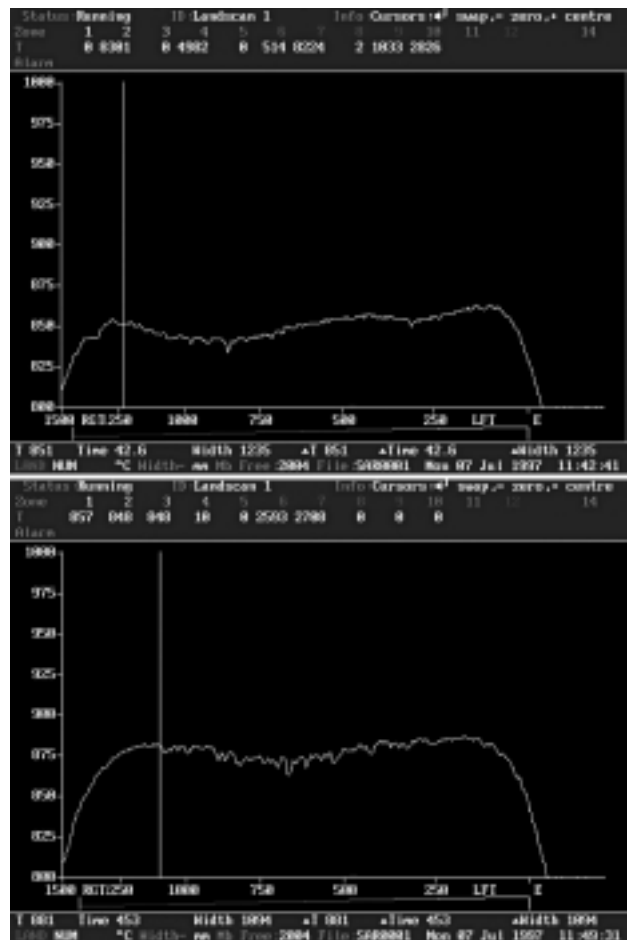
Figures 5 and 6: Temperature profile - transverse, start and after 7min, heat 1

Na slikah 5 in 6 je prikazan temperaturni profil po širini slaba na začetku ulivanja (slika 5) in po približno 7min (slika 6). Na temperaturnem profilu so jasno vidne vroče točke na obeh straneh in padec temperature na



Slika 7: Temperaturni profil vzdolžno na smer ulivanja, šarža 2, začetek ulivanja

Figure 7: Temperature profile - longitudinal, heat 2, start



Sliki 8 in 9: Temp. profil po širini slaba, začetek ulivanja in po 7min, šarža 2

Figures 8 and 9: Temperature profile - transverse, start and after 7min, heat 2

sredini žile. Iz primerjave slik je razvidno, da oblika temperaturnega profila ostaja ves čas enaka. Temperatura vročih točk narašča in je na začetku ulivanja 944°C, nato pa naraste na 956°C.

Šarža 2

Povprečne temperature pri šarži 2 so bile precej nižje od šarže 1 (slika 7). Kljub nižjim povprečnim temperaturam pa so tudi na tem slabu jasno vidne vroče točke. Razlika med temperaturo na sredini površine in vročo točko je 10°C.

Na slikah 8 in 9 je prikazan temperaturni profil šarže 2. Čas od začetka ulivanja je enak kot pri šarži 1 - sliki 5 in 6. Iz primerjave temperatur vročih točk šarže 1 in 2 se da ugotoviti, da je na začetku ulivanja pri šarži 2 temperatura vroče točke nižja za 90°C, po 7 minutah pa je razlika temperatur vročih točk 75°C.

5 SKLEPI

Dokazali smo pojav razpok pod depresijami tudi pri ulivanju avstenitnih nerjavnih jekel.

Uspelo nam je točno identificirati in locirati vroče točke na površini slabov iz avstenitnih nerjavnih jekel. V povezavi z depresijami in razpokami 2-6mm pod površino te točke pomenijo potencialno mesto za nastanek luskin.

S koordinatami smo lahko za vsako točko natančno določili temperaturo na površini slabov po izhodu iz 12. segmenta kontinuirne livne naprave.

6 LITERATURA

- 1 M. Wolf, *Ironmaking and Steelmaking*, 13 (1986) 5, 248
- 2 Y. Maehara, K. Yasumoto, Y. Sugitani, K. Gunji: *Trans. Iron Steel Inst.*, 25 (1985) 1045
- 3 B.G. Thomas, *Steelmaking conference proceedings*, 1991, 105-116
- 4 Land Infrared Ltd.: *Infrared Linescan Systems*, Publication LSSW 4.1/0696 (1996)