

Joža Arh, dipl. inž.
Železarna Jesenice

DK: 669.18:669.046.558.8
621.746.32.01
ASM/SLA: D5g, D8p, EGm36

Uvajanje prepihanja jeklene taline v ponvi s plinastim argonom*

Prepihanje jekla s plinastim argonom ali dušikom v ponvi se v proizvodnji jekla zelo hitro širi. Postopek je enostaven, prednosti pa so očitne. V prvi vrsti se jeklo s prepihanjem homogenizira po sestavi in temperaturi. Možna je točna nastavitve livne temperature, razen tega se jeklo do neke mere tudi očisti nekovinskih vključkov. Kakšne rezultate smo dosegli pri uvajanju tega postopka v Železarni Jesenice, podaja to poročilo.

UVOD

Pri izdelavi se jeklo nujno onečisti tudi z nekovinskimi vključki. Temu se ne moremo izogniti. Vključki pa lahko poslabšajo kvaliteto in fizikalne lastnosti jekla do take mere, da za določene namene ni več uporabno. Danes komaj še dosegamo vedno strožje zahteve po večji čistoči jekla z normalnimi postopki izdelave. Jeklarji so torej postavljeni pred težko nalogo, kako izdelati čim čistejše jeklo. Pri teh prizadevanjih imajo v osnovi na razpolago dve možnosti:

1. izločanje vzrokov za nastanek vključkov pred dezoksidacijo. Tukaj si pomagajo z vakuumsko metalurgijo, ki pa je zelo draga.

2. izboljšati je treba pogoje za izločanje nastalih vključkov po dezoksidaciji. To drugo pa nam omogoča prepihanje jekla z inertnimi plini v ponvi.

Prepihanje jekla z argonom je kot tehnološka faza v proizvodnji jekla v svetu že močno razširjeno in pri izdelavi kvalitetnih jekel vseh splošno v rabi. Prepihanje jeklene taline z argonom v ponvi nam nudi nekatere prednosti degazacije jekla, oz. čiščenja (zmanjšanje količine oksidnih vključkov) je pa mnogo cenejše in enostavnejše. Te prednosti pa so v kratkem naslednje:

— zaradi mešanja in izpiranja taline se pospešuje kinetika dezoksidacijskih postopkov

— mešalni in flotacijski učinek izpiranja pospešujeta skepljanje in izločanje oksidov

— dosežemo boljši izkoristek zlitinskih elementov, predvsem tistih z visoko afiniteto do kisika, če jih dodamo po dezoksidaciji in med izpiranjem z Ar

— hitro se doseže homogenizacija taline v ponvi po temperaturi in sestavi

— temperature jekla so lahko zaradi homogenosti in spremenjene viskoznosti nižje

V predloženem poročilu bomo obravnavali rezultate in izkušnje, ki smo jih pridobili na nekaj več kot 100 šaržah, ki smo jih v ponvi obdelali z argonom in delno tudi z dušikom.

TEORETIČNE OSNOVE DEGAZACIJE IN DEZOKSIDACIJE JEKLA

Načeloma je možno s prepihanjem jekla z inertnimi plini doseči znižanje kisika, vodika in dušika.

Degazacijska, oziroma dezoksidacijska reakcija $FeO + C = Fe + CO$ lahko teče le, če je parcialni pritisk CO, ki je proporcionalen produktu prostega ogljika in kisika v talini večji od vsote barometriškega pritiska, ferostatičnega pritiska in kapilarnega nadpritiska. Po drugi strani pa je CO reakcija tudi omejena s količino nuklijev, t.j. žarišč nastajanja CO. Če pade P_{CO} , se zmanjšuje število nuklijev in reakcija zamre.

Te omejitve pri dezoksidaciji z ogljikom praktično odpadejo pri vpihovanju argona na dnu ponve, s čimer dosežemo kontinuirno razprševanje mehurčkov argona v jeklu. Ti mehurčki absorbirajo CO, H₂ in N₂, ko se dvigajo v talini navzgor. Vpihavanje argona povzroča močno mešanje taline, kar izboljšuje kinetiko gornje reak-

* Predavanje na strokovnem posvetovanju metalurgov v Mariboru oktobra 1971

cije. Zmanjšuje se vpliv difuzije okoli žarišča reakcije, povečuje se odstranjevanje zasičenih mehurčkov in odstranjevanje dezoksidacijskih produktov.

Praktično je množina odstranjenih plinov kisika, vodika in dušika odvisna od količine vpihanega inertnega plina.

Tako je n. pr. za znižanje kisika v mehkem jeklu z 0,08 % C od 254 ppm na 40 ppm potrebno vpihati 460 l argona na tono jekla. Odgovarjajoči končni ogljik bi bil potem 0,064 %. Za znižanje kisika v jeklu z 0,36 % C od 54 ppm na 14 ppm pa 50 l argona na tono jekla, pri čemer bi se znižal ogljik na 0,357 %.

Za bistveno zmanjšanje vodika in dušika potrebujemo nad 1000 l argona na tono jekla, kar praktično ni izvedljivo.

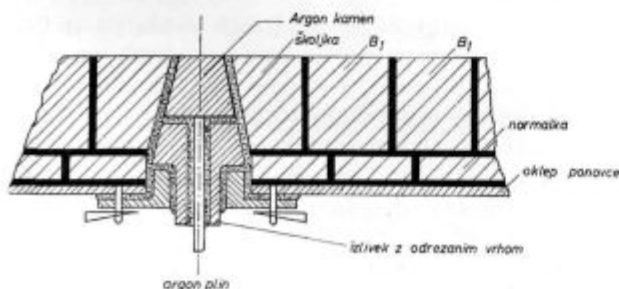
Učinek dezoksidacijskih in degazacijskih reakcij je odvisen tudi od prisotnosti zlitinskih elementov v jeklu. Tako n. pr. prisotnost Cr in V zavira dezoksidacijo s C, medtem ko jo Ni pospešuje. Elementa, kakor Ti in V, povečujeta topnost N₂ v jeklu. Tvorjenje stabilnih oksidov in nitridov zavira odstranjevanje CO in N₂. Če je CO reakcija glavni mehanizem dezoksidacije, potem bi se močnim dezoksidantom, kot Al, Zr, Ti in Si, morali pravzaprav izogibati, dokler razplinjanje ni končano. Praktične izkušnje pa kažejo, da enake ali nižje vrednosti kisika, oz. enako ali ooljšo čistočo dosežemo s predhodnim legiranjem z Si in Al, oziroma z dodajanjem Al med pihanjem argona.

