

Kaj je nepomirjeno jeklo in kako ga vlivamo?

Izdelavi nepomirjenega jekla doslej nismo posvečali posebne pozornosti. Čeprav je izdelava tega jekla na videz enostavna, pa so procesi predvsem pri vlivanju mnogo bolj zamotani, kot se zde, vsi pa vplivajo na kvaliteto končnega izdelka. Zato se v zadnjem času v strokovni literaturi vedno več piše tudi o teh masovnih jeklih. V pričujočem članku skušamo prikazati v razumljivi obliki vse, kar se bistvenega dogaja pri izdelavi in vlivanju nepomirjenega jekla. Članek bo zato koristen tistim, ki se s tem jeklom šele srečujejo, dobrodošel pa tudi starejšim praktikom, ki so jim stvari znane iz izkušenj, pa bodo mogoče v njem le našli razlago za pojave, ki jim niso bili povsem jasni.

Jeklarji razlikujemo glede na to, kako se jeklo obnaša pri vlivanju v kokili, dve vrsti jekla: pomirjeno in nepomirjeno. Pomirjeno jeklo se v kokili mirno dviga, nepomirjeno jeklo pa ob steni »kuha«, kakor temu rečemo. To kuhanje je namreč posledica reakcije med kisikom in ogljikom v jeklu. Pri tej reakciji se razvija plin CO — ogljikov monoksid, ki povzroča vrenje. Pri pomirjenem jeklu pa te reakcije ni, ker ni odvečnega kisika, tega smo namreč vezali z aluminijem in silicijem, ki smo ju dodali jeklu, bodisi že v peči ali pa le v ponvi.

Zakaj sploh nepomirjeno jeklo?

Nepomirjeno jeklo je predvsem cenejše in to zaradi bolj enostavne izdelave, rabimo manj legirnih elementov, cenejšega vlivanja, vlivamo lahko tudi od vrha, večjega izplena pri valjanju — nepomirjeno jeklo v glavi nima lunke — in lepše površine blokov in valjancev.

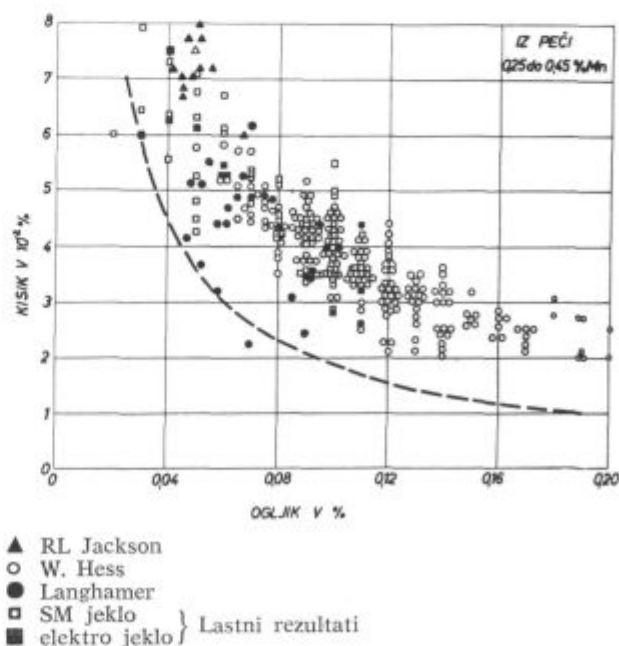
Nepomirjena so predvsem masovna jekla, torej tiste vrste, ki jih izdelujemo v velikih količinah in ki imajo najnižjo prodajno ceno. Sem spadajo navadno betonsko železo, ogljikova konstrukcijska jekla, jekla za globoko vlečenje, za hladno vlečeno žico, za pocinkano pločevino in žico in podobno od 0,04 do 0,20 % C. Nepomirjene pa so tudi nekatere posebne vrste jekel, kakor n. pr. EO in za vijake ter matice, ker s tem, da vlijemo jeklo nepomirjeno, dosežemo prav posebne lastnosti v jeklu.

Kako se spreminja kisik v jeklu od peči pa do izvaljane gredice?

Na kvaliteto nepomirjenega jekla, na izoblikovanje izcej, na širino čiste robne plasti, na globino

plinskih mehurjev in na čistočo jekla v veliki meri vpliva kuhanje jekla v kokili, zato je temu procesu treba posvetiti posebno pozornost. Reakcija kuhanja jekla je posledica v jeklu raztopljenega kisika, ta pa je spet odvisen od ogljika in mangana. Kako se spreminja kisik v jeklu v peči, pred prebodom v odvisnosti ogljika, vidimo iz prve slike. Iz slike lahko razberemo, da kisik v jeklu s padanjem ogljika močno raste. Če na primer pihamo s kisikom namesto na 0,12 % (12 točk) na 0,06 % (6 točk) ogljika, kisik naraste skoraj dvakratno. (sl.1) V obratu nam sama izdelava jekla, to je zadevanje analiznih mej, ne predstavlja posebnih problemov, medtem ko je vzdrževanje optimalne vsebnosti kisika za dobro kuhanje zelo težko. Pa pogledjmo zakaj!

Predvsem doslej še ni znana metoda za hitro določevanje kisika, da bi ga lahko merili med prebodom, vlivanjem in kuhanjem v kokili. Poznamo le analizo ogljika in mangana. Vendar se vsebnost kisika tudi pri enakem ogljiku in manganu od šarže do šarže lahko močno razlikuje, da za zanesljivo oceno ne pride v poštev. Razen tega med prebodom in vlivanjem pride do reakcije jekla z zunanjim zrakom, ki je od šarže do šarže tako različna, da tudi pri znani vsebnosti kisika pred prebodom ne moremo vedeti, kakšna bo vsebnost kisika v jeklu pri vlivanju.



