

Izbira livnih praškov pri kontinuiranem vlivanju jekel za debelo pločevino

Selection of Casting Fluxes in Continuous Casting of Steel for Plates

M. Kurbos, Železarna Jesenice, Jeklarna Bela

Zadovoljivo kvaliteto površine kontinuirano vlitih slabov zagotavljamo z uporabo ustreznih livnih praškov in z optimalnimi parametri vlivanja. Zato je pomembno, da izberemo za vsako kvaliteto jekel livni prašek z najoptimalnejšimi lastnostmi.

Izbiri livnega praška z ustreznimi lastnostmi (viskoznost, bazičnost, temp. tališča, kem. sestava) za določeno kvaliteto jekel smo izvedli med različnimi livnimi praški pri čimbolj enakih pogojih litja. Ustreznost livnega praška pa je ocenjena na podlagi rezultatov.

Ključne besede: livni prašek, infiltracija žlindre

Satisfactory quality of the surface of continuously cast slabs can be achieved with suitable casting fluxes and the optimal casting parameters. Thus it is essential to choose the flux with the optimal properties for each steel type.

The selection of casting flux with suitable properties (viscosity, basicity, melting point, chemical composition) for single steel was made at as constant casting conditions as possible from the series of casting fluxes. The suitability of the flux was then tested.

Key words: mould powders, slag infiltration

1 Uvod

Jekla za debelo pločevino predstavljajo poseben problem iz dveh vidikov. Prvi problem je v sami sestavi teh jekel, saj vsebujejo med 0.12 in 0.20% C. Pri jeklih z ogljikom med 0.10 in 0.15% nastopi transformacija delta faze v gama, za katero je značilna velika volumska deformacija, ki vodi do večjega krčenja in s tem do pojava večje zračne špranje med žilo in kokilo. Le ta pa ima vpliv na prehod toplote v kokili in jo je potrebno zapolniti, kar pa zahteva ustrezen livni prašek. Pri jeklih z ogljikom med 0.16 in 0.19% pride do rasti austenitnih zrn in posledično do povečanja krhkosti. Drug problem pri teh jeklih je manjša redukcija med valjanjem kot pri tanki pločevini. To pomeni, da se ne moremo zanašati na to, da bi z redukcijo pri valjanju eliminirali notranje in zunanje napake, zato je kvaliteta površine slabov še toliko pomembnejša.

2 Naloge in lastnosti livnih praškov

Na kvaliteto površine vlitih slabov in učinkovitost kontinuiranega vlivanja ima poleg ostalih parametrov vlivanja velik vpliv tudi livni prašek. Naloge, ki jih opravlja livni prašek v kokili in zahteve, katerim mora zadovoljiti, so zelo komplicirane in so naslednje:

- tvorba tekoče žlindre faze
- infiltracija žlindre v špranjo med žilo in kokilo
- mazanje žile
- kontrola prehoda toplote med žilo in kokilo
- količina tekoče žlindre faze mora biti ves čas vlivanja konstantna

- preprečuje oksidacijo jeklene taline v kokili
- služi kot toplotna izolacija na površini jekla v kokili in
- absorbira vključke, ki se dvigajo iz taline.

Med vsemi procesi je infiltracija žlindre v špranjo med žilo in kokilo najpomembnejša, vendar pa so vse faze pomembne za končno kvaliteto. Da livni prašek opravlja vse te naloge mora imeti določene fizikalne in kemijske lastnosti. V tabeli 1 so prikazane te lastnosti za štiri livne praške uporabljene pri vlivanju teh jekel.

2.1 Kemična in mineraloška sestava livnih praškov

Po kemični sestavi je, kot je razvidno tudi iz tabele 1 livni prašek največkrat sestavljen iz naslednjih komponent: CaO, SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, CaF₂ in C ter v manjši meri še iz MgO, MnO in Fe. CaO in SiO₂ sta osnovni komponenti in določata tudi bazičnost livnega praška. Komponenti CaF in Na₂O pa sta v večini primerov dodani, da reducirata viskoznost žlindre. Vendar pa nam kemična sestava ne pove toliko kot mineraloška, saj le ta določa nekatere osnovne lastnosti, med katerimi prevladuje predvsem temperaturno območje taljenja livnega praška.