Izpiranje taline v ponvi naj bi predvsem pri dezoksidaciji z aluminijem po ugotovitvah M. Walsterja in W. Feldhausa in obširnih raziskav na metalurškem inštitutu v Ljubljani izboljšalo čistočo jekla, ker se z močno turbolenco povečuje izločanje z Al₂O₃ bogatih vključkov.

Najnižje vsebnosti oksidov dobimo, če se oksidi, ki se tvorijo, lahko izločajo, preden se jeklo strdi in če preprečimo ponovno oksidacijo med vlivanjem.

PRAKTICNI POSTOPEK PIHANJA IN IZKUŠNJE

Vse že v uvodu navedene prednosti obdelave jeklene taline z inertnimi plini se da doseči pri rednem obratovanju le, če je postopek enostaven



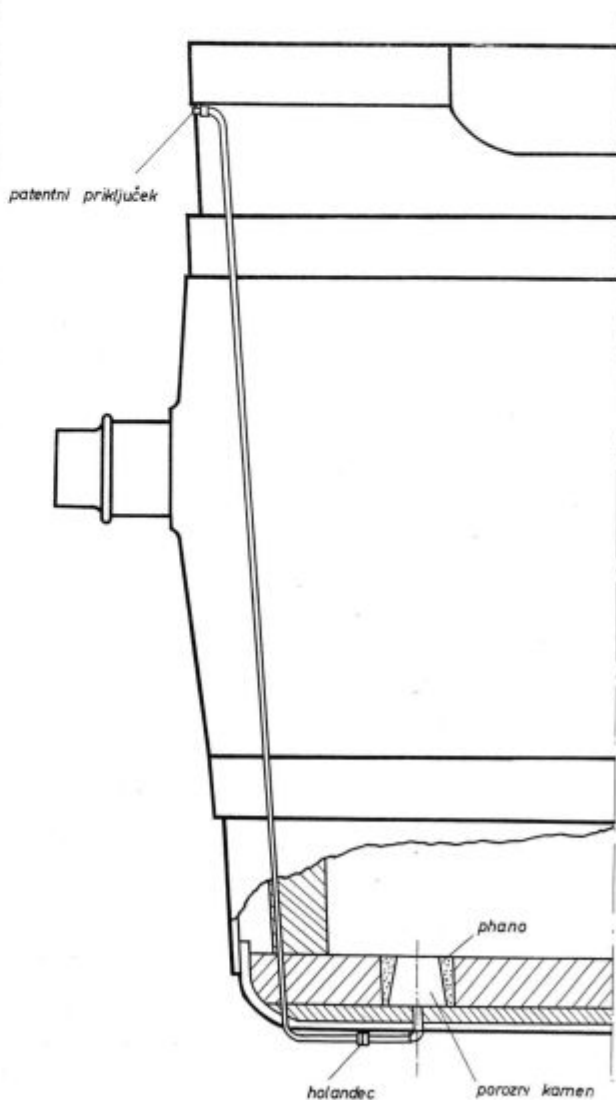
Slika 1

Vzidava poroznega kamna po sistemu Stoecker in Kunz

in zanesljiv. Tega načela smo se vseskozi strogo držali in poenostavili vse do take mere, da pihanje sedaj ne predstavlja nobenih posebnih težav.

Vpihavanje inertnih plinov v ponev se normalno vrši skozi porozni kamen, ki je na poseben način montiran v dno ponve, kakor kaže slika 1.

Diametralno nasproti izlivku je v dnu ponve vzidana školjka, v katero se kasneje montira s pločevino oplašeni porozni kamen. Predelava ponev na tak način je zamudna in draga. Tudi z vzidavo kamnov imajo ponovčarji dodatno delo. Kamni so uvoženi, tudi simteckt vezivo, ki ga je treba dodati običajni masi za vzidavo izlivkov, je uvoženo. Da bi poenostavili te praktične operacije in postali neodvisni od uvoza, smo porozne kamne zamenjali z navadnimi šamotnimi kamni, školjko smo odstranili, tako da do vrha oplašeni kamen vzidamo v samo obzidavo dna. Fuge, ki ostanejo, pa naphemo s posebno ognjevzdržno maso. Takšnega kamna med obratovanjem ni možno menjati, ampak ostane vzidan v dnu ves čas obra-



Slika 2

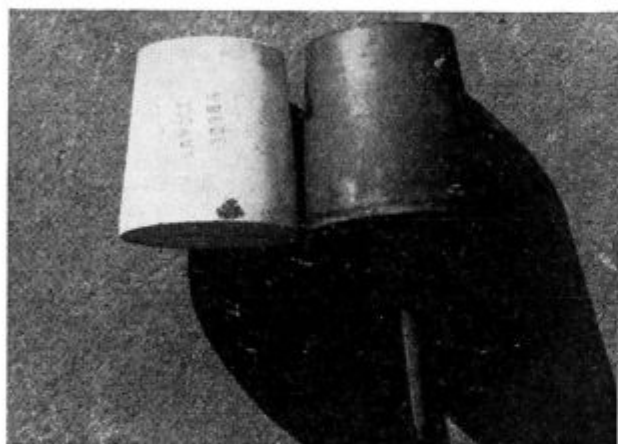
Presek skozi ponev z vzidanim poroznim kamnom

tovanja ponve. V dno ponve je na mestu, kjer je vzdan kamen, treba le izvrtati luknjo, kar lahko opravijo obratni ključavničarji sami, kar je razvidno iz slike 2.