Slika 1
Vpliv ogljika na vsebnost kisika v jeklu v peči.

Tabela 1

	pred prebodom			končna			dodano v pon.			odgorelo				poraba kisika				skupaj
	točk	ppm		v točkah	ppm		v točkah			v točkah	ppm	ppm		v kg/t	jekla za			
	C	Mn	O	C	Mn	O	C	Mn	Al	C	Mn	Al	O	C	Mn	Al		
H 8301	12	28	512	8	34	350	1,3	16	10	5	10	10	162	0,67	0,29	0,09	1,05	
L 8372	6	24	417	6	35	336	2	25	10	2	14	10	81	0,26	0,40	0,09	0,75	
L 8401	8	36	429	8	36	328	1	11	10	1	11	10	101	0,35	0,32	0,09	0,76	
M 9568	7	32	538	6	30	506	1	11	10	2	13	10	32	0,26	0,38	0,09	0,73	
14 4829	10	21	423	8	35	325	2	22	—	4	8	—	98	0,53	0,23	—	0,76	
14 4909	6	13	536	7	35	434	5	31	—	4	11	—	107	0,53	0,32	—	0,85	
14 4937	10	40	352	10	36	265	0,3	4	—	3	8	—	87	0,02	0,23	—	0,25	
14 5017	11	28	492	8	32	374	0,7	9	—	3	5	—	118	0,40	0,15	—	0,55	

C = ogljik
Mn = mangan

O = kisik
Al = aluminij

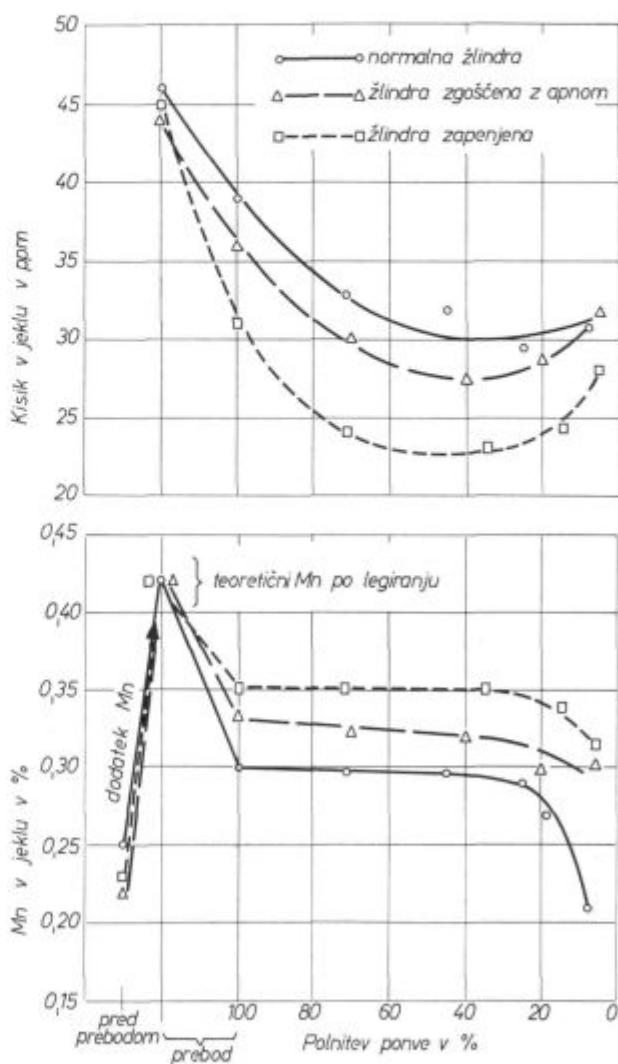
Kaj se dogaja pri prebodu?

Da bomo lažje razumeli, kako obsežna je reakcija jekla z (zunanjim) zrakom pri prebodu, si oglejmo na nekaj primerih, koliko C, Mn in Al odgori v jeklu od preboda do vlivanja, koliko kisika je zato potrebno in za koliko se zmanjša kisik v jeklu. Pri nepomirjenem jeklu odgori mangana, ki ga dodamo v ponev od 10 do 14 točk, ogljika 1 do 3 točke in ves dodani aluminij. Rezultate za oceno šarži prikazujemo v tabeli 1.

Iz zadnje kolone v tabeli vidimo, da porabijo Mn, C in Al za to, da odgorijo, od preboda do vlivanja okrog 0,8 kg kisika na tono jekla. Pri šarži H 8301 je bilo potrebno 1 kg kisika za eno tono jekla. Pri tem pa se je kisik v jeklu zmanjšal le za okoli 100 ppm, t. j. 0,1 kg na tono, (0,1 kg/t = 0,01 % = 100 ppm) pri šarži M 9568 celo samo za 32 ppm ali za 0,032 kg na tono.

Ti primeri jasno kažejo, kako intenzivna je reakcija jekla z zrakom potem, ko jeklo izpustimo iz peči, saj je ves ostali kisik, to je okrog 0,7 kg/t moral priti iz zraka. To se nam zdi na prvi pogled skoraj neverjetno, vendar moramo upoštevati, da je površina jekla, ko teče iz peči, močno povečana, da je nezaščiten in da je v zunanji atmosferi znatno več kisika, kot pa ga je n. pr. v peči med žilavenjem. Od oblike curka in od višine padca jekla pri prebodu je odvisno, kolikšna je ta reakcija z zrakom. Znano je, da se pri tankem curku — jeklo izteka dolgo časa — pri zelo širokem ali raztrganem curku in pri sunkovitem iztekanju jeklo navzame mnogo kisika in ga izpira v ponev.

