

# Tehnične novice

## Prva evropska konferenca o elektrojeklarstvu

Aachen ZRN 11. do 15. septembra 1983

J. Arh  
S. Čop

Konferenco je organiziral Verein, Deutscher Eisenhüttenleute s podporo mnogih drugih združenj in inštitutov iz vsega sveta, med temi tudi združenja jugoslovanskih železarn. Program je obsegal 44 predavanj iz devetih različnih področij.

Najbolj pomembne takšne skupine predavanj so:

- Jeklarne, naprave in tehnologija,
- Novosti v razvoju preboda pri EO peči,
- Ponovčna metalurgija (VAD, ASEA, SKF),
- Jeklarne z AOD — VOD napravami,
- Možnosti za zmanjšanje porabe elektrod,
- Prihranek z izkoriščanjem odpadne toplote,
- Indukcijske peči za proizvodnjo jekla,
- Razvoj in izkušnje peči s plazma gorilci in peči na enosmerni tok

Prvi dan dopoldne so bila na programu štiri uvodna predavanja eminentnih predstavnikov industrije:

Robert Scholey, CBE London: Proizvodnja in poraba jekla v svetu — položaj in razvoj jeklarske industrije.

Dr. Ulf Lantzeke, Pariz: Strategija rasti iz energetske političnega stališča.

Gerhard Hecker, Hagen: Kako lahko v ZRN zagotavljajo električno energijo za proizvodnjo elektro jekla.

Heinrich Hitzbleck, Hannover: Razmere na mednarodnem trgu starega železa.

V nadaljevanju bom skušal podati glavne misli najbolj pomembnih predavanj.

### A 2, G. Scheehan: Razvoj uporabe ognjevarnih materialov v jeklarni

Avtorji so skušali pokazati, kako obzidava peči in ponovc vpliva na tehnologijo izdelave jekla pri kontinuirnem delu dveh 100-tonskih peči. Moč peči 45/54 MVA. Peči poslužujeta dva konti liva za gredice. Program v glavnem maloogljčna jekla za žico. Peč je imela spočetka phano magnezitno dno. Žlindra, bogata na FeO, je povzročala močno erozijo v žlindrni coni. V letu 1980 so vpeljali keramično vezano dolomitno opeko, ki so jo že leta 1982 nadomestili s »Carbon Bonded Magnesit« opeko.

Obenem so vpeljali drugačno tehnologijo taljenja z dolgim plamenom in penečo žlindro — dodajanje drobnega koksa v peč. Cilj je zakriti obločni plamen v peneči žlindri. Dosegli so 6-tedensko kampanjo (450 šarž). Vpeljali so potopljeni prebod 450 mm pod nivojem taline. Obok je vodno hlajen. Vsi ti ukrepi so močno znižali porabo ognjestalne opeke (0,9 kg/t) in sredstev za torkretiranje (4,5 kg/t).

### A 3, B. Strohmeier: Proizvodnja jekla za ploščate produkte v velikih UHP pečeh, ISCOR J. Afrika

Jeklarna ima s tremi 155-tonskimi UHP pečmi kapaciteto 1,6 milij. t/leto. Moč transformatorja 60/72 MVA. DH naprava je izven obratovanja. VAD in TN naprava za sekundarno obdelavo jekla. Peči so predelane na vodno hlajenje sten in obokov (Korf). Vložek je slab 20 % svinj z 80 % Fe. Proces je enožlindr. Le 15 % proizvodnje je pomirjeno jeklo. Večina je nepomirjena ali polpomirjena. Pomirjeno jeklo obdelajo ali na TN, VAD ali VAD/TN napravi, odvisno od zahtev po čistoči in vsebnosti vodika. Kombinirano TN/VAD obdelavo uporabljajo za najstrožje zahteve, nizko žveplo, malo plinov, izotropne lastnosti pločevine. Žlindro posnemajo iz ponovce tako, da se nagiba cela komora.

Prispevek je zlasti zanimiv zaradi moderne tehnologije na velikih pečeh in dobrih rezultatov.

### B 1, F. A. Bruma in sodelavci: Koncept, izgradnje in obratovanje prve integrirane železarne v Nigeriji

Avtorji opisujejo orjaški projekt in izgradnjo prve integrirane železarne v Nigeriji. Železarno je gradil konzorcij nemško-avstrijskih podjetij. Gradnja je trajala tri in pol leta in začela proizvodnjo v letu 1982. Kapaciteta železarne bo 1 milij. ton jekla. Osnovna surovina je direktno reducirana železova ruda in EO peči kot talilni agregati. Podan je obsežen opis vseh del od izgradnje električnega omrežja, rečnih transportnih poti, šolanja kadrov po Evropi in Ameriki do uspešnega začetka obratovanja.

**B 4, K. Grubert in sodelavci: »Dog house« zaščita peči proti hrupu in za zajetje plinov, indukcijskih pečeh**

Od leta 1981 sta v ZRN dve 50-tonski peči obdani z zelo tesnim ohišjem za zajetje plinov in za zmanjšanje hrupa. Avtorji poročajo o rezultatih planiranja in obratovnih izkušnjah. Prednost naj bi bila v manjših stroških, ki so znašali za gradnjo ohišja in za kombinirani primarni in sekundarni filter s kapaciteto 300.000 m<sup>3</sup>/h manj kot 2/3 stroškov za sistem direktnega odsesavanja s havbami na strehi. Povečanje porabe električne energije znaša 19 do 24 kWh/t surovega jekla. Slaba stran ozkega ohišja — višja temperatura v prostoru.