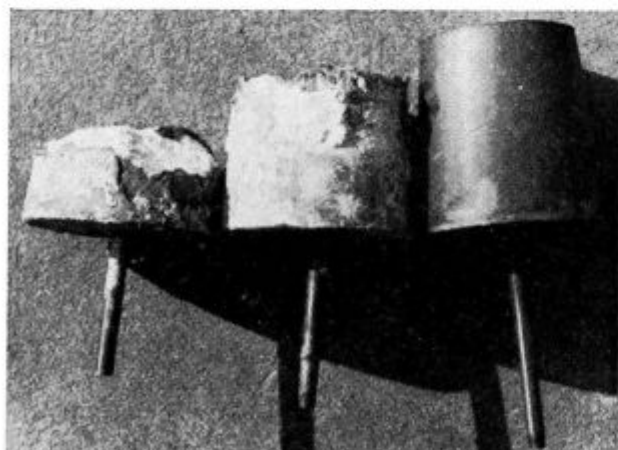
Slika 3 prikazuje navaden šamotni kamen, gol in oplaščen. Iz slike 4 pa je vidna primerjava med novim kamnom, ki je zdržal 11 šarž, pa skozenj nismo pihali (v sredini), in kamnom, skozi katerega smo pihali 6 šarž, vzdržnost ponve pa je 10 šarž (na levi strani slike).

Inertni plin, bodisi argon ali dušik, vodimo iz jeklenke preko reducirnega ventila in gumijaste cevi do patentnega priključka na plašču ponve.

Prepihovanje vršimo v ponovni jami tako na električni peči kakor tudi v martinarni. Na električni peči smo v neposredni bližini jame ASEA peči postavili Honeywell instrument za merjenje temperature jekla, tako da lahko temperaturo sproti kontroliramo in prekinemo s pihanjem, ko jeklo doseže potrebno livno temperaturo. V martinarni merimo temperaturo jekla le



Slika 3
Samotni kamen gol in oplaščen



Slika 4
Primerjava med novim kamnom, med poroznim kamnom, ki je zdržal 11 šarž pa skozenj nismo pihali (v sredini) in med poroznim kamnom skozi katerega smo pihali 6 šarž pri vzdržnosti ponve 10 šarž

pred prebodom. Temperatura jekla v SM peči je mnogo bolj homogena, padec temperature v ponvi pa mnogo manjši zaradi debelejšega sloja žlindre, zato pa je zanesljivost, s katero lahko zadenemo pravilno temperaturo livanja, tudi brez merjenja temperature v ponvi večja kot pri elektro šaržah.

Pihanje traja normalno 7 minut; včasih več, včasih manj, odvisno od temperature jekla. Normalni pritisk je 2 atmosferi nadpritiska. Površina žlindre pri elektro šaržah pri tem rahlo valovi. Pri SM šaržah zaradi debelejšega sloja žlindre valovanja skoraj ni videti.

Temperature jekla pred prebodom morajo biti pri šaržah, ki so izdelane v električni peči za 15 do 20° C višje kot pri nepihanih šaržah, pri SM jeklu pa le za 5 do 10° višje kot pri nepihanem jeklu.

Vsi poskusi so bili doslej izvedeni na 60-tonskih ponvah.

PREISKAVE IN REZULTATI

Program dela:

Za prepihovanje taline v ponvi smo določili naslednje kvalitete jekel:

Konstruksijska jekla Č 0562, St 52 Cb, Nionical itd., jekla za cementacijo, ogljikova in nizkolegirana jekla za patentirano žico, jekla za poboljšanje, ogljikova in nizkolegirana jekla za elektrode in varjenje pod CO₂, jekla za kroglične ležaje jekla za posebne namene

V fazi uvajanja prepihovanja taline v ponvi z argonom in dušikom je bil naš namen:

— dobiti potrebne praktične izkušnje glede priprave ponve, vzdave kamna, vzdržnosti kamna in ponve, možnosti zamenjave poroznega kamna z navadnim šamotom itd.

— dobiti osnovne parametre o pritisku plina v času pihanja in o primernosti zelo poenostavljene aparature za prepihovanje taline

— določiti optimalne temperature taline v peči pred izpustom, v ponvi pred pihanjem in po pihanju plina za posamezne kvalitete

— dobiti osnovne podatke o možnosti zamenjave argona z dušikom za prepihovanje taline v ponvi

— dobiti osnovne podatke o učinkovitosti prepihovanja jeklene taline pri eno in dvožlindrnem procesu, o gibanju kisika, dušika, žvepla in fosforja, o vplivu na čistočo, na temperaturno homogenost v ponvi in homogenost v sestavi valjancev.

Gibanje kisika

Preiskave so obsegale jekla, izdelana v električni obločni peči in SM peči. Večina jekel iz električne peči je bila izdelana po dvožlindrnem postopku, t. j. z dezoksidacijo taline po oksidaciji z Al in Si v peči. V ponev pa smo Al dodajali ali med prebodom v curek jekla ali samo med pihanjem.

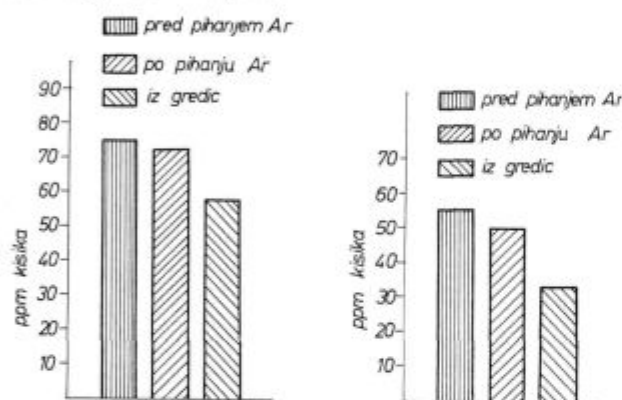
njem plina ali pa kombinirano, t. j. v curek in med pihanjem plina. Šarže, izdelane po enožilndrnem postopku smo dezoksidirali z Al in Si v ponvi. Na enak način so bile izdelane tudi SM šarže. Vzorce za kisik smo jemali iz ponve pred pihanjem argona ali dušika in na 2 livni plošči.