Velike razlike tudi ni med normalnim prebodom z žlindro in brez žlindre, ker je oksidacijska sposobnost žlindre mnogo manjša od zraka. Večje razlike, t. j. večji odgorki nastopijo le pri prezgodnjem mešanju jekla z žlindro. V takem primeru pride lahko do močne reakcije ogljika in mangana v jeklu s kisikom iz žlindre, tako da jeklo v ponvi zakuha, kar se kaže v močnem valovanju taline. V takem primeru odgorita C in Mn, jeklo se močno ohladi in je običajno izmeček. Do take



Slika 2

Spremembe vsebnosti kisika in mangana v jeklu pri vlivanju, to je s padanjem polnitve ponve, za normalno žlindro, zapenjeno in z apnom zgoščeno žlindro za nepomirjeno jeklo z 0,08 % C (Langhammer).

reakcije pride tudi, če izpustimo močno preoksidirano nepomirjeno jeklo z nizkim C in Mn, pa ga skušamo v ponvi naogljčiti. Takemu jeklu je zato treba že v peči dodati nekaj Feromangana in grodlja za preddezoksidacijo.

Dobro vzdrževanje prebodne odprtine in žlebu je nujno za vzdrževanje normalnega curka in dobre kvalitete jekla. Reakcije v ponvi potekajo razmeroma počasi. V glavnem gre za izravnavanje koncentracij v mirujočem jeklu, ki poteka pretežno z difuzijo.

Slika 2 prikazuje spremembo vsebnosti kisika in mangana v jeklu med vlivanjem. Zanimivo je, da dosežemo najnižjo vsebnost kisika v jeklu šele čez nekaj časa. To nam pove, da se dezoksidacijski produkti, ki jih sicer zajamemo pri določanju kisika, postopoma izločajo iz jekla. Vpliv oksidacijske žilindre, posebno na mangan, se pozna le v zgornji plasti jekla, ki je tik pod žlindro, tako da moramo pri vlivanju zadnjih blokov računati z nekoliko nižjim manganom in višjim kisikom, kar se lepo vidi iz slike.

Oksidacijski vpliv žilindre na jeklo lahko zmanjšamo, tako da žlindro zatrdimo z apnom ali apnencem, ali tako, da žlindro zapenimo s sredstvom za ogličenje, ki ga vržemo v žlindro. To zadnje je, kot kaže slika, najbolj učinkovito.

Izkuhavanje jekla v kokili

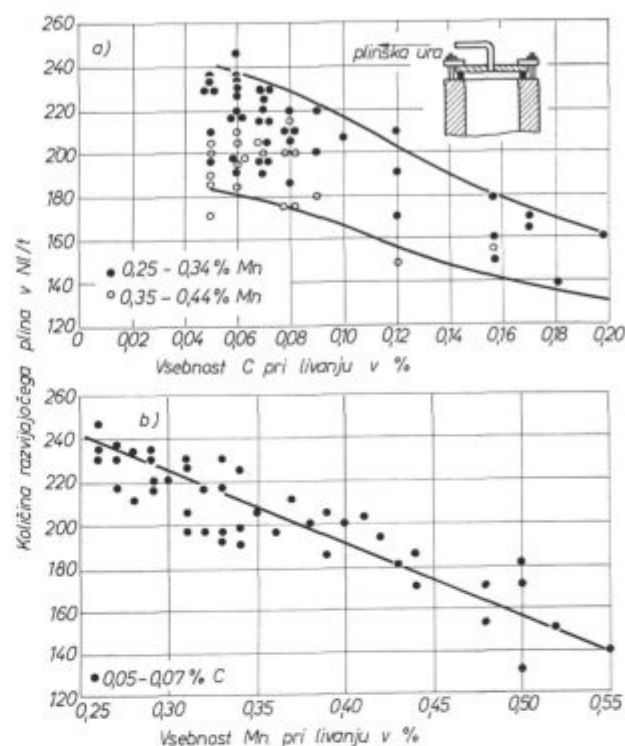
Kakor vidimo iz doslej navedenih vzrokov, ne moremo v nepomirjenem jeklu v curku pri vlivanju vzpostaviti določene vsebnosti kisika, ki bi bila za dobro kuhanje najbolj primerna.

Če torej ne moremo vzpostaviti določenega kisika v jeklu, potem je jasno, da tudi kuhanje v kokili ne more biti vedno enako, ampak se lahko od šarže do šarže razlikuje. Razlike v kuhanju pa niso le med šaržami, temveč tudi med posameznimi livnimi ploščami in celo med posameznimi bloki na isti livni plošči. Te razlike so najlažje opazne potem, ko je jeklo že vlit in v kokilah prosto kuha. Dokaz za to pa so velike razlike v količini mehurjev v bloku. Posledica tega so zelo različne teže blokov. Pri našem ingotu se ta giblje od 4650 do 4800 kg.

Plin CO, ki se pri kuhanju sprošča, se razvija na meji, kjer se jeklo strjuje, to je na meji med trdnim in tekočim jeklom. Takoj ko pride jeklo v kokilo, se začne strjevanje. Na meji strjevanja se kopičijo tisti elementi, katerih topnost se zaradi ohlajanja jekla zmanjšuje. To velja tudi za ogljik in kisik. Zaradi zmanjšane topnosti, oziroma zaradi izločanja teh dveh elementov pride do medsebojne reakcije in do razvijanja plina CO. Razvijanje plina je močnejše pri manjših blokih, ker se hitreje strjujejo (slika 3).

