

Prva mednarodna konferenca o metalurgiji vpihavanja prašnatih materialov v grodelj in jeklo pod imenom »Scaninject« 9. in 10. junija, 1977 v mestu Lulea na Švedskem

J. ARH

I. UVOD

Vpihovanje prašnatih materialov v grodelj in jeklo je razmeroma mlada veja metalurgije. Odžveplanje grodlja z vpihovanjem apna in sode je znano približno 20 let. Precej mlajše je vpihovanje prašnatih materialov v jeklo. Prvi poskusi vpihavanja rude, apna in ogljika v jeklo v peči segajo v šestdeseta leta. Vodilni na tem področju so bili Francosi, Goffart in Irsid. Vendar pa se vpihovanje rude, apna in ogljikovih materialov v jeklo v peči razen posamičnih industrijskih poskusov, ni razmahnilo, ker koristni niso bile dovolj očitne. Moderni način dodajanja kosovnih materialov skozi obok so bolj praktični in cenejši.

Pravi razmah te metalurgije beležimo v zadnjih petih letih, ko so začeli vpihovat v jeklo v ponvi apno, jedavec, kalcijev karbid, kalcij silicij, magnezij in podobne sintetične žlindre. Razvoj se je začel pri pločevini, kjer so stroge zahteve po zmanjšanju anizotropije predvsem žilavosti v vseh treh smereh X, Y, Z (v smeri valjanja prečno na smer valjanja in pravokotno na ravnino pločevine) pogojevale tak razvoj. Industrijsko so postopek uvedli prvič v železarni Thyssen Niederrhein za proizvodnjo visokovredne pločevine in rezultate objavili jeseni leta 1973. Vzporedno se je ta tehnologija razširila na široka področja izdelave jekla za različne namene. S to tehnologijo dosegamo pri jeklu odlične lastnosti v pogledu žilavosti, plastičnosti, vlečne sposobnosti, obdelovalnosti, kar je pomembno zlasti pri kvalitetnih jeklih.

Bistveno pri tej tehnologiji je, da z sredstvi, ki jih vpihavamo dosegamo različne cilje in sicer:

1. Odlično odžveplanje jekla, celo do nekaj desetstotinskih procenta S pri 95 do 98 %-ni stopnji odžveplanja.

2. Spremembo sestave in morfologije nekovinskih vključkov.

3. Očiščenje taline večjih nekovinskih vključkov ne da bi vplivali na sulfidne vključke.

Zaradi pomembnosti te veje metalurgije tako za jeklarje kot za tehnologe in porabnike jekla so Švedi organizirali prvo mednarodno konferenco pod naslovom »Scaninject«. V dneh 9. in 10. junija se je zvrstilo 26 predavanj.

Predavanja so obravnavala različna področja in sicer:

1. Teoretična obravnava dogajanj pri vpihavanju prašnatih delcev s prikazom na modelih.

2. Spremembo sestave in morfologije vključkov v jeklu.

3. Problematika ognjevzdržnih materialov za kopja.

4. Naprave za vpihavanje prašnatih materialov.

5. Prikaz rezultatov te tehnologije na industrijskih napravah, znanih proizvajalcev jekla, ki so vzbudila tudi največ zanimanja.

Prve mednarodne konference se je udeležilo 220 strokovnjakov iz raznih dežel Evrope, ZDA in Japonske (Švedske, Finske, Norveške, ZRN, Danske, Anglije, Škotske, Irske, Belgije, Francije, Švice, Italije, Avstrije, ZDA, Japonske.).

II. KRATKA VSEBINA NAJZANIMIVEJSIH PREDAVANJ

Vsa predavanja so izdana v posebni knjigi, ki je na razpolago v strokovni knjižnici Železarne Jesenice, objav-

ljena pa bodo tudi v periodičnem tisku, zato podajam le zaključke nekaterih najbolj zanimivih predavanj.