Razen kisika smo analizirali še P, S, N in Al. Na valjancih, t. j. na gredicah in trakovih pa smo analizirali poleg kisika še čistočo in homogenost v pogledu kemične sestave. Gibanje kisika je prikazano na slikah 5, 6, 7 in 8. Zmanjšanje kisika je največje pri šaržah, ki so izdelane po enožilndrnem postopku in pri patentirani žici, ki je izdelana v SM peči, kar je z ozirom na razlago v teoretičnem delu tudi razumljivo. Šarže, ki so

izdelane po dvožilndrnem postopku so že v peči dezoksidirane do take stopnje, da do dezoksidacijske reakcije v ponvi več ne more priti. Zato je zmanjšanje kisika pri teh šaržah v glavnem le posledica flotacijskega učinka plina s katerim izplakujemo talino.

Elektro 2 žilndri
Č 0560, Č 0562, St 52 V,
15MnNi, Č 1220 -0,25% C

Elektro 2 žilndri
Kvalitete z -0,25% C

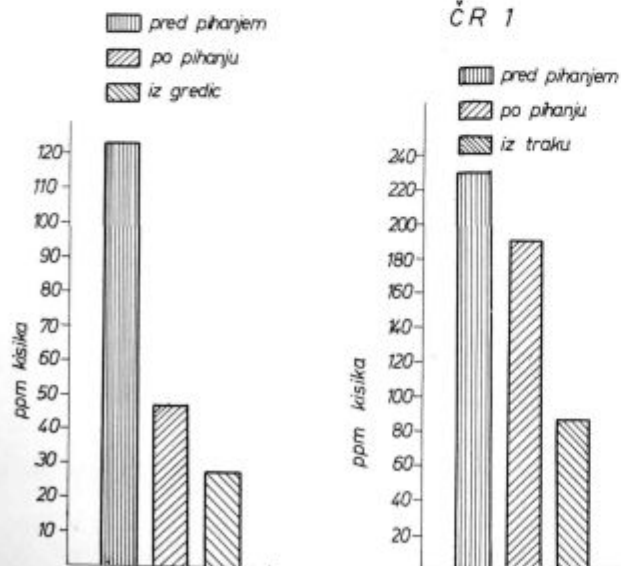


Slika 5

Gibanje kisika pri elektro jeklu z nad in pod 0,025 % C

Elektro 1 žilndra

Elektro 2 žilndri
ČR 1

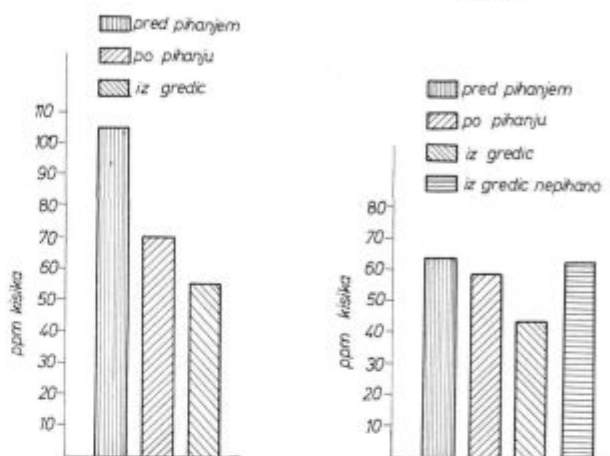


Slika 6

Gibanje kisika pri jeklih, ki so izdelana z enožilndrnim postopkom in pri mehkem jeklu CR 1 (0,08 % C, 0,10 % Si, 0,35 % Mn)

Elektro 2 žilndri
Epp 2

Elektro 2 žilndri
VAC 60



Slika 7

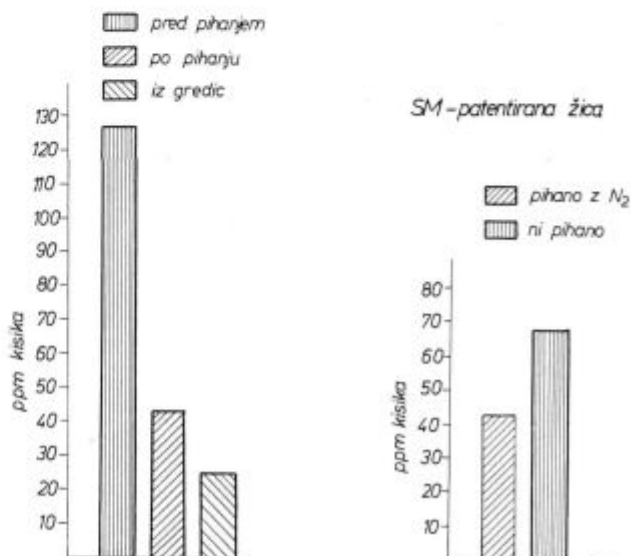
Gibanje kisika pri jeklu za žlco za varjenje pod praškom EPP 2 in za varjenje v zaščitni atmosferi CO₂ - VAC 60

Gibanje fosforja in žvepla

Po trditvah nekaterih avtorjev omogoča preprihovanje jeklene taline v ponvi tudi odžveplanje, nekateri pa tudi navajajo, da pride lahko do redukcije fosforja iz žilndre. Kakšni so ti odnosi pri nas, kaže slika 9. Pri šaržah, ki so izdelane po dvožilndrnem procesu, je fosfor ostal nespremenjen. Pri patentirani žici pa je opazno majhno

SM - patentirana žica

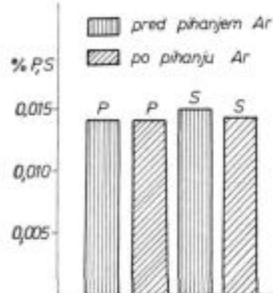
SM - patentirana žica



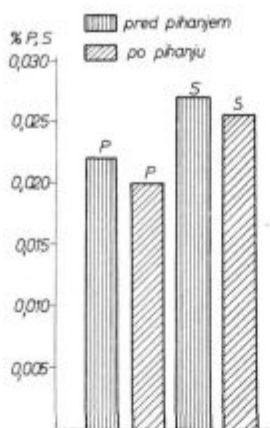
Slika 8

Gibanje kisika pri jeklu za patentirano žico

Elektro 2 žindri



SM - patentirana žica



Slika 9

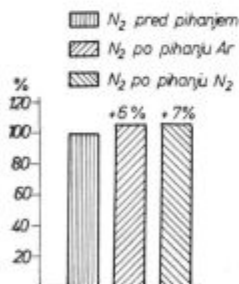
Gibanje P in S pri prepihanju jekla z argonom odnosno dušikom

zmanjšanje fosforja med pihanjem. Rahlo tendenco k zmanjšanju je opaziti tudi pri žveplu. Zmanjšanje žvepla med pihanjem je večje pri SM šaržah kot pri elektro šaržah.