Količina teh plinov je odvisna od sestave jekla. Z naraščanjem količine ogljika v jeklu pada specifična količina plina, ki se razvija na tono jekla, kakor kaže slika 3 a. Podobno kakor pri višjem ogljiku, pada količina razvijajočega se plina prav

močno z naraščanjem Mn v jeklu (slika 3 b). S tem je tudi indirektno potrjeno, da naraščanje Mn v jeklu znižuje vsebnost kisika, oziroma da deluje pri reakcijah s kisikom v kokili kot dezoksidant.



Slika 3
Odvisnost med vsebnostjo ogljika in mangana pri vlivanju in količino razvijajočega plina (Langhammer)

Atmosfera v odprti kokili je oksidacijska. Z dviganjem taline jekla v kokili raste tudi vsebnost kisika v atmosferi kokile. Ta kisik v kokili pa spet oksidira jeklo, ki neprestano kroži, tako da moč kuhanja ves čas narašča.

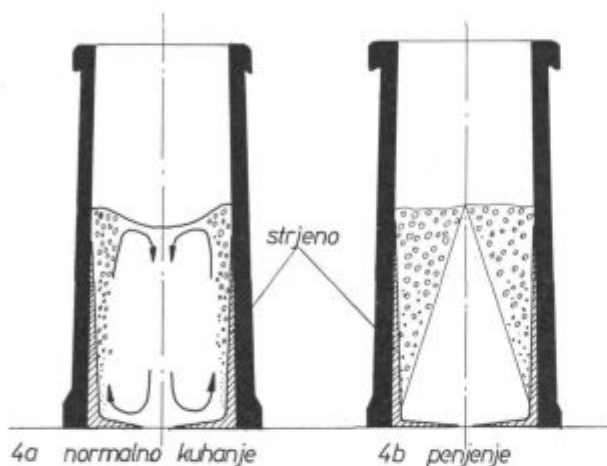
Pri kuhanju jekla v kokili se na površini taline nabira pena ali žlindra. Ta je več ali manj oksidacijski produkt kuhanja. Pri kuhanju se v kokili oksidira predvsem mangan, delno tudi železo. S še drugimi nečistočami, ki se izločajo iz jekla, in nataljeno opeko lijaka in kanalov se tvori žlindra. Okrog 40 % te žilindre pa je MnO. Če jeklo v kokili močno kuha, del te žilindre s kroženjem jekla ponovno pride v notranjost, zato je koristno žlindro odstraniti s površine.

Ker je reakcija z zunanjim zrakom odločilnega pomena za intenzivnost kuhanja, je zanimivo vedeti, kaj dosežemo, če vstop zraka v kokilo preprečimo, n. pr. tako, da vlivamo v pokrite kokile. Na vsak način s tem zmanjšamo oksidacijo jekla, oziroma neposredno odgorevanje ogljika in mangana in izboljšamo čistočo jekla.

Izkušnje tudi kažejo, da močno kuhanje v kokili poslabša čistočo jekla. Jeklo naj torej kuha zmerno, da bo čisto, ne preslabo, ker so sicer mehurji blizu površine, in ne premočno.

Kroženje jekla v kokili kot posledica razvijanja plinov

Nepomirjeno jeklo se v kokili dviga ob stenah navzgor in pada v sredini navzdol. Poganja ga plin CO, ki se pri kuhanju razvija v coni strjevanja. Glej sliko 4 a. Čim močnejša je ta reakcija, več plina se razvije. Z naraščanjem teže bloka raste skupna količina razvijajočega se plina, pada pa hitrost izločanja plina. To pomeni, da majhni bloki hitreje kuhajo kakor veliki. Zelo močan vpliv na kroženje taline ima velikost formata kokile. Kroženje taline je pri manjšem bloku tudi do dvakrat močnejše kot pri večjem. Kuhanje je pri vitkih kokilah močnejše kot pri širokih.



Slika 4

Prikaz kroženja jekla pri normalnem kuhanju in penjenju jekla

Zakaj se nepomirjeno jeklo peni?

Pri zelo močnem razvijanju plina se plin, ki se izloča v nekakšnem klinu, proti vrhu tako razširi, da mehurji ne izstopajo le ob robu, temveč kar po celi površini, kakor kaže slika 4 b. Takrat jeklo ne more več krožiti, rečemo, da se peni. Reakcija jekla z zrakom v kokili je od dna navzgor vedno močnejša, zato je tudi kuhanje vedno močnejše, in ker izstopajo mehurji v klinu, se jeklo začne peniti navadno šele v zgornji polovici kokile.

Takrat je treba dodati aluminij, s čimer vzememo nekaj kisika in intenzivnost izločanja plina CO zmanjšamo, da jeklo spet normalno kroži.

Penjenje jekla torej pomeni, da je v jeklu preveč kisika in da smo v ponev pri preobodu dodali premalo aluminija. S tem v zvezi je zanimiva primerjava med SM in elektro jeklom. Pri izdelavi nepomirjenega jekla na električni peči se je pokazalo, da ima elektro jeklo manj kisika, da dodatek Al v ponev ni potreben in da se šarže, če niso preoksidirane, pri vlivanju ne penijo in jih lahko vlivamo brez dodatka aluminija. Tudi pri kvaliteti EO, ki ima zaradi višjega Mn nižji kisik, je penjenje le redek pojav.