**B 5 R. E. Lincoln: Začetek obratovanja »B« EO peči pri Chaparral st steel**

Podan je zanimiv opis izbire in usposabljanja delavcev za jeklarstvo kot pomemben pogoj za uspešen začetek obratovanja. Od preko 300 prijavljenih so jih izbrali 58. Več kot 600 strani teksta je služilo za učenje v razrednem pouku. Gradnja je trajala 17 mesecev od prve lopate do začetka obratovanja konti liva. Peč ima kapaciteto 160 t, moč transformatorja 110 MVA, ki daje 67 MW moči. Peč je opremljena z vodno hlajenimi stenami in obokom, kisikovim kopjem (vodohlajen) in Oxy-fuel gorilci. Konti liv — 5 žilni za blume. V prvih 11 mesecih so naredili 517.000 t jekla. Peč dela z maksimalno močjo transformatorja do preboda. To omogoča delo s penečo žlindro, ki jo povzroča uvajanje koksa, mešanega z vodo v času rafinacije v peč. S tem so stene zaščitene od plamena. Peč zaklada 180 ton in dela s 30 t tekočega ostanka, zato da hitreje tali.

**C 1, K. Behrens in sodelavci: EO peč s prebodom v sredini dna, osrednji del novega koncepta jeklarne pri Thyssen Edelstahlwerke AG Witten**

V železarni Witten so zamenjali štiri 110-tonske SM peči in eno 50-tonsko EO peč z novo, na novem konceptu grajeno 110-tonsko UHP EO pečjo s 75 MVA transformatorjem. Ta novost je prebod v sredini dna, ki so ga prej uspešno preizkusili na obstoječi 50-tonski peči. Staro železo se do 45 % naklada iz železniških vagonov, 55 % pa se iz vmesnega skladišča pripelje na lastnih vagonih in naklada direktno v košare. V dveh med seboj neodvisnih vrstah bunkerjev (6 + 14) so dodatki in legure za 3 dni obratovanja. Pečna hala je 42 m dolga, 22 m široka in 40 m visoka in je zaradi omejenega prostora zmanjšana na nujno potrebne mere.

Ta EO peč je v principu trdno stoječa peč, ki se zaradi lažjega odtekanja žlindre nagiba v smeri delovnih vrat za 10°. Pečni portal stoji na posebnem temelju poleg peči in se ne nagiba. Peč premera 6,8 m ima dvojne vrata za lažje delo in dostop do vseh delov znotraj peči.

Peč je grajena kot kletka z vodnohlajenimi cevni elementi, ki segajo 250 mm nad talino in se jih lahko menja od zunaj. 90 % površine nad pragom je tako vodno hlajeno. Zmanjšanje porabe ognjestalnega materiala pa je bil glavni namen gradnje peči s prebodom v sredini dna. Hlajenje je z vročo vodo 110°C in 10 b pritiska, da se toplota lahko regenerira.

Za nadziranje vseh naprav služi računalniško krmiljeni informacijski sistem.

Procesni računalnik omogoča zasledovanje materialnih tokov, zajemanje podatkov in upravljanje procesa.

Program obsega malo in srednje legirana konstrukcijska in orodna jekla z do 20 % legiranih elementov.

Proces je enožiln. Zadnjih 5 minut odteče 95 % vse žlindre preko praga. Ostanek delno odteče v ponovco, delno ostane na dnu. Legiranje poteka v ponovci. Šaržo dokončajo v VD napravi (degazacija).

Doslej so naredili že 6300 šarž. Poraba ognjevarnega materiala znaša za dno in steno 0,2 kg/t, za obok pa 0,21 kg/t. Poraba materialov za tokretiranje znaša 3,9 kg/t.

Povprečno naredijo na dan 12 do 13 šarž, oziroma 1400 t jekla.

**C 2, R. D. Baare: Ločenje jekla od žlindre, glavni problem pri izdelavi kvalitetnih jekel — peč z ekscentričnim prebodom pri Det Danske Stalvalsevoerk**

Danska železarna proizvaja grobo pločevino in palično jeklo z visokimi kvalitetskimi zahtevami. Zaradi kvalitetnih zahtev so klasični izdelavi dodali sekundarno obdelavo jekla, ki pa zahteva dosledno ločenje žlindre od jekla. Vsi doslej znani načini pa takšnega ločevanja ne zagotavljajo. Zahteve pa so bile naslednje:

1. Zanesljivo ločenje žlindre od jekla
2. Vsa vzdrževalna dela na prebodu se morajo opraviti izven peči
3. Delo s tekočim ostankom, del jekla in žlindre ostane v peči
4. Zmanjšanje porabe ognjevarnega materiala

Pri Thyssen Edelstahlwerke Witten razviti centrični prebod tega ni zagotavljal. Prebod so zato predstavili izven peči, vendar kolikor mogoče k steni, in ga imenovali ekscentrični prebod. V decembru 1982. leta so na osnovi modelnih preiskav predelali prvo peč. Rezultati kažejo naslednje: Po izdelanih 700 šaržah se 97 % vseh prebodov predre samih, pri 3 % pa je treba pomagati s kisikom. Paziti je treba, da se prebodne odprtine ne zamašijo s tokretnimi materiali. Prebod traja 90 do 130 sekund.