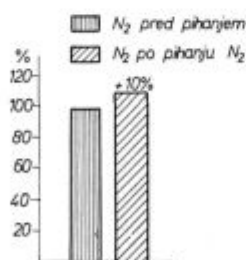
Gibanje dušika

Na začetku smo za prepihanje jekla v ponvi uporabljali izključno argon. Zaradi visoke cene argona smo prešli na dušik, ki ga imamo doma dovolj. Ker so absolutne vrednosti dušika različne pri različnih kvalitetah in načinih izdelave, smo za primerjavo vzeli le relativne vrednosti izražene v procentih. Iz slike 10 je razvidno, da naraste dušik, če jeklo obdelujemo z argonom za 6 %, pri uporabi dušika pa za 7 % pri elektro jeklu. Pri obdelavi SM šarž z dušikom znaša povečanje dušika v jeklu 10 %.

Elektro šarže



SM - patentirana žica



Slika 10

Narastek dušika pri prepihanju jekla z dušikom in argonom

Čistoča jekla

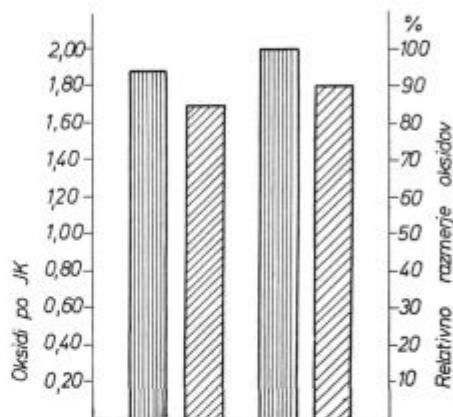
Po podatkih W. Deilmanna se predvsem zmanjša relativna velikost vključkov. Veliki vključki zaradi flotacijskega učinka splavajo na površino. Količina se torej bistveno ne zmanjša, pač pa le velikost. Pri vseh izdelanih šaržah smo zasledovali

le čistočo po JK na odrezkih gredic 120 mm² pri glavi, sredini in nogi pri dveh ingotih. Ker so plastični vključki pretežno funkcija žvepla, zato za primerjavo ne morejo priti v poštev. Med seboj smo torej primerjali le oksidne vključke. Sliki 11 in 12 prikazujeta primerjavo čistoč med pihanimi in nepihanimi elektro in SM šaržami. Primerjava je narejena pri elektro šaržah med 84 rezultati pihanih šarž in 125 rezultati nepihanih šarž. Pri patentirani žici pa je povprečje izračunano iz 27

Elektro jeklo

Ogljikova jekla z >0,25% C

običajna tehnologija
obdelano z Ar ali N



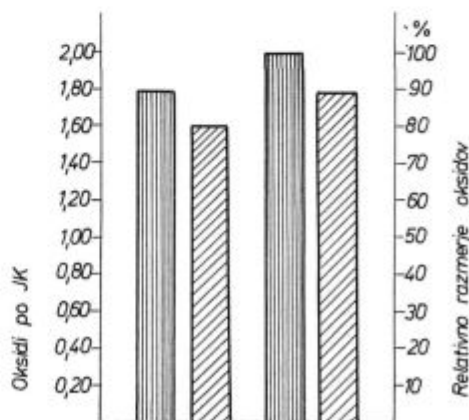
Slika 11

Primerjava vsebnosti oksidnih vključkov med običajno izdelanimi šaržami in prepihanim z Ar ali N pri elektro jeklu z nad 0,25 % C

SM jeklo

Patentirana žica

običajna tehnologija
obdelano z dušikom



Slika 12

Primerjava vsebnosti oksidnih vključkov med običajno izdelanimi šaržami in prepihanimi z dušikom pri jeklu za patentirano žico

rezultatov pri pihanih šaržah in 68 rezultatov pri nepihanih šaržah. Zmanjšanje količine oksidnih vključkov je očitno, ni pa tako drastično, kot to prikazujejo nekateri tuji avtorji. V odstotkih

izraženo predstavlja to v obeh primerih nekaj več kot 10-procentno zmanjšanje količine oksidnih vključkov, s čimer smo na začetku lahko zadovoljni.

Tabela 1

Ingot A vzorec štev.	C % . 10 ⁻²			P % . 10 ⁻³			S % . 10 ⁻³			Al % . 10 ⁻³		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 G	55	55	59	14	15	16	14	14	14	35	35	46
2	55	55	53	16	14	12	13	14	14	37	36	37
3	55	56	55	16	13	13	14	15	15	28	31	31
4	55	55	56	16	14	14	15	15	15	25	29	30
5	55	56	57	16	17	15	14	13	14	36	36	35
6	54	53	52	16	13	12	14	12	13	37	36	36
7	55	55	57	15	15	13	14	14	15	38	36	35
8	55	55	57	16	15	15	13	12	13	32	37	35
9	56	57	58	15	13	14	13	13	13	40	36	37
10	56	57	55	11	15	13	13	13	13	35	37	33
11	55	57	56	14	15	13	14	12	12	37	36	34
12	57	56	56	14	14	13	13	13	13	38	37	38
13	55	57	55	14	14	14	12	12	12	39	40	38
14	55	55	54	14	15	13	13	12	12	39	37	39
15	56	55	53	16	13	14	12	12	12	34	35	34
16 N	57	58	58	15	15	15	12	13	13	43	44	40