2.2 Taljenje livnih praškov

Taljenje livnih praškov je pomembna lastnost. Ko livni prašek dodamo na površino jekla v kokili, se livni prašek raztali in na površini jekla tvori različne plasti, od prašnate do tekoče, ki infiltrira v špranjo med žilo in kokilo ter tvori film sestavljen iz več plasti, od steklaste pri steni kokile

Tabela 1. Kemična analiza in lastnosti livnih praškov

	A	B	C	D
Kem.analiza				
SiO ₂	32.7	39.20	32.2	29.6
CaO	32.6	31.20	32.2	32.6
MgO	0.4	0.96	0.9	0.4
Al ₂ O ₃	4.9	5.34	1.4	4.9
TiO ₂	0.1	0.30	-	0.2
Fe ₂ O ₃	1.0	1.21	0.5	0.5
MnO	-	0.04	-	-
Na ₂ O	5.9	3.30	12.0	7.2
K ₂ O	0.3	0.76	0.1	0.1
B ₂ O	-	-	0.7	-
LiO ₂	0.8	-	0.2	-
F	5.2	4.75	6.9	4.2
C _{free}	5.4	6.35	4.9	9.0
CO ₂	10.6	6.40	9.2	10.5
C _{tot}	8.4	8.10	7.4	11.9
Bazičnost (CaO/SiO ₂)	1.00	0.80	1.00	1.10
Nasipna gost. (kg/dm ³)	0.82	0.84	0.70	0.75
Temp. mehč.	1090	1170	1040	1120
Temp. tal.	1115	1200	1060	1135
Temp. teč.	1125	1230	1080	1145
Viskoznost (Pas)				
pri 1200°	0.4	2.46	0.14	0.54
pri 1300°	0.37	1.20	0.09	0.28
pri 1400°	0.0	0.60	0.06	0.16
Max. hitrost (m/min)	1.2	1.2	1.7	1.7
Poraba pri 1 m/min (kg/t)	0.8	0.6	0.8	0.8
Kvaliteta jekla	gl. vlek konstrukc. ogljikova	oglj.	konstrukcijska	konstrukcijska
Sejalna analiza:				
≥90 UM	10	10		
≥63	10	10		
≥45	15	15	granulat	granulat
≥32	15	15		
≤32	50	50		

preko kristalne do tekoče ob stiku z žilo (slika 1). To velja tako za prašnate kot granulirane materiale.

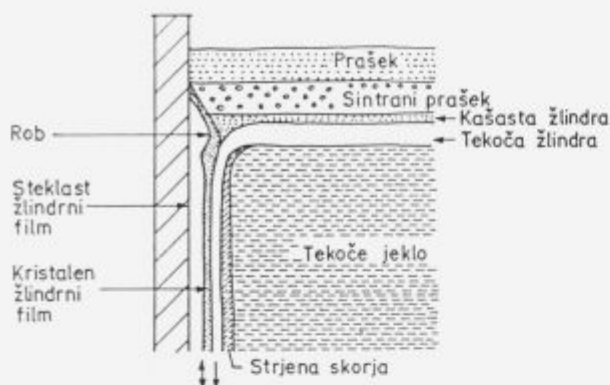
Taljenje livnih praškov določa tališče le teh in posredno vpliva na debelino tekoče žilidrne faze in na njeno infiltracijo v špranjo med žilo in kokilo.

2.3 Debelina tekoče žilidrne faze

Debelina tekoče žilidrne faze na površini jekla mora biti konstantna in enakomerna po celi širini kokile v celotnem procesu vlivanja. Služi kot rezervoar za infiltracijo žilindre v špranjo. Debelina žilidrne faze je odvisna od lastnosti, ki jih ima livni prašek, odvisna pa je tudi od toplotne vsebnosti

in turbulence jekla. To debelino lahko v procesu vlivanja merimo in naj bi se gibala okrog 10 mm. Merjenje poteka s potapljanjem žic iz različnih materialov (VP in Al žica) skozi sloj dodanega praška in žlindro v jekleno talino. VP žica se v jekleni talini raztali, v plasti tekoče žilidrne faze se le ta nalepi na žico, medtem ko na delu žice, ki sega v še neraztaljen prašek ni nobenih sledi. Al žica, ki ima nižjo temperaturo tališča, pa se raztali že v žilidrni plasti. Iz razlike dolžin nespremenjene VP in Al žice lahko določimo debelino tekoče žilidrne faze.

