

# Vpliv pogojev konti litja na lastnosti slabov

## The Influence of Casting Conditions on the Slab Properties

M. Kurbos, *Železarna Jesenice, Jesenice*

in

J. Lamut, T. Kolenko, *Oddelek za montanistiko, FNT, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 20*

in

M. Debelak, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, Ljubljana*

*Pri vlivanju slabov srednjeogljčnega jekla legiranega z nikljem in kromom smo ocenjevali tehnološke kazalce vlivanja in njihov vpliv na kakovost.*

*At the casting of slabs of medium carbon steels alloyed with nickel and chromium we estimated the technological parameters of casting and their influence on the quality.*

### 1 Uvod

Kakovost vlitih slabov je odvisna od tehnoloških kazalcev in tehnološke opremljenosti kontinuirne naprave. Na kakovost vplivajo pogoji vlivanja, to je temperatura litja, hitrost litja, livni praški in hlajenje v sekundarni coni. Na vlitih slabih smo ocenjevali kakovost površine in na lužilnih ploščah potek strjevanja in notranje napake.

### 2 Temperatura litja

Temperatura vlivanja za posamezne vrste jekla je odvisna od temperature likvidusa, ki jo izračunamo po naslednji formuli:

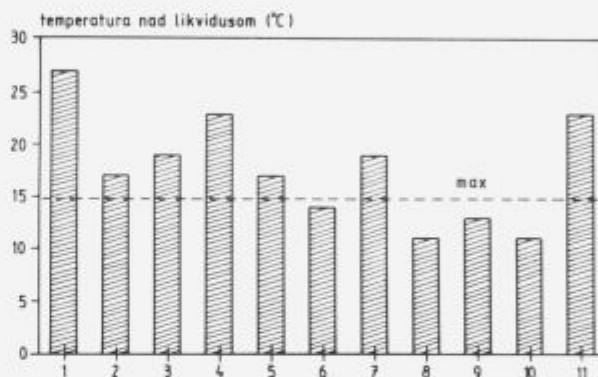
$$T_{lik} = 1536^{\circ}\text{C} - (88\%C + 8\%Si + 5\%Mn + 1.5\%Cr + 4\%Ni + 2\%Mo + 18\%Ti + \%S + \%P + 2)$$

Predpisane temperature vlivanja so:

- 25 do 35°C nad  $T_{lik}$  za jeklo z  $C < 0.1\%$
- 15 do 25°C nad  $T_{lik}$  za jekla z C od 0.1 do 0.25%
- 5 do 15°C nad  $T_{lik}$  za jekla z  $C > 0.25\%$

Temperatura pregretja poveča cono dendritnih in zmanjša cono globulitnih kristalov. Temperaturo smo merili v vmesni ponovci ob začetku vlivanja. Razlika med temperaturo vlivanja in temperaturo likvidusa za posamezne šarže jekel z ogljikom nad 0.25% je prikazana na sliki 1. Iz diagrama je razvidno, da je temperatura vlivanja pri nekaterih šaržah tudi nad 27°C nad likvidusom. To pa vpliva na potek strjevanja tako, da se poveča cona dendritnih kristalov. Zato je v tem primeru iz lužilnih plošč razvidno, da posamezni dendriti segajo globoko proti sredini.

Zaradi višjih temperatur, ki jo ima talina v vmesni ponovci vlivamo z manjšo hitrostjo. Zmanjšanje hitrosti je potrebno zato, da je talina manj časa v stiku s hladno steno kokile. Pri manjših hitrostih vlivanja žila počasneje potuje skozi cono sekundarnega hlajenja, zato se na poseameznih delih zadržuje več vode, kar vodi do lokalnih podhladitev in površinskih razpok.



Slika 1. Razlika med temperaturo vlivanja in likvidusom.

Figure 1. The difference between casting temperature and liquidus temperature.