Tabela 2

04 7740 vzorec štev.	C % . 10 ⁻²			P % . 10 ⁻³			S % . 10 ⁻³			Al % . 10 ⁻³		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 G	48	48	48	17	18	19	26	24	24	41	42	41
2	51	48	47	24	24	23	25	24	25	44	49	45
3	50	48	47	23	23	24	26	25	24	44	49	49
4	49	48	47	22	24	22	25	23	25	48	45	44
5	47	51	47	23	24	24	24	25	24	45	45	48
6	51	47	48	24	23	22	27	26	25	50	47	47
7	49	47	47	21	25	25	25	24	25	48	46	45
8	48	46	48	20	21	22	24	23	24	50	49	48
9	47	47	47	21	21	21	23	22	23	49	52	47
10	48	47	48	23	21	21	24	24	23	49	51	51
11	48	48	48	19	20	21	24	24	23	44	45	44
12	48	48	48	18	18	19	24	23	22	42	43	42
13	48	48	48	17	19	18	22	23	23	42	41	42
14	48	48	48	18	19	18	22	23	23	44	43	42
15	48	47	48	23	21	21	22	23	24	44	45	43
16	47	48	48	19	18	18	23	24	23	43	45	43
17	48	48	48	18	19	19	24	24	24	44	43	41
18	49	48	48	20	20	19	24	25	25	45	44	45
19	46	46	47	18	19	19	22	23	22	44	44	45
20	45	47	47	17	19	18	23	24	23	44	44	42
21 N	44	45	47	17	18	20	22	20	23	43	42	42

Homogenost jekla — analiza blokovnih izcej

Blokovne izceje predstavljajo razmeroma pereč problem, zlasti pri trših ogljikovih jeklih. Tako imamo n. pr. v proizvodnji patentirane žice velike težave zaradi nehomogenosti v ingotu in šarži.

Pričakovati je, da bodo šarže, ki so prepahane z argonom, dosegle homogeno sestavo v talini cele ponve in da zaradi nižjih temperatur litja ne bo prišlo v ingotu do izcejanja. Preiskave, ki smo jih izvedli, nam to potrjujejo.

Od vsake šarže smo analizirali na dveh blokkih glavo, sredino in nogo po preseku na treh mestih od roba do sredine gredice. Vzorec št. 1 je vzet na robu, št. 3 v sredini, št. 2 pa v sredi med tema dvema. V tabeli 1 so prikazane analize dveh blokov ene šarže po dolžini in preseku kvalitete C 60, v tabeli 2 in 3 pa še dveh šarž jekla za patentirano žico. Vzorci so vzeti po vsej dolžini bloka od vsake gredice od glave do noge. Iz tabel se da razbrati, da so razlike v sestavi zelo majhne. Ogljik je zelo homogeno porazdeljen po celem preseku ingota. Pri fosforju in žveplu pa je opaziti rahlo izcejanje proti glavi.

Blokovne izceje so v veliki meri odvisne od temperature, ki bi morala biti čim nižja.

Še bolj očiten primer izboljšanja homogenosti z dušikom prepahanih šarž v primerjavi z nepihanimi kaže slika 13. Na sliki je v verjetnostnem

diagramu prikazan raztros trdnosti v patentiranem stanju, enkrat za nepihane in drugič za z dušikom prepahane šarže. Srednja vrednost za \bar{X} je pri prepahanih šaržah za več kot polovico manjša od običajno izdelanih šarž.

Možnost reguliranja aluminija v končni sestavi z dodajanjem Al v ponev med pihanjem argona

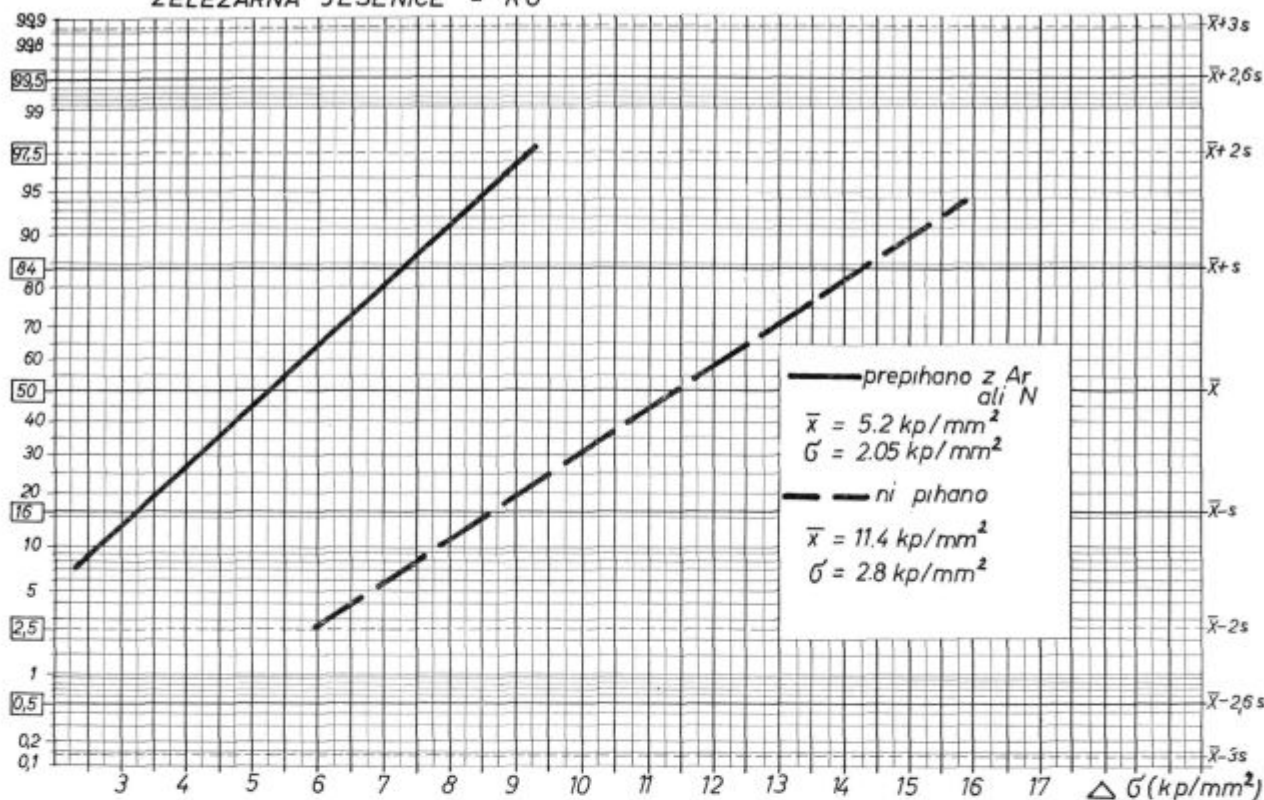
Vzdrževanje konstantne vsebnosti topnega aluminija v jeklu je velikega pomena za nekatere fizikalne lastnosti jekla. Obenem pa je vzdrževanje konstantne vsebnosti aluminija zelo težavno in nezanesljivo, če se to dela na klasičen način z dodatki Al v curek taline med izpustom. Ta problem je predvsem pereč pri jeklih za cementacijo in poboljšanje, kjer se zahteva čim manjše primarno avstenitno zrno. Posebno pri cementacijskih jeklih smo doslej imeli zelo nehomogene rezultate med posameznimi šaržami.