Ko se odlije jeklo, se peč nagne nazaj za 10 %. V peči ostane 13 do 18 t jekla in žlindra. Potem prebod očistijo s kisikom in ponovno napolnijo z

grobozrnatim ognjevarnim materialom, za to potrebni čas znaša 3 minute. Notranja cev preboda zdrži okrog 120 šarž. Za spodnji obroč pa se je najbolj obnesla magnezitna opeka z visoko vsebnostjo ogljika.

Enkrat na dan peč izpraznijo, da prekontrolirajo dno in ga popravijo.

Vodno hlajeni paneli segajo do 300 mm nad žlindro. Vročo vodo izkoriščajo za ogrevanje železarne in mesta. V decembru 1983 bodo na enak način predelali tudi drugo peč.

Trdijo, da negativnih strani ni. Dno ponovce ščitijo pred močnim curkom tako, da legure dajejo na dno.

Tako centrični kot ekscentrični prebod v dnu sta revolucionarni novosti, ki zbudjata veliko pozornost in že dobivata posnemalec.

### C 3, D. Rodal: Obratovalne izkušnje z drsnim zapiralom na prebodu EO peči

V septembru 1982 so na 220-tonski EO peči U. S. steel Texas Works dali v obratovanje drsno zapiralo na prebodu peči. Cilj je prebod brez žlindre za sekundarno obdelavo jekla. Uporaba drsnega zapirala je dala pričakovane rezultate in dodatne prednosti:

- odpadel je prebodni žleb,
- trajanje preboda je konstantno,
- boljša kvaliteta jekla,
- zmanjševanje vzdrževanja ponovc.

Drsno zapiralo je po zgradbi podobno zapiralu na ponovci. Premer izliva je 175 mm. Kaset je teška 3,5 t in vsebuje fiksno ploščo, drsno ploščo in zunanji izlivek. Vsi trije deli so iz vlitega visokoaluminatnega materiala s cirkonoksidnimi vložki. Prebodna odprtna je iz kvadratnih blokov iz litega Cr-Mg materiala. Notranji izlivek vstavijo od zunaj, potem ko odstranijo kaseto. Izlivek je iz zelo čistega MgO. Naklon izlivka (preboda) je 5° proti steni peči. Dosegli so pričakovano vzdržnost kaset 8 šarž in notranjega izlivka 13 šarž. Menjava izlivkov in kaset pa zahteva še precej časa. Poizkus je pokazal, da drsno zapiralo na prebodu uspešno zagotavlja ločenje žlindre in jekla in omogoča zanesljivo zagotavljanje kakovosti — nizko žveplo jeklu za subarktične namene.

### D 1 I. J. Davis: Sekundarna obdelava jekla — storilnost in delovanje VAD naprave v Stockbridge Works, BSC Special Steel

V jeklarni Stockbridge koncerna BSC so pred kratkim predelali eno EO peč v UHP peč, postavili VAD napravo za ogrevanje in degazacijo v ponovci in dali v obratovanje štirižilni konti liv v vertikalni izvedbi, da bi tako povečali storilnost jeklarne in kvaliteto jekla, predvsem pa zanesljivost obratovanja.

Naloge VAD naprave so:

- natančno zagotavljanje kemične sestave jekla,
- odstranjevanje vodika,
- natančna nastavitvev temperature.

Še nepredelana peč je 6,75 m premera, kapaciteta je 150 t tekočega jekla, transformator je 35 MVA, elektrode so premera 600 mm. Peč je opremljena z oxyfuel gorilci, stene in obok so vodno hlajeni. Peč ima tudi elektromagnetni mešalec. Polovico proizvodnje obdelajo v VF napravi (degazacijo, dezoksidacijo).

Predelana peč je 6,15 m premera, ima kapaciteto 80 t in transformator 50 MVA (specifična moč je 625 KVA/t). Elektrode so 500 mm premera. Stene so vodno hlajene, vodno hlajen bo tudi obok, prebod pa potopljen. Vsa proizvodnja, okoli 4000 t/teden (15 dnin) gre skozi VAD napravo in na kontinuirno vlivanje.

VAD naprava firme VACMETAL je grajena kot ponovčna peč, tesnjenje na tesnilnem obroču, transformator ima moč 15 MVA, elektrode so 350 mm premera, delilni krog 1100 mm, hitrost ogrevanja 2°C na minuto.

Vakuumski sistem sestoji iz štiristopenjskih parnih ejektorjev. Mešanje poteka z argonom po sistemu SAFE — Heurtey ob steni tik nad dnom. Vzdržnost 1000 minut obratovanja.

Po vakumski obdelavi šaržo lahko obdelajo še s CaSi.