Vpliv temperature jekla na izkuhavanje v kokili

Z naraščanjem temperature jekla raste tudi kisik v jeklu. To pomeni, da vroče šarže močnejše kuhajo kot hladne. Značilno za vroče šarže je, da na dnu kokile ne zakuhamo takoj, ker je treba nekaj več časa, da se začne strjevanje, zato imajo videz, dokler ne zakuhamo, kakor da so mrzle. Vroče jeklo je bolj redko, ohlajanje je bolj počasno, zato izhajajo iz površine zelo drobni mehurčki. Mrzlo jeklo je bolj gosto, ohlajanje hitrejše, zato se v enoti časa izloči več CO. Površina jekla močno valovi, ker izhajajo na površje veliki mehurji, podobno kot je to v peči pri višjem ogljiku in gosti žlindri.

Z višjo temperaturo je treba izpustiti tiste vrste jekla, ki imajo zaradi svoje sestave (višji C ali višji Mn) manj kisika, kot je n.pr. naš EO. Na ta način povečamo kisik v jeklu, zboljšamo tekočnost jekla in s tem zagotovimo dobro kuhanje.

Način strjevanja jekla in tvorba podkožnih mehurjev

Nepomirjeno jeklo je v notranjosti polno mehurjev. Celotna prostornina mehurjev naj bo enaka skrčku jekla, to je prostornini, ki jo dobimo, ko se jeklo pri ohlajanju do navadne temperature krči. Zato se nepomirjeno jeklo strdi na višini, do katere se vlije, to je brez lunkeja.

Za kvaliteto površine je zelo važno, kje se ti mehurji v notranjosti bloka nahajajo. Če so mehurji blizu površine, potem se pri ogrevanju blokov v globinskih pečeh lahko oksidirajo, na gredicah nastanejo razpoke in risi, robovi pri travkih so raztrgani.

Mehurji morajo biti zato dovolj globoko pod površino.

Oglejmo si še enkrat, kako plinski mehurji nastajajo in kako se v jeklu ujamejo.

Za strjevanje jekla velja Fe-C diagram. Ob steni se začne strjevati jeklo z najnižjim ogljikom, to je z najvišjim tališčem. Topnost za ogljik in kisik se pri strjevanju manjša. V notranjost se izriva talina, ki ima več ogljika in več kisika. To pa sproži reakcijo $\text{FeO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Fe}$, ki teče na meji med strjenim in tekočim jeklom. Intenzivnost te reakcije pa je odvisna od vsebnosti kisika, ogljika, mangana, ferostatičnega pritiska, t. j. od hitrosti vlivanja, temperature jekla, in časa kuhanja.

Prav od intenzivnosti te reakcije, oziroma od moči, s katero plinski mehurčki izhajajo na površino, je odvisno, kako debela bo zunanja skorja, ki je brez mehurjev, oziroma v kateri globini se mehurji ujamejo. Nasproti izločanju mehurjev iz taline, deluje ferostatični pritisk, to je pritisk tekočega jekla. Ko postane ferostatični pritisk večji, kot pa je sila vzgona mehurčka, se ta ujame med dendritnimi kristali, ki rastejo pravokotno na

steno proti notranjosti taline. Če je kuhanje močno in naraščanje ferostatičnega pritiska počasno — (počasno vlivanje), bomo dosegli debelo zunanjo skorjo. Obratno pa, kadar je kuhanje jekla slabotno, to je v primeru, če sta ogljik in mangan visoka in je kisik nizek ali če smo dodali preveč aluminija in vezali preveč kisika, takrat se mehurčki izločajo z manjšo silo in se lahko že zelo zgodaj ujamejo med rastočimi dendritnimi kristali. Mehurji bodo v takem primeru zelo blizu površine in možnost za nastanek risov in razpok večja. Posebno pomembna je pri tem hitrost vlivanja. Oglejmo si to na primeru šarže 14 4852, slika 5. Prva plošča je bila vlita s hitrostjo 14 cm/min, globina mehurjev 50 mm, druga plošča s hitrostjo 23 cm/min in globina mehurjev 25 mm. Lep primer zunanjega venca mehurjev kaže slika 6, hitrost vlivanja 21 cm/min in globino mehurjev 25 mm.

Pri vlivanju od vrha je hitrost vlivanja 6 do 8 krat večja kot pri vlivanju od spodaj. Ferosta-

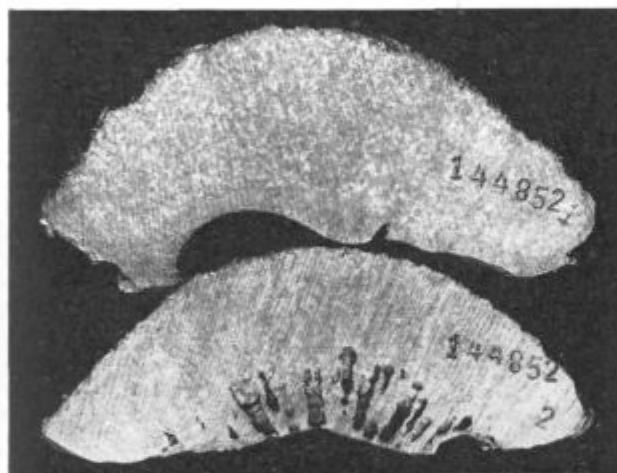
tični pritisk hitro narašča in zavira $\text{FeO} - \text{C}$ reakcijo. Zato morajo jekla, ki jih vlivamo zgoraj, imeti več kisika, kakor pri vlivanju spodaj. Navadno tudi to ne zadošča in je treba jeklu dodajati kisik, tako da ga pihamo v curek ali pa dodajamo sredstva za pospeševanje kuhanja, kot so Strim Alurin, Rimmfix, Fluoral, ki jih je razvila industrija za te namene. Pa kljub temu dosegamo pri vlivanju od zgoraj le 10 do 15 mm debelo skorjo brez mehurjev. Mehurji so najbližje površini prav na nogi, kjer je ferostatični pritisk največji, zato preizkušance za kontrolo globine režemo le na nogi.