Stanje smo skušali izboljšati z legiranjem Al med pihanjem Ar ali N v ponvi. Pri večini šarž, ki so obdelane z Ar ali N je bil Al dodan le v ponev med pihanjem. Le pri nizko ogljičnih kvaletetah npr. Č 1220, kjer je potreben večji dodatek Al, smo ga dodali tudi v curek med izpustom. Izkoristek Al se giblje od 50 do 70 %, kar lahko smatramo za dober rezultat.

Tabela 3

04 7743 vzorec št. v.	C % · 10 ⁻²			P % · 10 ⁻³			S % · 10 ⁻³			Al % · 10 ⁻³		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 G	46	46	46	14	15	15	24	23	24	0	1	1
2	47	47	46	17	18	17	23	23	22	0	0	0
3	46	44	44	15	16	16	24	23	22	2	3	2
4	44	46	45	17	16	12	22	24	24	2	4	2
5	46	45	44	15	12	14	25	22	21	4	0	3
6	47	46	45	11	12	9	22	20	22	3	2	2
7	47	45	45	13	13	16	22	23	21	0	0	1
8	46	46	45	15	17	16	21	21	23	0	1	0
9	46	45	45	15	15	16	21	21	22	0	0	0
10	45	45	45	16	16	15	20	22	22	0	0	0
11	44	45	45	16	16	15	19	22	22	0	0	0
12	45	46	45	15	16	14	19	22	23	0	1	0
13	46	46	45	16	16	16	23	24	23	1	1	2
14	46	45	45	17	15	15	22	23	21	0	2	0
15	47	46	45	17	16	13	23	22	22	0	0	0
16	48	47	47	16	15	13	25	25	24	1	0	1
17	47	47	46	14	15	13	25	24	23	1	0	0
18	46	46	47	13	14	14	22	24	25	0	1	1
19	45	45	47	15	13	14	25	24	23	1	0	0
20	45	45	46	14	14	13	23	23	24	1	0	0
21 N	44	44	44	16	16	15	23	23	23	0	0	0

ŽELEZARNA JESENICE - RO



Slika 13 Raztros v trdnosti žice v patentiranem stanju za običajno izdelane šarže in z Ar ali N prepihane šarže

Preiskave na metalurškem inštitutu v Ljubljani so tudi pokazale, da je dodatek aluminija najbolj učinkovit, če ga dodamo proti koncu pihanja argona.

Ocena dosedanje prakse

Spočetka smo pihali po končanem prebodu, kar je čas visenja ponve včasih močno podaljšalo. Sedaj pihamo tako v martinarni kot na elektro peči že med izpustom jekla, kar bistveno ne podaljšuje časa visenja ponve. Toplotna obremenitev ognjevzdržne obzidave je manjša. Temperatura pred prebodom pa je lahko le za 5 do 10° višja od normalne. Že v martinarni vpeljano prakso prepihanja med prebodom smo prenesli tudi na električno peč, čeprav so tam obratovalni pogoji težji. Ker se ponev pogrezne globoko v jamo, je gumijasta cev izpostavljena močnemu sevanju in brizganju jekla, zaradi česar mora biti dobro zaščitena z azbestnim ovojem. Ta praksa se je prav dobro obnesla in je to sedaj naš normalni način dela.

Kakor kažejo rezultati, je prepihanje taline najbolj učinkovito pri SM šaržah in šaržah, ki so izdelane po enožilrnem postopku na električni obločni peči.

Preiskave, ki jih je vršil Metalurški inštitut v Ljubljani na nekaterih neprepihanih in z argonom prepihanih šaržah, tudi kažejo na precejšnje

razlike v vsebnosti SiO₂ pri teh jeklih. Tako vsebujejo šarže, ki niso bile obdelane z argonom, povprečno 0,0030 % SiO₂, z argonom prepihane pa 0,0015 % SiO₂.

Dosedanja praksa kaže, da je vzdavanje oplaščenega poroznega kamna zelo enostavno in povsem zanesljivo, saj doslej v dvoletnem obratovanju nismo imeli nobenega prodora jekla skozi dno ponve.

Kompaktni šamotni kamni so glede propustnosti za pline slabši od poroznih, zato bomo, če bodo le na razpolago sredstva, uporabljali porozne kamne.

Tudi sistem dovajanja plina iz ene same jeklenke preko reducirnega ventila dela dobro.

Literatura

1. W. Deilman, E. Klimanek: Erfahrungen bei der Spülgasbehandlung des Stahles in der Giesspfanne Radex Rundschau 1968, Heft 2, 127
2. R. J. Choulet, R. L. W. Holmes: Argon Degassing Practice And Results, Journal of Metals Januarö 1966, 72
3. J. Arh, D. Ravnik, R. Jelerčič, A. Prešeren: Uvajanje prepihanja jeklene taline v ponvi z argonom (Poročilo metalurškega inštituta v Ljubljani). Januar 1971.
4. A. Prešeren: Problematika dezoksidacije in izkoristka aluminija pri izdelavi pomirjenih jekel (Poročilo metalurškega inštituta v Ljubljani). November 1971.
5. B. A. Strathdee: Argon Injection with Porous Plugs Iron and Steel Engineer, June 1971, 82.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Artikel sind die Ergebnisse der etwas über hundert untersuchten Schmelzen, welche mit Argon oder Stickstoff in der Pfanne gespült worden sind gegeben. Die Desoxydationsreaktionen werden durch die Spülgasbehandlung in der Pfanne ausgelöst, wodurch die Sauerstoffmenge im Stahl vermindert wird. Der Flotationseffekt des Spülens hat auch eine Verminderung der grösseren nicht metallischen Einschlüsse zur Folge.