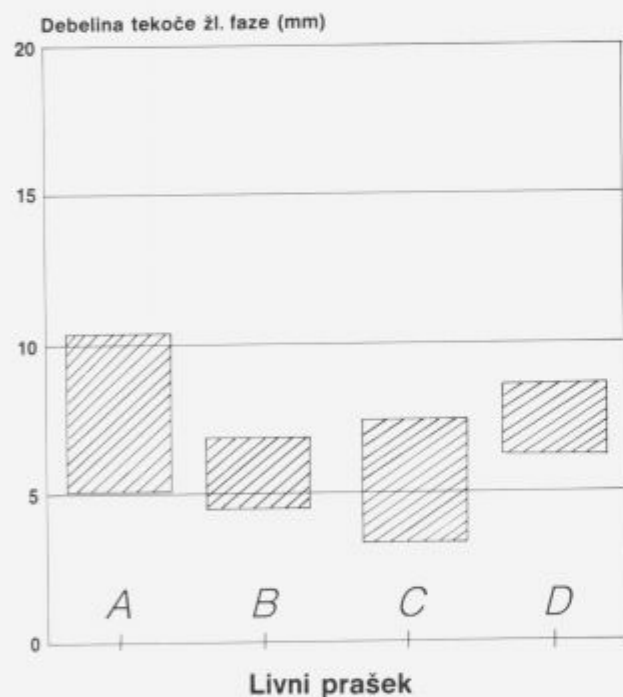
Rezultati meritev za uporabljene štiri livne praške so prikazane na sliki 2. V meritve smo vključili število šarž, zato so v grafu podana območja, v katerih so se gibale debe-



Slika 1. Shematični prikaz plasti praška in žilindrnega filma.

Figure 1. Schematic presentation of the flux layer and the slag film.

line na dani livni prašek. Debeline livnega praška B nekoliko odstopajo od ostalih treh. To pa ni presenetljivo, saj so ti livni praški predvideni za vlivanje ogljičnih jekel in je bil ta prašek uporabljen le eksperimentalno zaradi primerjave.



Slika 2. Debelina tekoče žilindrne faze.

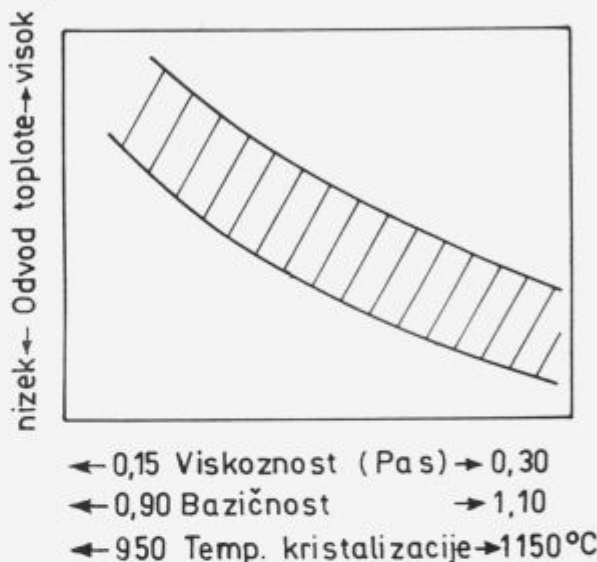
Figure 2. Thickness of the liquid slag phase.

2.4 Infiltracija žilindre v špranjo med žilo in kokilo

Kot je že omenjeno, je to ključni proces, kjer med gibanjem kokile navzdol tekočo žilindro potegne v nastalo zračno špranjo, med gibanjem navzgor pa se špranja zapre, ko jeklo potisne vrh meniskusa proti kokili in s tem prepreči, da bi žilindro potisnilo nazaj ven. Pri tem procesu je zaželeno, da ima žilindra povečano tekočnost (nizka viskoznost), kar dovoljuje učinkovitejšo zapolnitev zračne špranje.