Kako praktično vlivamo nepomirjeno jeklo?

Vlivanje nepomirjenega jekla še danes nekateri smatrajo za neke vrste umetnost. Zato je treba imeti poleg osnovnega znanja še mnogo izkušenj in poseben dar za opazovanje in za ločevanje razlik, ki pri vlivanju nastopajo. Od tega, kako jeklo vlijemo, so odvisne mnoge kvalitativne lastnosti jekla, predvsem globina mehurjev in z njo zvezana kvaliteta površine, jakost izcej ogljika, fosforja in žvepla in izplen. V grobem lahko ločimo tri različne tipe nepomirjeno vlitega bloka — ingota ali brame.

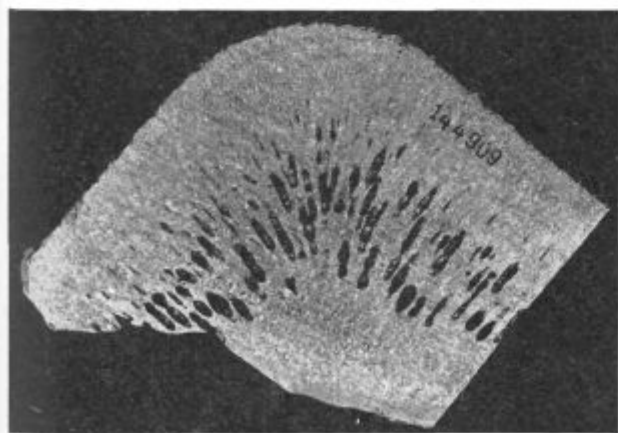
1. *padajoči ingot* — to je takšen, ki dela škatle. (slika 7.)

Če je reakcija kuhanja med C in O zelo močna, se sprošča veliko plina CO. Ker se plini hitro razvijejo, jih rastoči dendritni kristali ne morejo ujeti, zato ležijo mehurji globoko pod površino. Zaradi velike količine plinov, jeklo dobesečno



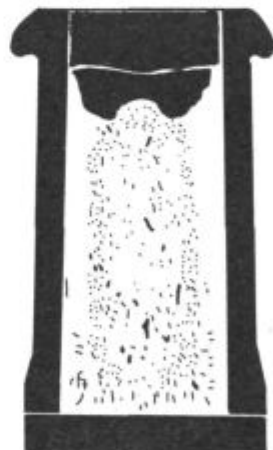
Slika 5

Vogelni probl. Odvisnost globine mehurjev od hitrosti vlivanja. 14 4852/1 globina mehurjev 50 mm, hitrost vlivanja 14 cm/min., 14 4852/2 globina mehurjev 25 mm, hitrost vlivanja 23 cm/min.



Slika 6

Lep primer zunanjega venca mehurjev. Globina mehurjev 25 mm, hitrost vlivanja 21 cm/min.



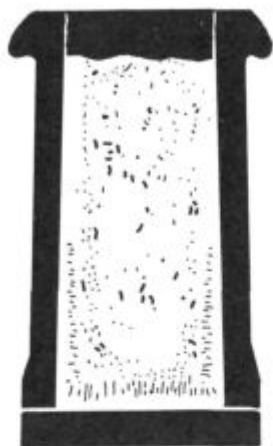
Slika 7

Ingotski blok »škatle«. Premočno kuhanje jekla, ker je preveč kisika v jeklu in premajhen dodatek Al.

zavre, kokila se hitro napolni, ko pa se reakcija umiri, se jeklo posede in napravi škatlo. Če jeklo dela škatle, pomeni, da je v njem preveč kisika, da smo dodali premalo aluminija v ponev in da ga moramo zato dodajati med vlivanjem, bodisi na lijak ali pa kot granule v kokile.

2. *ravni ingot* — to je takšen, ki se strdi na tisti višini, do katere ga vlijemo. (slika 8.)

Sproščanje plina CO je manj intenzivno kot pri padajočem ingotu. Kroženje jekla je močno. Primarni, zunanji venec mehurjev je dovolj globoko pod površino, da pri ogrevanju ne pride na



Slika 8

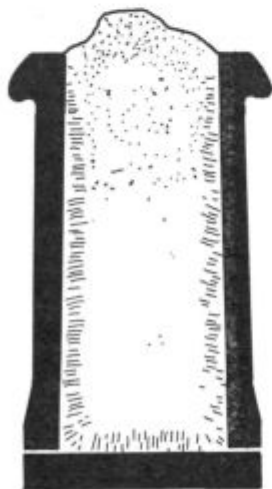
Ingots se strdi ravno na višini, do katere ga vlijemo. Prostornina mehurjev je enaka skrčku jekla pri strjevanju

površje. Pri nadaljnjem strjevanju se tvorita še sekundarni in terciarni venec mehurjev. Skupni volumen mehurjev je enak celotnemu skrčku jekla od taline do strjenja, zato površina jekla ostane ravna.