Zanimiva je tehnologija izdelave jekla v peči. Tik preden je raztopljeno, vpihajo 200 kg koksa tik na površino in s kisikom zapanijo žlindro, da tako zaščitijo stene peči. Peneča žlindra poveča prenos energije na žlindro in jeklo.

S kontrolo dodatka ogljika v vložek dosegaajo, da je ogljik že na spodnji analizni meji. Če je fosfor dovolj nizek in če ni treba drugih sprememb v peči, lahko talino segrejemo na prebodno temperaturo.

Žlindro ločijo s prelivanjem v VAD ponovco skozi 100 mm Ø izlivek.

Čas od preboda do preboda znaša 100 minut. Poraba energije pa 490 kWh/t tekočega jekla.

VAD ponovca je bila prvotno obzidana z aluminatno opeko 80 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, enako tudi dno, žlindrna cona pa je z dolomitno opeko ločena z MC 6 opeko od aluminatne. Vzdržnost sten je bila 30 šarž, žlindrine cone in dna pa 10 oziroma 15 šarž. Slaba vzdržnost žlindrine cone, mašenje izlivkov z MgOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> špinelom, ki lahko nastane tudi po disociaciji dolomita, je privedlo do uporabe grafitizirane magnezije. S tem materialom dosegaajo 25 šarž v žlindrni coni.

Metalurške reakcije tečejo pod inertno atmosfero, mešanje jekla s sintetično žlindro je intenzivno. Iz tega rezultira zelo nizka vsebnost kisika 10—25 ppm in nizka vsebnost žvepla pod 0,006 %, srednja vrednost 0,0028 %.

D 3, K. H. Heinen, H. Zörcher in sodelavci: **Obratovalne izkušnje različnih vakuumskih naprav (VD, VOD) pri Krupp Stahl AG**

Opisan je koncept in program obeh jeklarn Kruppovega koncerna Geisweid in Bochum. V Bochumu izdelujejo poleg nerjavnih kislino in ognjeodpornih jekel, katerih proizvodnja gre preko dveh 80-tonskih AOD konvertorjev, tudi malo in srednje legirana konstrukcijska in orodna jekla in bloke za kovaške odlivke. Ta slednja so na programu, ko sta konvertorja na prezidavi. Kampanja konvertorjev traja 6—7 dni. Postopek sestoji iz taljenja v UHP peči in rafinaciji v VD napravi.

Ker jeklo odlijejo v dve ponovci, ima tudi VD naprava dve komori. V obeh komorah teče postopek istočasno. Žlindra odteče iz peči pred prebodom. Ker odlivajo v dve ponovci, je prva vedno brez žlindre, v drugi je je le malo.

V Geisweidu je zanimiva zlasti nova 110-tonska UHP peč s KVA transformatorjem, ki je prevzela proizvodnjo 4 SM peči. Kratki šaržni časi zahtevajo sekundarno obdelavo. Preko 90 % vseh šarž se obdela na VD napravi. Naprava je ponovčnega tipa — brez komore.

Tesnenje poteka od tesnilnega obroča na ponovci na vakuumski pokrov. Mesečna proizvodnja znaša cca 50.000 t, vse odlijejo kontinuirno v gredice.

D 5, V. Prešeren in sodelavci: **Razvoj metalurgije v slovenskih železarnah**

Avtor je na zanimiv način prikazal sedanji in bodoči razvoj tehnologije v vseh treh slovenskih železarnah s poudarkom na vakuumski in sekundarni metalurgiji. Navedeni so tudi nekateri v zadnjem času doseženi rezultati.

E 1, F. Beste in sodelavci: **Proizvodnja kvalitetnih jekel v UHP peči v sklopu s TN napravo**

Pri Thyssen Niederrhein AG so nadomestili staro SM jeklarno z dvema 120-tonskima pečema z 80 MVA transformatorji in 6-žilnim konti livom za gredice. Danes dela le ena peč, druga je v rezervi. Program obsega poleg navadnih tudi z Al pomirjena kvalitetna jekla. Storilnost peči je 77,9 t/h in je manjša od konti liva, ki znaša 89,0 t/h. S čakanjem ponovc vlijejo do 6 šarž v sekvenci. Mesečna proizvodnja ene peči znaša cca 54.000 t.

Sekundarno obdelavo izvajajo s TN napravo, kjer lahko dodajajo tudi legirne elemente iz 5 bunkerjev. Razen tega natančno nastavijo livno temperaturo. Način TN obdelave je odvisen od vrste jekla. Pri jeklih, ki so pomirjena z Mn/Si, služi TN naprava le za splakovanje in legiranje. Pri jeklih, ki ne vsebujejo aluminija, rabijo TN napravo za odžveplanje pod 0,010 % S. Če je potrebno, vpihajo manjše količine CaSi ali CaC<sub>2</sub> ustrežno 0,25—0,5 kg Ca/t v talino. Pri jeklih, ki vsebujejo aluminij,

obdelujejo jeklo pod sintetično bazično žlindro 10 kg/t z veliko količino CaSi, do 2,5 kg/t, oziroma 1 kg Ca/t. Končno žveplo znaša okrog 0,004 %.