1. Prašnati material za vpihavanje

A. Wikander Ferolegeringar Trollhätteverken AB — Švedska

V jeklo lahko vpihamo vse zlitine in oksidne materiale, če so zdrobljeni pod 2–3 mm. Vpihovanje ima posebno prednost pri tistih zlitinskih elementih, ki imajo:

- a) visoko afiniteto do žvepla za odžveplanje
- b) visoko afiniteto do kisika za dezoksidacijo
- c) visoko afiniteto do ogljika in silicija za dodajanje legirnih elementov v obliki oksidov (NiO)

Z vpihovanjem prašnatih materialov v jeklo dosegamo:

- a) veliko reakcijsko površino — hitre reakcije
- b) sorazmerno dolg reakcijski čas
- c) visok izkoristek dodatkov
- d) mešalni učinek, ki daje dobre pogoje za izločanje nastalih produktov
- e) pri materialih z visokim parnim pritiskom dosegamo visok izkoristek

Nekaj primerov uporabe raznih materialov za:

- odžveplanje CaO , $\text{CaO} + \text{Al}$, $\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{Al}$, CaSi , CaC_2 , $\text{Mg} + \text{CaO}$, mišmetal
- dezoksidacija: CaSi , CaSiBa , CaSiMn
- modifikacijo sulfidov: CaSi , SiZr
- odfosforenje: $\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
- denitriranje FeZr , SiZr
- legiranje: Si iz FeSi 75 %

N iz CaCN_2

C iz grafita v prahu

Ni iz Ni oksida

Mo iz Mo oksida itd.

S stališča proizvajalcev zlitin je vpihavanje materiala 0–3 mm koristno, ker je to odpadke, ki ga morajo sicer briketirati ali pretaliti.

Obravnavana je oprema potrebna za vpihavanje, to je sama aparatura ali dispenser.

Material mora teči enakomerno brez sunkov s čim manjšo količino nosilnega plina na kg, ki naj ne bo večja od 20 l/kg, da valovanje jekla v ponvi ni premočno in izmetavanje preko roba preveliko. Od znanih proizvajalcev je treba omeniti »Irsid«, ki je bil med prvimi na tem področju. Potem je firma »Maxpeters«, njihovo napravo ima firma »Klöckner Werke«, ki jo je zelo pohvalila. Firma Thyssen Niederrhein je razvila svojo napravo, ki jo sedaj po licenci izdeluje Standard Messo Duisburg. Na Švedskem je znana firma »Kockums«, ki se je uveljavila na švedskem tržišču.

Važna je obzidava kopja, ki mora vzdržati znatne temperaturne in mehanske obremenitve skozi več pihanj. Firma Vesuvius Belgija je razvila poseben sistem, čep Argolok in isostatično stisnjena opeka za cev iz grafitiziranega aluminatnega materiala, ki se je odlično obnesel. Dalje so obravnavana vprašanja varnosti pri uporabi materialov kot so CaSi in CaC_2 pri katerih pride do razvijanja acetilena in vodika in do težkih eksplozij.

2. Vpliv nečistoč na mehanske lastnosti jekla

R. Lagneborg

Švedski inštitut za raziskavo metalov — Stockholm Švedska

Nekovinski vključki kot nečistoče vplivajo na dvoje važnih mehanskih lastnosti in to žilavost in trajno trdnost (fatigue strenght). Vključki vplivajo na žilavost materiala na dva fundamentalno različna načina.

1. Vključek deluje kot interna razpoka iz katere se razpoka širi in

2. Žilavost preloma K_{Ic} se z vključki zmanjša zaradi njihovega vpliva na duktilnost materiala. V obeh primerih so važni parametri, razmerje med debelino in dolžino, oblika in velikost vključkov. Lastnosti samih vključkov nimajo velikega vpliva v primeru (1), v primeru (2) pa je vpliv krhkosti in trdnosti vključka znaten. Pokazano je tudi, da vpliv vključkov na trajno trdnost lahko opišemo kot vpliv zareze vključka.