Durch die Spülbehandlung erfolgt ein schneller Ausgleich von Temperatur und Zusammensetzung was auch der grösste Vorteil dieses Verfahrens zu sein scheint.

Wenn ein Verfahren in den Betrieb eingeführt werden soll, dann muss er einfach und zuverlässig sein. Nach diesem Prinzip haben wir auch den Einbau des porösen Spülkegels in den Pfannenboden vereinfacht. Der ummantelte Spülkegel wird nicht mehr in einen zusätzlichen Lochstein eingebaut, sondern er wird in den Pfannenboden eingemauert, wie das Bild 2 zeigt. Das Spülgas wird von einer 40 l Gasflasche über einen Reduzierventil und Gummischlauch zu dem Patentverschluss an der Pfanne geleitet.

Wir haben versucht die porösen Steine durch die üblichen Schamottesteine zu ersetzen. Die Gasdurchlässig-

keit der Schamottesteine ist aber leider nicht genügend, so dass wir nach einer gewissen Zeit wieder die porösen Steine angeschafft haben. Die porösen Kegelsteine gewährleisten einen Durchfluss von 30 bis 40 l Gas pro tone Stahl bei einer 60 t Pfanne und einer Behandlungszeit von 7 Minuten.

Die Spülbehandlung haben wir anfangs nach dem beendeten Abstich durchgeführt, was die Abhängezeiten ziemlich verlängerte. Nach der heutigen Praxis wird sowohl in SM wie auch im Elektrostahlwerk schon während des Abstiches gespült, wodurch die Abhängezeiten ganz normal sind. Die Temperaturbeanspruchung der feuerfesten Zustellung wird kleiner. Die Stahltemperatur vor dem Abstich sollte nur um 5 bis 10° C höher sein als für nichtgespülte Schmelzen.

Seitdem wir Argon im eigenen Hause produzieren, wird auch nur mit Argon gespült. Die Ergebnisse sind in jeder Hinsicht zufriedenstellend. Die besten Ergebnisse sind jedoch bei den SM wie nach dem Einschlackenprozess im Elektroofen erzeugten Schmelzen erzielt worden. Bei der Anwendung von Stickstoff und Argon sind keine wesentliche Unterschiede festgestellt worden.

SUMMARY

In the paper results of over 100 batches blown by argon or nitrogen are described. Blowing of steel in ladle by inert gases causes deoxidation reactions thus reducing oxygen content in steel. Floating effect of washing the melt reduces amounts of bigger non-metallic inclusions. Steel in ladle is homogenized by composition and temperature which is the greatest advantage of this procedure.

If some procedure is to be introduced in production line it must be simple and reliable. According to this rule mounting of porous blowing stone into the ladle bottom was simplified. Mantled porous blowing stone is no more mounted into the ladle bottom according to the prescription of firm Stoecker and Kunz, but it is built into the bottom as shown in Fig. 2. Gas is introduced usually from a 40 l cylinder through a reducing valve and hoses to a special connection on the ladle mantle. Substitution of porous blowing stones by compact fire-clay stones was checked but the latter blowing stones have lower gas

permeability so that porous blowing stones through which 30 to 40 l per ton can be blown in 7 minutes remained in operation.

Initially blowing was used after completed tapping which sometimes prolonged hanging of the ladle. Now steel is blown during tapping of open hearth furnace or electrofurnace. Hanging time of ladle is thus not essentially longer. Thermal load of refractory lining is lower. Temperature before tapping can be only 5 to 10° C higher than normal one.

Also use of nitrogen has only transitional meaning. Since argon is produced at home it is exclusively used. Results are satisfactory in all respects. The best results were achieved with open hearth furnace batches and with batches made by one-slag method. Uses of nitrogen and argon make no essential difference. If steel is blown by nitrogen its content in steel is only slightly increased.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрены свыше сто исследованных плавков которые были подвержены продуванию с Аргоном или Азотом. Такое продувание в ковше с инертными газами вызывает окислительные реакции вследствие которых уменьшается количество кислорода в стали. Флотационное воздействие промывки расплава уменьшает количество неметаллических включений. Преимущество этого способа состоит также в том, что продутая сталь по темп-ре и по химическому составу однородна.

Понятно, что введение нового способа в промышленность требует от него чтобы он был несложный и надёжный в исполнении. С этой целью упрощён монтаж пористого камня на дне ковша, это не делается больше по инструкциях фирмы Stoecker и Kunz а замуровывается на дне ковша как это показано на рисунке 2. Обыкновенно газ вводится из 40 л-га баллона через редукционный вентиль, резиновой трубки до специального патентованого патрубка на обшивке ковша. Пористые камни пробали заменить с обыкновенными но компактными шамотными. Их

пропускаемость не удовлетворила; поэтому решено употребить только такие камни которые дадут возможность дуть в течении 7 минут дувания 30 до 40 л. газа на тону стали.

Сперва продувание велось сразу после выпуска стали из-за чего висенье ковша часто очень продлилось. Теперь продувание в мартеновском цехе а также при электропечи ведётся во время самого выпуска что существенно не замедляет режим процесса. Тепловая нагрузка жароупорной футеровки меньше. Достаточно если темп-ра плавки до выпуска 5 до 10° Ц выше нормальной темп-ры.

Применение азота было переходного значения, так как аргон производится в самом заводе. Поэтому продувание стали ведётся только с аргоном. Во всех отношениях результаты удовлетворительные. Самые лучшие результаты получены при SM — плавков при способе с одним окислительным шлаком. Результаты продувания с азотом и аргоном почти одинаковы лишь при азоте его содержание в стали несколько увеличивается.