Pogoj za sekundarno obdelavo je prebod brez žlindre, ki ga dosegaajo z globoko ležečim prebodom in hitrim dviganjem peči nazaj v horizontalno lego, ko je odteklo jeklo. Žlindra z manjšo količino jekla ostane v peči.

Prispevek je zaradi natančnega opisa tehnologije in rezultatov izredno zanimiv.

E 4, M. Reinhardt: **Tehnične in metalurške možnosti obratovanja ponovčne peči v elektrojeklarni za proizvodnjo konti gredic**

Konec leta 1976 so imeli v Hamburger Stahlwerke 3 EO peči in dve kontilivni napravi firme Concast s po 4 žile in kapaciteto 850.000 t letno.

Danes je v obratovanju le zadnja zgrajena 100-tonska UHP peč. Eno od obeh 85-tonskih EO peči so predelali v ponovčno peč. 4-žilni konti liv so razširili v 6-žilnega tako, da so dodali dve žili od sosednjega.

Delež reduciranih peletov so zaradi naraščajočih cen zemeljskega plina zmanjšali od 40 % na 10 %. Midrex naprava dela le še v poletnih mesecih. Prestrukturiranje proizvodnje je bilo končano v letu 1982, ko je začela obratovati ponovčna peč.

Jeklarna je znana po že pred leti vpeljani moderni tehnologiji izdelave jekla v peči, ki se tudi po kombinaciji z VAD napravo ni spremenila. EO peč je le še stroj za taljenje. V peči se odstranita le še ogljik in fosfor.

Temperaturo preboda so lahko znižali od preje 1700 ° na 1630 °C. Pri prebodu kontinuirno dodajajo v ponovco sredstva za legiranje in ogljičenje. Pri prebodu žlindro zadržijo. Ves čas pihajo z argonom. Na ponovco dajo žilne dodatke, ki so mešanica CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in SiO<sub>2</sub> v količini 8—10 kg/t. Ponovce so dolomitne, žilna cona pa je iz MgO-C opeke. Povprečna vzdržnost znaša 52 šarž.

Po daljšem uvajalnem času so dosegli zastavljene cilje:

- zvišanje produktivnosti,
- zmanjšanje porabe energije,
- zmanjšanje porabe elektrod,
- izboljšanje kvalitete — nižje žveplo,
- povečanje deleža sekvenčnega vlivanja,
- zmanjšanje porabe ognjevarnega materiala v peči.

Vzdržnost peči se je dvignila na preko 600 šarž, kar pripisujejo znižanju prebodne temperature in uporabi dolomitiziranega apna.

Cena gredic se je kljub povečanim stroškom za energijo surovine in osebje znižala za 20 %.

Nadaljnje povečanje storilnosti je po njihovem mnenju možno le še z visokotemperaturnim pred-

grevanjem starega železa, kar bodo izvedli v prihodnjem letu.

Jeklarna je v letu dni proizvedla 62.000 t, kar je možno le s pomočjo VAD naprave in sekvenčnim vlivanjem.

**F 2, S. K. Mehlmann, H. W. Helwig: Rafinacija ogljikovih in malolegiranih jekel v AOD konvertorju**

Izdelava malo in visokolegiranih, pa tudi ogljikovih jekel po postopku EO peč AOD konvertor predstavlja danes alternativo EOP — VOD postopku. AOD konvertorje, ki so jih razvili za izdelavo masovnih nerjavnih jekel, že nekaj let uporabljajo tudi za izdelavo dinamov in drugih, predvsem visokolegiranih jekel, ker je izkoristek dragih legiranih elementov v AOD konvertorju zaradi intenzivnih reakcij med jeklom in žlindro silno visok.

Takšne postopke so razvijali predvsem v ZDA, nekaj pa jih je tudi v Evropi, v Franciji in ZRN.

Standard Steel, Burnham Pa/ZDA proizvaja ogljikova malolegirana, nerjavna jekla in super zlitine. Prispevek obravnava oksidacijo ogljikovih in malolegiranih jekel v EO peči v vakuumski napravi in AOD konvertorju. Posebno je poudarjeno odlično odžveplanje pod 30 ppm in degazacija pod 2 ppm vodika.

V kombinaciji EO peč — vakuumsko naprava izdelujejo jekla za naftno industrijo in kovaške odkovke. V AOD konvertorju izdelana jekla so enakovredna v vakuumu izdelanemu jeklu. Po čistoči pa so boljše in jih primerjajo z jekli, pretaljenimi pod žlindro, saj dosegajo žvepla lahko tudi le nekaj desetstotink procenta. Prav zaradi nizke vsebnosti žvepla pa so ta jekla znana po visoki žilavosti, za kar so navedene reference nekaterih drugih avtorjev.

Tehnologija je v grobem naslednja:

V EO peči šaržo raztalijo, oksidirajo, da odstranijo fosfor, žlindro je treba odliti, sicer se ta v konvertorju reducira. Šaržo segrejejo in odlijejo v ponovco. Žlindro, bogato z FeO, je sicer mogoče narediti tudi v konvertorju, vendar za odfosforenjenje priporočajo EO peč.

Oksidacija C v AOD konvertorju poteka z mešanico kisik/inertni plin v razmerju 3/1. V nekaterih konvertorjih pa se ta faza vrši že s pihanjem O<sub>2</sub> od zgoraj zaradi boljšega izkoriščanja toplote (CO zgoreva s CO<sub>2</sub>).