### 3 Hitrost vlivanja

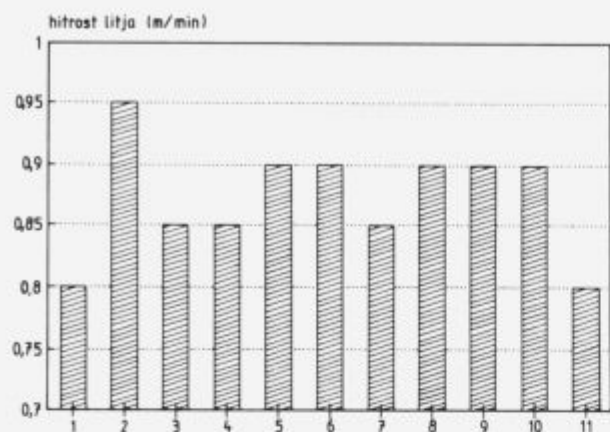
Hitrost vlivanja izberemo glede na temperaturo taline v vmesni ponovci, saj nam pri večjih pregretjih manjša hitrost litja omogoča, da je strjena skorja žile ob izstopu iz kokile dovolj debela, da se ne pretrga. Čim više nad temperaturo likvidusa je temperatura litja, tem manjša mora biti hitrost litja. Hitrosti litja za jekla z C nad 0.25% so prikazane na sliki 2. Iz primerjav slike 1 in 3 je razvidno, da je pri višjih temperaturah pregretja izbrana manjša hitrost vlivanja.

Na sliki 3 je prikazan vpliv hitrosti vlivanja na debelino skorje ob izstopu iz kokile. Na sliki 4 je prikazana debelina skorje ob izstopu iz kokile za preiskovane šarže, ki znaša od 22 do 25 mm.

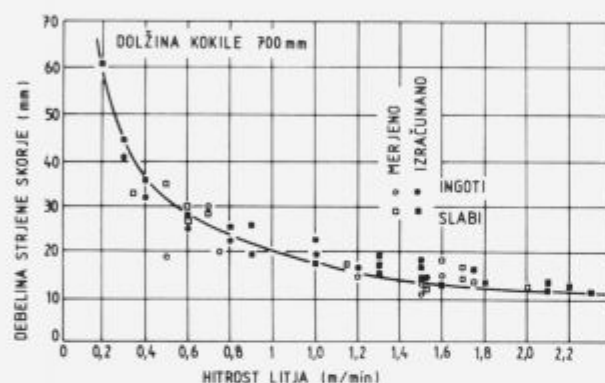
### 4 Livni prašek

Na površino litih slabov ima velik vpliv tudi livni prašek, ki ima naslednje naloge:

- zaščita taline pred oksidacijo,
- toplotna izolacija,
- sprejemanje in raztapljanje nekovinskih vključkov,

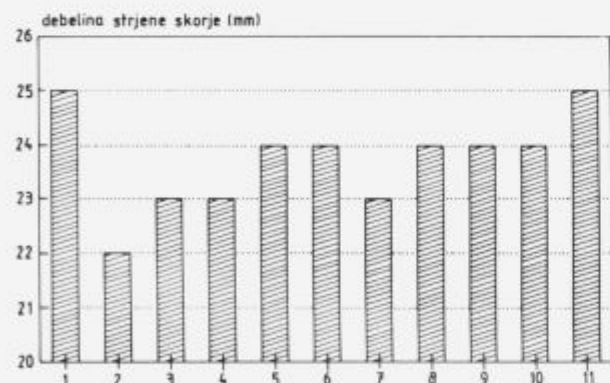


Slika 2. Hitrost vliivanja jekla.  
Figure 2. Casting speed of steel.



Slika 3. Vpliv hitrosti litja na debelino strjene skorje.

Figure 3. The influence of the casting speed on the thickness of the solidified shell.



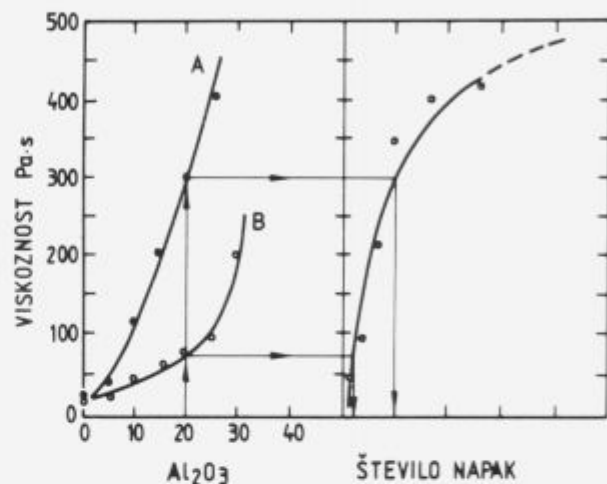
Slika 4. Debelina skorje ob izstopu iz kokile.

Figure 4. The thickness of the solidified shell at the end of the mold.

- mazanje med žilo in kokilo ter
- zagotovitev enakomernejšega prenosa toplote med žilo in kokilo.