2.5 Mazanje žile in kontrola prehoda toplote

Ko žilindra pride v zračno špranjo, tvori film, ki maže žilo in preprečuje direktne stike med žilo in kokilo. Ta film je sestavljen iz tekoče in trdne žilindrne faze in ima tudi to nalogo, da zagotavlja homogen prehod toplote od žile na kokilo. Znano je, da je odvod toplote bolj učinkovit skozi tekočo žilindrno fazo kot skozi trdno. Zato je ugodnejše, če je temperatura kristalizacije in viskoznost nižja (slika 3). To pa je pri vseh uporabljenih livnih praških razen pri livnem prašku B. Prkličnih meritev prehoda toplote nismo uspeli meriti, ker nimamo opreme. To bo mogoče, ko bodo instalirani termoelementi v kokili, ki nam bodo dali podatke o temperaturah na stenah kokile.



Slika 3. Odvisnost odvoda toplote od lastnosti livnega praška.

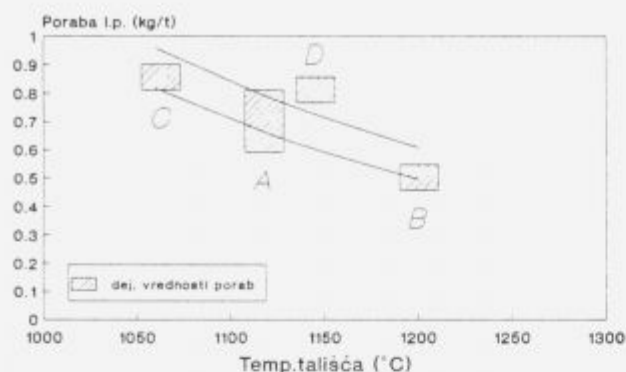
Figure 3. Relation between the heat removal and the casting flux properties.

2.6 Poraba livnih praškov

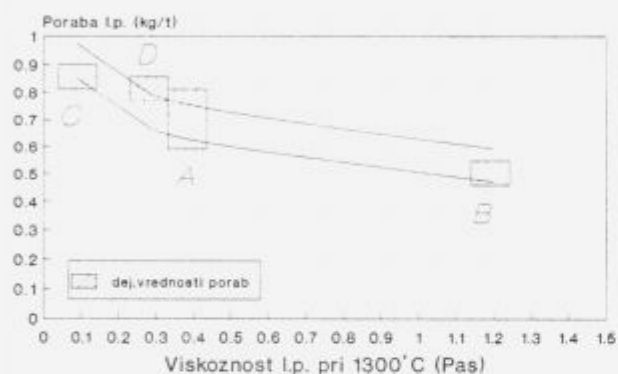
Za doseganje optimalnega učinka praška ali granulata je pomemben dejavnik tudi poraba livnega praška. Načeloma se poraba giblje med 0.5 in 0.7 kg/t vlitnega jekla. Odvisna je tudi od hitrosti vlivanja in sicer s povečanjem hitrosti pada in obratno. Premajhna poraba lahko privede do pomanjkanja tekoče žilindrne faze in s tem do lokalnega stika med žilo in kokilo. Prav tako poraba ne sme presegati določene meje, ker to lahko pripelje do vključkov na in pod površino slabov. Na porabo imata največji vpliv viskoznost in temperatura tališča livnega praška. Z večanjem teh dveh lastnosti poraba praška pada, kar je razvidno iz slike 4 in 5, kjer so v graf odnosa temperatura tališča-poraba in viskoznost-poraba vnešene tudi dejanske porabe za uporabljene štiri livne praške.

2.7 Kvaliteta površine

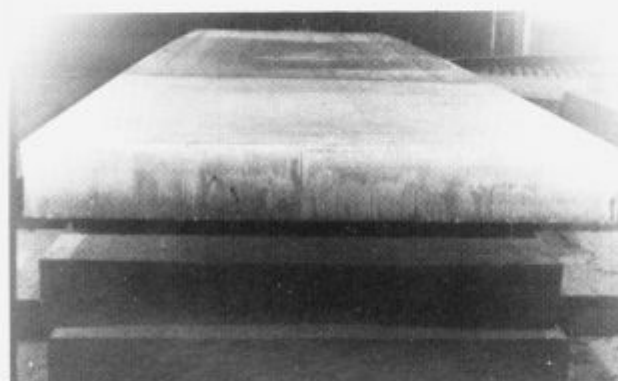
Kot smo poudarili že na začetku, je kvaliteta površine glavni pokazatelj ustreznosti tako uporabljenega livnega praška, kakor tudi ostalih parametrov vlivanja. Na slikah 6 in 7 je prikazana površina dosežena z uporabo livnega praška A in D, ki je zadovoljiva. Na sliki 8 je površina slaba dosežena z uporabo praška C z lokalnimi poglobitvami (napakami).