Livni mojster naj vlivanje tako regulira, da bo dosegel ta tip bloka, ki je tudi jamstvo za dobro kvaliteto.

3. *rastoči ingot* — to je takšen, pri katerem se po vlivanju nivo jekla začne dvigati. (slika 9)

Kadar je premalo kisika v jeklu, n. pr. visok C, Mn ali če smo dodali preveč aluminija v ponev



Slika 9

Ingots raste, kadar je premalo kisika v jeklu. Volumen por je večji, kakor znaša skrček jekla. Plinski mehurji so blizu površine bloka

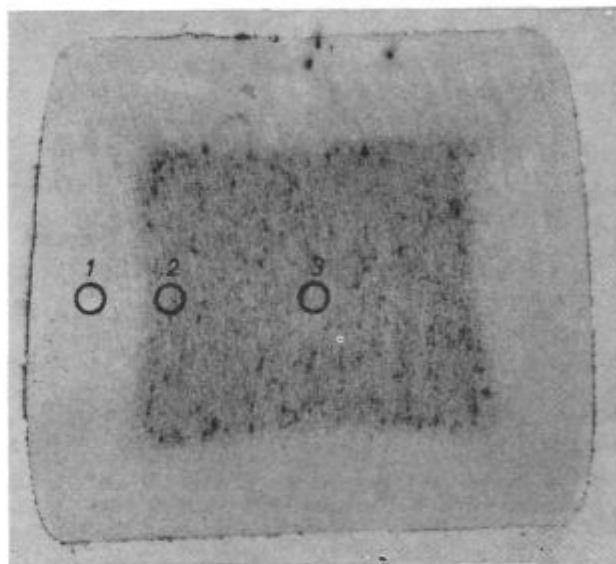
ali na lijak, se CO razvija mnogo počasneje kot pri prvih dveh tipih. Plinski mehurji se zato ujamajo mnogo prej, oziroma bliže površine. Kroženje jekla je slabše. Volumen plina, ki ostane zajet v jeklu, je večji kakor znaša skrček jekla, zato ingot raste nad površino, do katere je bil vlit. Nazadnje se plini sproščajo predvsem v glavi, ki ima zato gobasto obliko. Izplen pri takem jeklu je slabši zaradi večjega odpadka na glavi, površina pa zaradi mehurjev risava.

Položaj lahko izboljšamo tako, da bolj počasi vlivamo, da pihamo kisik v curek, najboljša pa so sredstva za pospeševanje kuhanja Strim, Alurin, Rimmfix, Fluoral in podobna.

Kakor vidimo iz opisanega, je kvalitetno boljše tisto jeklo, ki dela škatle, kot tisto, ki raste.

Pokrivanje, blokiranje z aluminijem in izceje ogljika, fosforja in žvepla

Ko je jeklo vlito do vrha, ga pustimo, da izkuhava. Proces strjevanja se nadaljuje. Pri tem se na robu strjuje kemično najbolj čisto jeklo z naj-

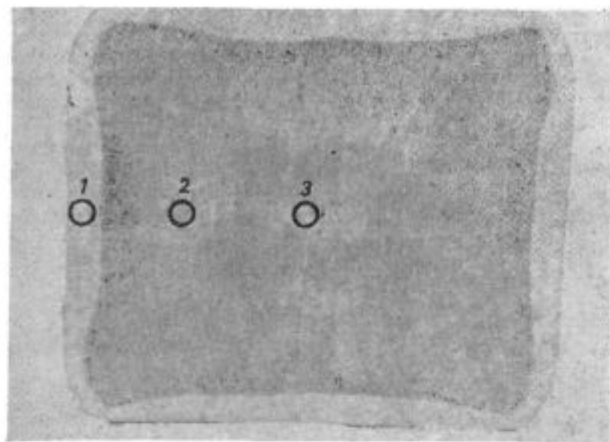


Slika 10

Baumannov odtis preseka gredice kvalitete EO pri glavi, ki jo pokrivalo. Zunanji čisti rob je širok, ker je ingot izkuhaval dolgo časa. Notranji temnejši kvadrat predstavlja povečane koncentracije žvepla zaradi izcejanja. Šaržna analiza:

	0,09 % C	0,45 % Mn	0,013 % P	0,025 % S
1.	0,05 % C	0,42 % Mn	0,008 % P	0,014 % S
2.	0,09 % C	0,44 % Mn	0,018 % P	0,058 % S
3.	0,11 % C	0,48 % Mn	0,022 % P	0,080 % S

višjim tališčem, proti notranjosti in glavi bloka se izriva talina, ki ima višji ogljik, fosfor in žveplo. Na ta način dobimo v sredini glave tudi do trikrat več ogljika in do štirikrat več fosforja in žvepla, kot je v šaržni analizi. Temu pojavu rečemo izcejanje. Čim dalj časa jeklo izkuhava, tem močnejše so te izceje, zunanja čista plast pa je debelejša. Glej sliko 10. Če ga blokujemo z aluminijem, kuha manj časa, izceje so za polovico



Slika 11

Baumannov odtis preseka gredice kvalitete Č 0147, ki je bila blokirana z aluminijem. Zaradi krajšega časa kuhanja je zunanji čisti rob ožji. Izceje žvepla pa so manjše.