3. Vpihavanje prašnatih materialov globoko v železo in jeklo

J. P. Motte, I. Cordier

Irsid, Maizieres les Metz, Francija

Avtorja podajata opis vseh tehničnih posebnosti in problemov pri vpihavanju prašnatih materialov globoko v tekočo kovino z opisom inštalacij, irsidovega dispenserja, kontrolnega sistema in kopja. Navajata tehnološke rezultate za vpihovanje CaSi ali CaC_2 , CaO ali Na_2CO_3 , Mg ali Al v jeklo v odprti ponvi do 200 t kapacitete. Posebej je obravnavana obdelava z Al pomirjenih jekel s CaSi. Podani so rezultati odžvepljanja grodlja z vpihovanjem sode in Mg v primerjavi z običajnim odžveplanjem grodlja s sodo v curek in Mag-coke procesom.

4. Kompleksni dezoksidanti

Orodje za modifikacijo sestave in za odstranjevanje vključkov

C. Gatallier, M. Olette, Irsid, Maizieres-Les-Metz, Francija

Avtorja obravnavata rezultate dobljene z dezoksidacijo jekla s kompleksnimi dezoksidanti na osnovi elementov Si, Mn, Al, Ca, Ba. Poskusi v laboratorijskem in industrijskem merilu so pokazali, da se količina aluminatov (Al_2O_3) preostalih v jeklu da zmanjšati in sicer s transformacijo obstoječih Al_2O_3 vključkov v Ca aluminatne globule z dodatki Ca vsebujočih zlitin ali s hitrimi zaporednimi dodatki Si za aluminijem v kratkih presledkih.

5. Modifikacija in kontrola nemetalnih vključkov v jeklu pomirjenem z Al z injektiranjem CaO vsebujočih praškov

S. K. Saxena Univerza Trondheim, Norveška

Injecirana žlindra spremeni primarne Al_2O_3 vključke v Ca aluminat z nizkim tališčem, ki lažje koagulirajo in hitro splavajo ven iz taline. Ko so primarni Al_2O_3 vključki modifikirani, žlindra, ki jo vpihavamo, deluje desulfirajoče in na oksidnih vključkih se izloča velika količina CaS. Iz žlindre (CaO) se je raztopilo v jeklu dovolj Ca in ta modifikira vključke, ki se izločajo (precipitirajo) med procesom strjevanja. Sulfidni vključki so v glavnem tipa CaS. So drobni in enakomerno razporejeni v jeklu.

Večkrat vsebujejo faze Ca aluminata.

6. Vpliv injektiranja prašnatih materialov na oksidno in sulfidno čistočo jekla

H. J. Langhammer, H. Abratis, Klöckner Werke Osnabrück ZRN

Železarna Klöckner Werke je razvila metodo za izboljšanje sulfidne in oksidne čistoče jekel. Aparat sestoji iz kopja za vpihavanje in posebnega kotla. Naprava ima to prednost, da je lažja in bolj fleksibilna. Naprava omogoča legiranje odžveplanje in dezoksidacijo jekel.

Znaten napredek so dosegli pri izboljšanju čistoče z vpihavanjem žlindre in žlindrotvornih komponent kakor tudi spojin, ki sproščajo kalcij. Žlindra in žlindrotvorne sestavine imajo prednost pred kalcijevimi spojinami, če gre za izboljšanje oksidne čistoče.

Zanimiv je zlasti razvoj pri izboljšanju oksidne čistoče npr. pri mnogih vrstah jekla za masivno preoblikovanje v hladnem. S posebnimi dodatki je mogoče odstraniti le oksidne vključke ne da bi vplivali na vsebnost žvepla.

Jeklo, ki je obdelano z vpihavanjem žlindrotvornih sestavin praktično nima več vključkov nad velikostjo 4 po Stahleisen Prüfblatt 1570-71.