Tem nalogam zadostimo z izbiro livnega praška s pravilno temperaturo sintranja, nataljevanja, taljenja in

viskoznostjo. Pri jeklih z nizkim ogljikom, kjer je krčenje večje, uporabimo bolj tekoč livni prašek, da zapolnimo rezo med žilo in kokilo. Poleg tega ima pomembno vlogo tudi vsebnost ogljika v prašku, posebno pri nizkoogljčnih jeklih, kjer obstoji nevarnost naogljčenja. Poleg ogljika je pomembna tudi vsebnost  $Al_2O_3$ , saj njeno povečanje do približno 15% vodi do močne spremembe viskoznosti. Viskoznost močno naraste, zaradi tega se povečuje možnost nastanka vzdolžnih razpok zaradi povečanega trenja (slika 5).



Slika 5. Vpliv  $Al_2O_3$  v prašku na viskoznost praška in na pojav vzdolžnih napak.

Figure 5. The influence of  $Al_2O_3$  in the casting powder on the viscosity of the powder and the longitudinal cracks.

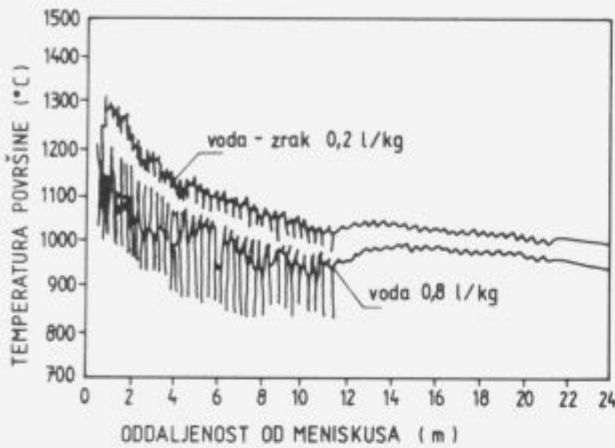
## 5 Hlajenje v sekundarni coni

Hlajenje v sekundarni coni ima tudi pomembno vlogo pri kontinuimnem litju, saj nepravilno hlajenje vpliva na strukturo strjevanja in na nastanek površinskih napak. Na napravi za kontinuorno litje v jeklarni Bela dela sistem hlajenja s pršenjem vode skozi širokokotne šobe. Ta sistem hlajenja ima določene slabosti, kot je npr. neenakomerno hlajenje, kar vodi do lokalnih podhladitev in s tem do nastanka površinskih napak. Poleg tega je pri tem sistemu velika poraba vode, ki znaša od 0.6 do 1.1 l/kg vlitega jekla. Zaradi teh pomankljivosti sistema hlajenja tudi v jeklarni Bela načrtujejo uvedbo sistema hlajenja voda-zrak, kjer se v šobi pomešata voda in zrak in tvorita curek zelo drobnih vodnih kapljic, ki enakomerneje prekrivajo površino lite žile. Poraba vode se v tem primeru zmanjša na 0,2 l/kg litega jekla. Na sliki 6 je prikazana primerjava med obema sistemoma hlajenja glede na temperaturo površine žile.

## 6 Ukrepi za izboljšanje kakovosti slabov

Pri jeklih za elektro pločevino in za globoki vlek je kakovost slabov v predpisanih mejah, medtem ko se pri konstrukcijskih jeklih (npr.: Č.0451, Č.0562) pojavljajo površinske napake in sicer so največkrat na robovih. Za odpravo teh napak in za izboljšanje kakovosti slabov bi naprava za kontinuorno vliivanje potrebovala naslednjo dodatno opremo in izboljšave:

- rekonstrukcija vmesne ponovce z vgradnjo pregrad, ki bi pripomogle k temu, da bi se zmanjšalo število nekovinskih vključkov.



Slika 6. Temperature krivulje za sistem hlajenja z vodo in voda zrak.

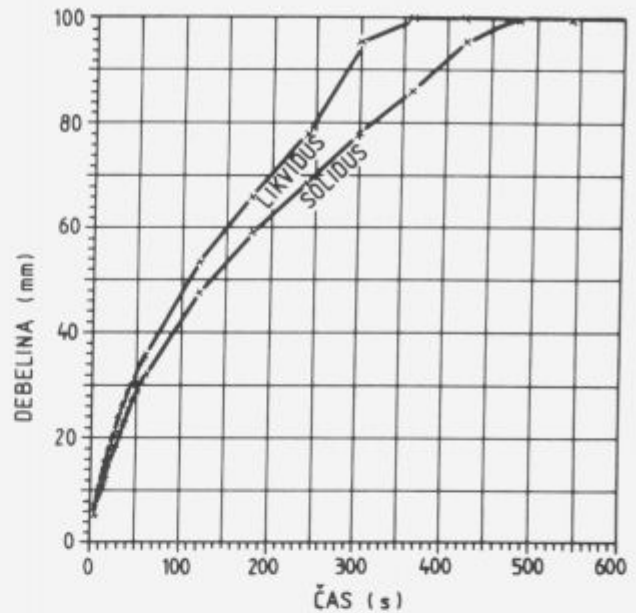
Figure 6. The temperature curves for the water cooling system and air mix system.