Šaržna analiza:

	0,05 % C	0,36 % Mn	0,007 % P	0,032 % S
1.	0,04 % C	0,34 % Mn	0,009 % P	0,018 % S
2.	0,06 % C	0,36 % Mn	0,010 % P	0,037 % S
3.	0,06 % C	0,35 % Mn	0,008 % P	0,035 % S

manjše. Zunanja čista plast pa je tanka, glej sliko 11. Vendar takojšnje blokiranje ni dobro, ker se še ni formirala dovolj debela skorja. Treba je počakati 5 do 10 minut, da se naredi primeren rob, sicer kvaliteta površine ni dobra, ker ostanejo mehurji lahko preblizu površine. Blokiranje ima tudi to slabo stran, da dobimo zaradi vključkov Al_2O_3 , ki pri tem nastajajo v sredini bloka, zelo nečisto jeklo s čimer se močno poslabša kvaliteta jekla. Iz tega razloga blokiranje jekla, ki je namenjeno za hladno valjane trakove, ni dopustno.

Najbolj kvalitetno je torej pokrivanje. Vendar ne smemo čakati predolgo, da bi se glava sama zaprla, ker na ta način dobimo prevelike izceje v bloku. Močne izceje si želimo na primer pri kvaliteti EO, ker tako spravimo nečistočo v glavo, ki jo odrežemo in valjamo za matice ostali del, nogo in sredino pa na ta način očistimo nezaželenega žvepla in fosforja in dobimo tako bolj čisto jeklo, kakor nam ga kaže šaržna analiza.

Literatura

Langhammer, Stahl u Eisen 87 (1967) str. 718/728

ZUSAMMENFASSUNG

Der Erzeugung von unruhigem Stahl haben wir bis jetzt keine besondere Acht gewidmet. Wenn auch die Erzeugung dieses Stahles anscheinend einfach aussieht, sind aber die Prozesse besonders beim Giessen viel mehr komplizierter als die aussehen, alle aber beeinflussen die Qualität des Enderzeugnisses. In diesem Artikel möchten wir in einfacher und verständlicher Form alles wichtige und wesentliche erklären, was ein Stahlwerker in seiner täglichen Praxis über das Giessen von unruhigem Stahl wissen muss. Im einzelnen sind die Reaktionen des Stahles mit der Umgebungsluft beim Abstich erklärt worden. Im ganzen wird für den Abbrand von C, Mn und Al im Stahl rund 0,8 kg Sauerstoff pro Tonne Stahl benötigt. Von dieser Menge kommt rund 0,7 kg/t aus der Luft und nur 0,10 kg/t aus dem Stahl selbst. Um so viel vermindert sich nämlich der Sauerstoffgehalt im Stahl

vom Ofen bis zum Giessen. Es sind weiters die Reaktionen des Stahles beim Auskochen in der Kokille die Ursachen für das Umlaufen und für das Schäumen des Stahles, für das Wachsen und Fallen des Stahles erläutert und wie man dieses Verhalten des Stahles mit Aluminiumzusatz regulieren kann. Auch der Mechanismus der Entstehung und Ausscheidung der Gasblasen und der äusseren reinen homogenen blasenfreien Schicht ist erläutert. Dann die Entstehung der Seigerungserscheinungen von C, P und S, wie diese vermindert oder vergrössert werden können. Dieses Artikel wird deshalb nützlich denjenigen Stahlwerkern, welche sich mit dem unruhigen Stahl erst begegnen, willkommen aber auch den älteren Praktikern, welchen diese Dinge erfahrungsgemäss bekannt, aber vielleicht nicht ganz verständlich sind.

SUMMARY

No special attention was given to the manufacturing rimming steel. Though the manufacturing this steel is apparently simple; the processes, mainly the casting, are much more complicated and the all influence the final quality of the product. In this paper the essential aspects of production and casting the rimming steel will be explained in understandable way, i.e. everything what a steelmaker must know in his everyday practice. Reactions occurring between steel and air during tapping are explained in details. Elements C, Mn, and Al which completely burn out use about 0,8 kg oxygen per ton steel. About 0,7 kg/t oxygen comes from air and only 0,10 kg/t from steel. This is the

amount of oxygen reduction in steel on the way from the furnace to the casting operation. Further, reactions of deoxydation in the mould, causes for steel circulation, for foaming, for rising and settling, and regulation by aluminium are explained. Also mechanism of formation of blow holes and their escape from the external blow-hole free zone, appearance of C, P, and S segregations, their reduction or increase are explained. The paper will be of help to those who met this steel for the first time, but also to the older metallurgists who know the facts from experience and who will find the explanation for phenomena which were not quite clear to them.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производству кипящей стали до сих пор у нас не уделяли особенное внимание. Несмотря на то, что производство этой

стали кажется несложной, все процессы которые влияют на качество конечного продукта гораздо более сложного характера.

В статье, понятным образом, рассмотрены все существенные процессы, которые происходят при производстве и при разливки кипящей стали; изнесено всё что необходимо знать сталевару в его ежедневной практики.

Подробнее рассмотрены реакции которые происходят в расплавленной стали под влиянием воздуха во время выпуска стали. При окислении С, Мп и Al на каждую тонну расплавленного металла израсходуется 0.8 кг кислорода; 0.7 кг/т O_2 поступает из воздуха, а 0.1 кг/т из самой стали. На это количество умень-

шается содержание кислорода в стали от выпуска до разливки. Рассмотрены также реакции во время кипения стали в изложницах, причины циркуляции металла, вспенивание, причины подъёма и осадки, также регуляция этих процессов при помощи добавки Al. Следует обсуждение о механизме возникновения и выделения газовых пузырей, о составе внешнего, гомогенно чистого, без пузырей слоя. Статья предназначена новичкам и производству кипящей стали а также и остальным практикам которые с этим процессом хорошо знакомы, но, может быть, найдут объяснение некоторым явлениям которые им не были достаточно понятными.