7. Uddacon — Ključ za nova pota v metalurgiji

L. G. Norberg Uddaholms AB Steel Division — Hagfors, Švedska

Uddacon je povsem nova tehnologija. Namenjena je uporabi prahu iz čistilnih naprav, ki odpadejo v jeklnah (vsebuje ZnO in PbO) in pri proizvodnji nizkoogljivega FeMn suraff iz SiMn in Mn_2O_3 .

Prah, ki odpade iz odpraševalnih naprav v jeklnah vsebuje navadno tudi ZnO in PbO in je le omejeno uporaben.

Z vpihavanjem v jeklo v Uddacon konvertor separiramo Zn in Pb iz prahu in ju lovimo v prašnatih vrečah čistilne naprave. Oksidi železa pa se v jeklu reducirajo.

8. Aplikacija metalurgije injektiranja v integrirani železarni in vpliv na lastnosti jekla

H. Richter, W. Meichsner, H. Pircher

Thyssen Niederrhein AG Oberhausen ZRN

Firma Thyssen je vodilna na tem področju tako pri odžveplanju grodlja kakor tudi pri odžveplanju in modifikaciji vključkov v jeklu. Iz potreb so se razvile nove tehnologije za odžveplanje, dezoksidacijo in kontrolo oblike vključkov in njih porazdelitev. Ta tehnologija (CAB) je opisana in dokumentirana s slikami in diagrami za grodelj in jeklo. Pri jeklu dosega po tem (CAB) postopku 0,002 % S in skoraj enake žilavosti v prečni kot v vzdolžni smeri.

9. Proizvodnja visokovrednih jekel po postopku »Ladle injection Continuons Casating«

L. Holappa, K. Tähtirar

OVAKO, Imatra Finska

Znano je, da ne moremo vlivati kvalitetnih jekel z vsebnostjo Al kontinuirno pri majhnih presekih (100 mm kv.), če vlivamo direktno. Direktno vlita jekla brez Al so nečista, z visoko vsebnostjo kisika.

Finci so razvili novo tehnologijo z obdelavo jekla v ponvi z vpihavanjem CaSi kot dezoksidanta, kar ima na koncu za posledico zelo nizko vsebnost prostega kisika, odlično odstranjevanje dezoksidacijskih produktov in čisto jeklo. Ponev je obzidana z visoko glinično opeko.

Dosegljiva stopnja odžveplanja znaša 50 %. Livne lastnosti s CaSi obdelanega jekla so primerljive z normalnim s SiMn dezoksidiranim jeklom.

Segregacijske razpoke, ki jih povzroča MnS pri jeklu z 0,20 % C izginejo s CaSi zaradi učinkovitega odžveplanja in modifikacije preostalih sulfidov.

Posledica dobre dezoksidacije in odžveplanja in modifikacije vključkov je dobra čistoča in kvaliteta površine kontinuirno vlitih gredic. Enake prednosti ugotavljajo na valjanem materialu in končnih produktih.

Navajam samo primer spremembe sestave vključkov:

	CaO	Al_2O_3	SiO_2	MnO	CaS
Normalna praksa	2-3	11-34	45-56	12-24	—
Ca obdelava	49	19	22	—	11
	56	22	21	—	1

7. Injektiranje prašnatih materialov v 120 t ponev v železarni Smedjebacken

R. Johansson Smedjebacken, Švedska

Mnenja in rezultati, ki so podani, so povsem praktične narave. Opisani so rezultati poskusov in iz proizvodnje. Preizkusili so tri različne materiale za proizvodnjo in sicer kalcijev cianamid $CaCN_2$, mešanice CaO/Mg za odžveplanje in CaSi za odžveplanje in modifikacijo.