Gorivo za dvig temperature sta aluminij in silicij. Temperatura na koncu oksidacije mora biti tako visoka, da krije izgubo temperature v naslednjih operacijah, ki sledijo. Če je temperatura dovolj visoka in vsebnost C pod analizo mejo, se doda mešanica reducentov FeSi in Al in meša 5 minut. Apno so dodali že v času oksidacije, tako da je prisotna aktivna bazična žlindra. Vse dezoksidacijske reakcije potečejo med intenzivnim mešanjem med jeklom in žlindro.

Korektura analize in dodatki mikrolegiranih elementov se dodajo tik pred prebodom.

Če pride do zastoja pri vlivanju ali okvare žerjava, je treba šaržo ponovno ogreti s kalkuliranim dodatkom Si in Al in potrebno količino kisika. Temu seveda sledi preprihovanje z argonom in ponovna redukcija taline.

Odlične čistoče in mehanske lastnosti so posledica majhne vsebnosti kisika (15—20 ppm) in majhne vsebnosti žvepla (0,002 do 0,0006 %). Dosegati pa se da tudi manj kot 1,5 ppm vodika.

**F 1, J. M. Chard: Aplikacija AOD konvertorja v jeklo livarni**

AOD konvertor z dvema hruškama omogoča livarni Fonderies et Acieries Manoyir veliko fleksibilnost v obratovanju na talilni strani s kapaciteto 5 do 25 t. Zliti, ki jih v EO peči niso mogli izdelati jih sedaj lahko. Homogenost taline omogoča natančno nastavitve kemične sestave. Aktivna žlindra omogoča učinkovito dezoksidacijo. Pri malolegiranih jeklih so mehanske lastnosti zaradi nizke vsebnosti S in H znatno boljše. Napake v litini pa so se močno zmanjšale.

Primerjava časa izdelave:

EO peč:	140 do 160 min
EO peč in AOD:	EOP 100 do 120 min., AOD 20 do 35min.

**F 3, H. G. Hüsken in sodelavci: Proizvodnja jekla v sodobno grajeni EO, peči z zaščito proti hrupu in prahu — planiranje gradnje in obratovanje elektrojeklarne Bochum, Krupp AG**

Krupp Stahl AG je v jeklarni Bochum po 2 1/2-letni gradnji v juliju 1982 dala v obratovanje novo elektro jeklarno z eno pečo. Proizvodni program obsega konstrukcijska jekla, plemenita legirana jekla in jekla za kovaške bloke in široko paleto nerjavnih kislino in ognjeodpornih jekel. Medtem, ko so prej imeli SM jeklarno, elektro jeklarno in E/AOD jeklarno, teče proizvodnja sedaj v zaokroženem kompleksu. Osrednji del je nova 120-tonska UHP peč, ki na principih sekundarne metalurgije oskrbuje 2 AOD konvertorja za proizvodnjo nerjavnih jekel in vakuumsko napravo (VD) za proizvodnjo konstrukcijskih jekel in kovaških blokov. Prvič so pri gradnji uresničili Kruppov sistem, ki dovolj upošteva zahteve ergonomije in zaščite okolja.

120-tonska EO peč v Bochumu s pripadajočimi napravami, vključno odpraševanje in sistem dnevnih bunkerjev, stoji na prostoru 50 × 50 m.

Zaradi silno širokega programa so največjo pozornost posvetili gradnji prostora za staro železo. Prostor je pod isto streho kot peč, dolžine 180 m, prostornine 27.000 m<sup>3</sup>, vsebuje 17 boksov, vsak je lahko 3 × predeljen. Paralelno z boksi tečeta 2 tira.

Košare (85 m<sup>3</sup>) zakladajo pretežno direktno iz vagonov. Košare vlečejo težki vlačilci.

Peč ima naslednje karakteristike:

Kapaciteta 120 t, mesečna proizvodnja cca 50.000 t — trafo 85 MVA, kotel 7 m Ø, delilni krog 1350 mm, elektrode 600 mm Ø. Hlajenje: obok vodno, stene nasičena para (pritisk 23 bar temp. 220 °C). Peč je obdana z ohišjem, ki sestoji iz fiksne dela, iz stropa in sten, in gibljivih delov, dveh premakljivih vrat in dveh prevoznih zaves. Ohišje obdaja prostor 10.400 m<sup>3</sup>. Stene so debele 200 mm, masa 50 kg/m<sup>2</sup> in ublažijo hrup za 50 dB. Ohišje je odprto s premakljivimi vrati le na strani, kjer se šaržira in menja elektrode.

Proces vodijo iz kabine, ki stoji tako kot peč 8 m nad nivojem tal. Glavni krmilni pult je opremljen z aparati za vodenje (komadne) in nadziranje, ki so povezani z računalnikom. Naloge tega so: spremljanje procesa taljenja, termično vodenje procesa, metalurško vodenje, zbiranje podatkov o procesu, protokoliranje in izdelava poročil, vrednotenje.

Prebod se vrši v dve 80-tonski ponovci, ki sta na enem vagonu na tirih, tudi voz za žlindro je prevozen po tirih, pogon električni.