Slika 4. Vpliv temp. tališča na porabo livnega praška.
Figure 4. Influence of the melting point on the consumption of casting flux.



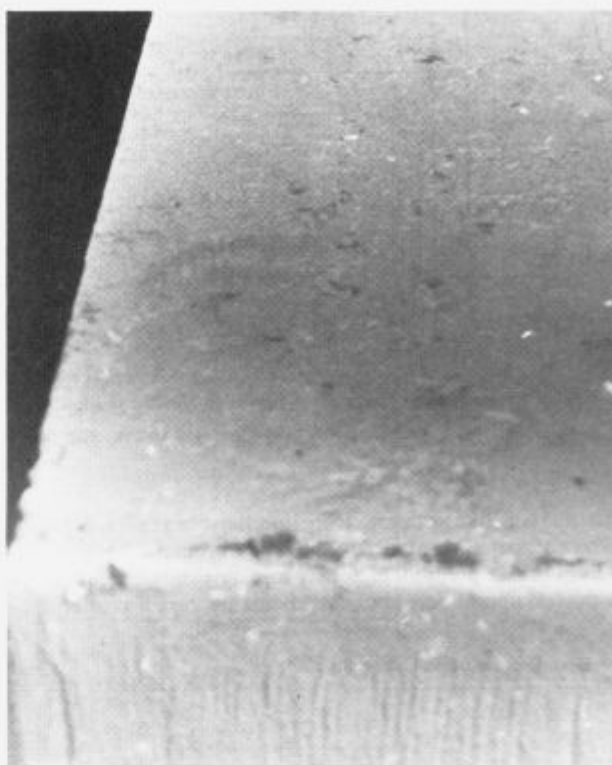
Slika 5. Vpliv viskoznosti na porabo livnega praška.
Figure 5. Influence of the viscosity on the consumption of casting flux.



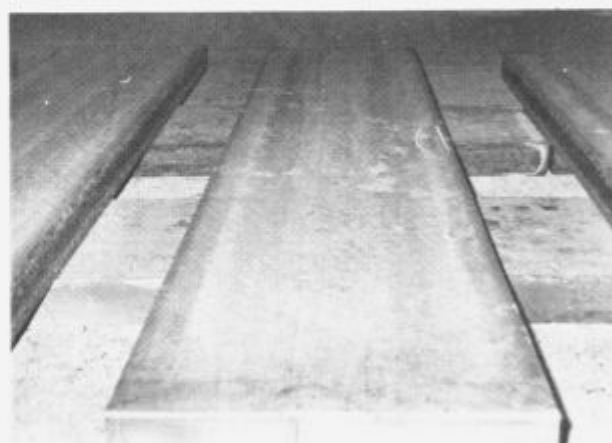
Slika 6. Površina slaba ob uporabi livnega praška A.
Figure 6. Slab surface after applying the casting flux A.

3 Zaključki

Med prašnatimi livnimi praški je A ustrežnejši kot B. Ker težimo danes k homognejšim granuliranim livnim praškom, sta bila uporabljena tudi dva granulirana praška, kjer je pri D nekoliko lepša površina kot pri C. Pričakujemo še boljše rezultate pri granuliranem livnem prašku, ki pa ga še nismo preizkusili.



Slika 7. Površina slaba ob uporabi livnega praška D.
Figure 7. Slab surface after applying the casting flux D.



Slika 8. Površina slaba ob uporabi livnega praška C.
Figure 8. Slab surface after applying the casting flux C.

4 Literatura

- J. Sardemann, H. Schrewe: The influence of casting powder on the formation of cracks in continuous slab casting, Steelmaking Conference, April 1991.
- J. Krajcar: Livni prah II, Ispitivanje delovanja praha pri lijevanju čelika, Metalurgija 29(1990)1, s. 23-29.
- J. Krajcar: Livni prah III, Izbor i primjena praha za kontinuirano lijevanje čelika, Metalurgija 29 (1990) 4, s. 97-102.
- K.C. Mills: An overview of ECSC-funded research on casting powders, 1st European Conference on continuous hbcasting, 9/1991, s. 1.59-1.71.
- Stollberg GMBH: Giesspulver für das Giessen von peritektischen Stählen mit höheren Giessgeschwindigkeiten.