Nadušičenje — uporaba pri mikrolegiranih finoznatih jeklih. Izkoristek dušika pri običajnem dodajanju $CaCN_2$

v ponve znaša le 20–30 %. Razvijajo se goste pare. Legiranje N_2 z dušikovimi zlitinami je drago. Cena N_2 iz FeMn nitre-ja je za 1 kg N 10–15-krat večja kot CaCN₂. Izkoristek N_2 znaša pri injektiranju globoko na dno ponve 75 %. Zanimivo pri nadušenju je dejstvo, da je absorpcija N_2 v jeklu na začetku vpihavanja, ko sta O in S še visoka zelo majhna, ko pa med injektiranjem pade koncentracija S in O absorpcija N_2 hitro raste in dosega tudi 100 %.

Odžveplanje — s CaO/Mg mešanico (5–15 % Mg)

Potreba po skrajšanju časa od preboda do preboda v primarni peči je povzročila povečano zanimanje za metalurške operacije izven peči. V železarni Smedjebacken je odžveplanje s CaO/Mg mešanico normalen proizvodni postopek. Važna za dobro odžveplanje je zlasti obnova žlindre v ponvi. Normalna količina žlindre v ponvi je iz 10 kg apna/t. Ta mora biti dobro dezoksidirana. Že majhna količina FeO ali MnO v žlindri poslabša porazdelitveno razmerje za žveplo med jeklom in žlindro. Stopnja odžveplanja je odvisna od uporabljenega Mg na tono in znaša pri 0,1 kg Mg/t 50 % in 5 minutni obdelavi ali 85 % po 10 minutah in 0,2 kg Mg/t.

CaSi lahko uporabimo za modifikacijo vključkov, toda za samo odžveplanje so stroški 3-krat večji kot pri uporabi mešanice CaO/Mg.

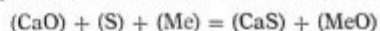
CaCN₂ vpihavanje CaCN₂ daje enako stopnjo odžveplanja pri nadušenju kakor CaSi.

8. Odžveplanje jekla v odvisnosti od načinov izdelave jekla

H. Gruner, F. Bardenheuer — Mannesmann Forschungs institut G. m. b. H. ZRN

Cilj dela je bil izkoristiti optimalne pogoje, ki jih nudi žlindra bogata na apnu za odžveplanje. Doseči je treba naj-

višjo možno aktivnost CaO in kovinskega reducenta in najnižjo možno aktivnost S v reakciji odžveplanja.



Praktično so delali tako, da so jeklo pomirjeno z Al izpustili iz 150 t SM peči brez žlindre v bazično obzidano ponev, napravili novo žlindro iz 6 kg apna/t jekla. Že samo pri preprihovanju z argonom so dosegli odvisno od časa preprihovanja 40–70 % stopnjo odžveplanja (40 % pri 10 min, 70 % pri 20 min). Pri vpihovanju apna (CaO) v jeklo pod visoko bazično in dezoksidirano žlindro v ponvi pa so dosegli od 75–98 % stopnjo odžveplanja in v končni sestavi do 0,0010 % minimalno celo 0,0005 % S. Količina vpihanega apna: 3,5 kg/t z 10 % jedavca pri najkrajšem času pihanja 8 minut.

III. SKLEPNA MISEL

Prva mednarodna konferenca o metalurgiji vpihavanja prašnatih materialov v grodelj in jeklo je prikazala kako hiter in širok razmah je dosegla ta tehnologija v svetu in da postaja danes že sestavni del tehnologije izdelave jekla, predvsem pri izdelavi kvalitetnih jekel in jekel s posebnimi zahtevami. Vedno večje zahteve porabnikov, npr. naftovodi in plinovodi v arktičnem področju, porajajo nove postopke v jeklarstvu. S staro klasično tehnologijo in skromno opremljenostjo tudi mi le težko sledimo zahtevam kupcev.

Ce smo bolj natančni že izgublamo naročila, ki jim nismo kos. Nujno je torej, da tudi mi sledimo modernim postopkom. Zlasti slednji ni niti tako drag, niti tako kompliciran, da ga ne bi mogli uvesti tudi v naše jeklarne.