Obsežen in moderen je centralni sistem bunkerjev za legure in dodatke. Poraba legur znaša do 500 t na dan, UHP peč ima 20 visokoležečih bunkerjev in 10 na podestu peči, 20 bunkerjev pa imajo AOD konvertorji. Skupni volumen 1100 m<sup>3</sup>.

Proizvodni podatki: čas od preboda do preboda je 90 min. Na dan naredijo povprečno 13 šarž, cilj 15 do 16 šarž. Mesečno naredijo 30.000 t nerjavnih jekel, 20.000 t konstrukcijskih jekel in 6.000 t jekel za kovaške bloke. Pač dela neprekinjeno. Remont je le 1 × na mesec.

Konti liv je firme Demag. Slabe nerjavnega jekla hladijo v vodi, tako avstenitne in feritne. Razlogi so tako ergonomski — lažje delo, in tehnološki — lažje brušenje.

Primer livanja avstenitnega nerjavnega jekla: 83 t odlito v 38 minutah slab 1545 × 218 mm ali 70 minut, slab 1030 × 218 mm, hitrost 0,8 m/min. (Navedene proizvodne podatke smo dobili ob ogledu jeklarne).

#### G 2 D. Ameling in sodelavci: Zmanjšanje porabe elektrod s površinsko zaščito

Naraščajoči stroški elektrod in visok delež le-teh v predelavnih stroških silijo jeklarje k iskanju rešitev za zmanjšanje porabe elektrod.

Opisan je postopek zaščite elektrod s posebnim sintranim praškom PLATOL, firme Fosco, ki ga nanašajo s pomočjo aplikatorja na vročo elektrodo med šaržiranjem pri odprtem oboku. Postopek so razvili v jeklarni Thyssen Niederrhein AG. Oberhausen in je od novembra 1982 v obratovanju na 120-tonski peči. Zmanjšanje porabe

elektrod (za 1 kg/t tekočega jekla je zmanjšalo stroške za 3,5 DM/t pri porabi PLATOL-a 0,15 kg/t tekočega jekla.

V nadaljevanju so še štirje prispevki pod G 3, G 4, G 5 in G 6 različnih avtorjev in različnih jeklarn, ki obravnavajo razvoj vodnohlajenih elektrod, njihovo uporabo in prihranke, ki so enormni. Za vse sisteme, ki so patentirani, od katerih pa sta znana predvsem dva, Korf — Fuchs in Thyssen, je značilen zgornji vodnohlajeni del kot permanentna elektroda in na tega priviti grafitni del kot odgorevajoča elektroda. Nipel je iz grafita ali bakra in je znotraj hlajen.

#### G 3, E. A. Elsner von Roll Švica

Značilno za ta sistem je, da je tudi permanentna elektroda iz grafita prevrtana in vodnohlajena. Normalna poraba grafitnih elektrod znaša 4,9 kg/t, prihranek 2 kg/t ali 41 %. Poraba vode za hlajenje zgornjega dela je 20 m<sup>3</sup>/h, pritisk 8 b, ki pade na 6 b, zaprt krožni hladilni sistem.

#### G 4, J. R. Blank BSC Special Steel Division

Na 170 t 65 MVA peči so razvili vodnohlajene elektrode. Značilna je električna izolacija vodnohlajenega zgornjega dela, da se preprečijo poškodbe s preboji od starega železa na elektrodo. Vgrajen je varnostni sistem, ki napove odlom grafitne elektrodne konice. Prihranek na grafitnih elektrodah znaša 30 %.

#### G 5, K. D. Unger H. G. Bauer Thyssen Edeltahlwerke

Razvili so vodnohlajeno elektrodo s keramičnim zunanjim zaščitnim plaščem. Porabo grafitnega materiala so zmanjšali od normalne porabe, ki znaša 4,5 kg/t na 3 kg/t. Pri 30 %-nem prihranku grafita znaša neto prihranek, odvisno od načina dela, geometrije in storilnosti, od 7 do 14 %. Elektrode menjajo po 6 do 8 šaržah. Vzdržnost keramičnih zaščitnih obročev in grafitnih niplej je zelo različna. Poraba vode za eno elektrodo znaša 10 do 25 m<sup>3</sup> na uro. Pri 500 mm elektrodah cca 15 m<sup>3</sup>/h. Narastek temperature je 10 do 20° C. Uporabljajo navadno pitno vodo.

Menjava elektrod je še zamudna operacija, ker je treba menjati priključke za hladilno vodo.

#### G 6, K. H. Klein Badische Stahlwerke AG Kehl

Od začetka 1983 obratuje UHP — EO peč na vseh treh fazah z vodnohlajenimi elektrodami po sistemu Korf — Fuchs (gole elektrode). Porabo grafita so zmanjšali od 3,2 kg/t na 2,55 kg/t, to je za 20 %. Kljub temu delež grafita v proizvodnih stroških znaša 8 %. Poraba hladilne vode znaša 30 m<sup>3</sup>/h. Druge prednosti so še manjše število me-

njav elektrod, kar znese 100 minut manj izpada proizvodnje na mesec. Zaradi manjšega sevanja je obremenitev peči v zgornjem delu manjša.