- naprava za avtomatsko vlivanje, ki kontrolira nivo taline v kokili. Zaradi prevelikega nihanja nivoja taline dobimo vlivni prašek tik pod površino slaba.
- merjenje temperature slaba do cone ravnanja bi nam omogočalo sprotno regulacijo hitrosti litja in količine vode v coni sekundarnega hlajenja, kar bi preprečilo nastanek napak na površini. Z matematičnim modelom strjevanja smo ugotovili, da se slab debeline 200 mm strdi po 470 sekundah. Na sliki 7 je prikazan izračun krivulj likvidusa in solidusa za preiskovano jeklo. Na sliki 8 pa je grafično podana temperatura površine in sredine slaba do mesta rezanja.
- hlajenje s sistemom voda-zrak, ki je opisano v poglavju 5, hlajenje v sekundarni coni.
- naprava za kontroliranje prh, ki pokaže celotno sliko hlajenja v sekundarni coni, iz katere je razvidno, če katera od prh ne deluje. S tem se izognemo bočenju slabov in površinskim napakam.
- valjni preizkuševallec kontrolira geometrijo naprave in medvaljčne razdalje. S to kontrolo je omogočeno litje slabov z zmanjšanim številom notranjih napak, katerih vzroki so nepravilna razdalja med valjčnicami, nepravilna konična nastavitve valjčnic v področju končnega strjevanja in nepravilna geometrija naprave.

Članek je izveček iz diplomske naloge M. Kurboš izdelane v juliju 1991 na Odseku za metalurgijo—FNT Univerze v Ljubljani.

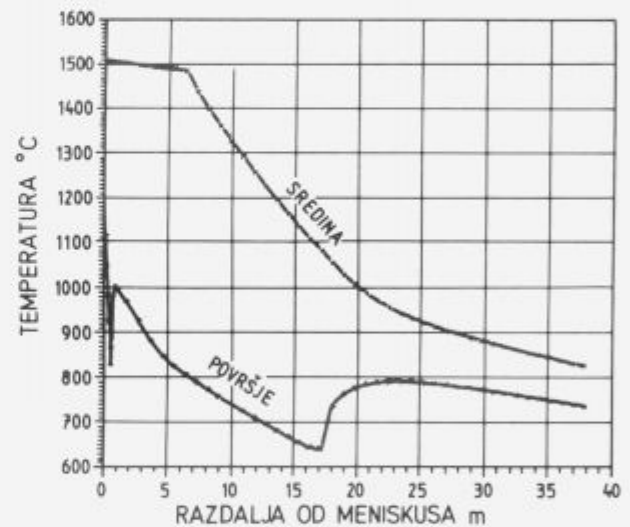
## 7 Literatura

- 1 Manessmann-Demag: Tehnologija kontinuirnega vlivanja, 1986
- 2 H. Schrewe: Stranggiessen von Stahl
- 3 Giessen und Erstarren von Stahl: Luxemburg 29.11. do 1.12.1977. Verlag Stahleisen m.b.H., Dusseldorf
- 4 Szekely, Ilegbusa O.J.: The physical and mathematical modeling of tundish operations, MRE, New York 1989, page 1-52
- 5 Heaslip L.J., Mclean A., Sommerville I.D.: Continuous casting, Vol. 1, chemical and physical interactions during transfer operations, AIME 1983, pages 67-97



Slika 7. Profil strjevanja.

Figure 7. The solidification profile.



Slika 8. Temperatura na površini in v sredini slaba.

Figure 8. Temperature on the surface and in the middle of the slab.

- 6 Iwata K and coop.: Clean steel production using large section bloom caster (on the effect of tundish heater, damm, cover slag & secondary refining) 1. European conference on continous casting, Florence, Italy 1991, pages 2145-1152
- 7 Mauhar M.A.: Filtration on nonmetallic inclusions in the tundish, Steel technology International, London, 1989, pages 201-206
- 8 Sahai Y., Ahuja R.: Fluid flow and mixing of melt in steelmaking tundishes, Ironmaking and Steelmaking, Vol. 13, 1986, No. 5, pages 241-247