Vodnohlajene elektrode so upravičile pričakovanje glede konstrukcije, rokovanja, zanesljivosti in gospodarnosti.

**Skupina H.** Obsega 5 predavanj, ki obravnavajo prihranek energije s predgrevanjem starega železa.

**H 1, Badische Stahlwerke AG Kehl** imajo že od leta 1981 v obratovanju napravo za predgrevanje starega železa z vročimi pečnimi plini po sistemu Nikko. Staro železo se pri tem segreje na srednjo temperaturo 350 °C, pri čemer prihranijo 52 kWh/t električne energije, olja in kisika. Dodatno se je zmanjšala poraba elektrod za 0,4 kg/t, šaržni čas pa se je skrajšal za 5 minut.

#### H 2, BSC Special Steels Stocklridko Works

Izkoriščajo toploto vročih plinov iz peči s povprečno temp. 400 °C in maks. 600 °C pri vstopu v košaro in 200 °C pri izstopu. Staro železo se pri tem ogreje na okrog 170 °C. Praksa je pokazala, da se je tako znižala poraba električne energije, povprečno za 21 kWh/t, in 0,4 kg elektrod/t tekočega jekla.

#### H 4, Thyssen Niederrhein AG

Opisan je sistem izkoriščanja odpadne toplote v obliki nasičene pare, ki nastaja pri hlajenju peči z vročimi hladilnimi elementi. Količina tako dobljene energije znaša 39 kWh/t.

Z vročimi hladilnimi elementi so hlajene stene peči in odvod vročih pečnih plinov, obok je vodohlajen. Para zaradi gibljivih delov pri odmikanju oboka še ne pride v poštev. Ta hladilni sistem daje 50 kg nasičene pare/t surovega jekla pri pritisku 13 do 23 bar.

#### H 5, Röhrenwerke Bous/Saar GmbH

Avtor poroča o prvih rezultatih izkoriščanja odpadne toplote s hlajenjem stene in oboka z vročo vodo. Voda vstopa s temperaturo min. 85 °C in izstopa z maks. 105 °C pri pretoku 560 m<sup>3</sup>/h, kar ustreza moči 8 MW. Prihranek znaša preko 10 kWh/t. Poraba ognjevarnega materiala se je zmanjšala pri steni od 4,7 kg/t na 1,8 kg/t in pri oboku od 3,1 kg/t na 0,3 kg/t tekočega jekla.

I. I. E. Biener in sodelavca: **Obratovanje velike indukcijske peči skupaj z EO pečjo kot talilnimi agregati za izdelavo nelegiranih jekel v AOD konvertorju**

Avtor podaja opis jeklarne plemenitih jekel Boschgotthardshütte, ki ima 43-tonsko indukcijsko peč, 22-tonsko EO peč in 24-tonsko AOD konvertor,

ki je osrednji metalurški agregat. Opisan je način dela med indukcijsko pečjo in AOD konvertorjem in EO peč/AOD konvertor. Podan je opis izdelave konstrukcijskih in nerjavnih jekel.

Glavni problem izdelave konstrukcijskih jekel je v tem, kako zadeti predpisano vsebnost ogljika v talini po oksidaciji. Poleg tega mora biti temperatura dovolj visoka za kritje izgub med redukcijo, za prebod in prepihanje z argonom. Če ogljik ni zadet, pride do podaljšanja postopka. Za lažje vodenje procesa so vpeljali računalnik HP 1000. Njegova naloga je:

- izračun količine kisika,
- določanje količine legur,
- izračun temperature taline (dodatek Si — Al).

Zanesljivost zadetka ogljika je ta čas pri 85 ± 5 %. AOD konvertor zaradi majhne količine FeO v žlindri ni ravno primeren za odfosforenje, čeprav je tudi to možno pri ustreznem podaljšanju časa za cca 40 min. Pri zahtevi po nizkem P je tega treba odstraniti v EO peči.

Nekaj težav je tudi pri doseganju nizkih vsebnosti vodika, vendar so vrednosti okrog 2 ppm dosegljive.

AOD konvertor je idealni agregat za odstranjevanje žvepla. Vrednosti pod 0,010 % so lahko dosegljive. Pri zahtevi pod 0,005 % S je treba posneti žlindro in delati z novo.

Vzdržnost konvertorja je 80 šarž, obzidava je dolomitna. Poraba znaša 19 kg/t jekla + torkretirne mase.

Poraba kisika pri konstrukcijskem jeklu je 15 do 17 Nm<sup>3</sup>/t in inertnega plina 11 do 13 Nm<sup>3</sup>/t. Pri nerjavnih jeklih pa je poraba kisika 25 do 26 Nm<sup>3</sup>/t in inertnega plina 32 do 34 Nm<sup>3</sup>/t.

Značilno za AOD jekla je velika mikroskopska čistoča, visoka žilavost in kontrakcija, ki je med 60 in 70 %. AOD jeklo se v pogledu kontrakcije ponaša izotropno.

**Skupina K.** Obsega dve predavanji o talilni peči S plazma gorilci — Freital NDR in Voest Alpine Linz in 3 predavanja o električnih obločnih pečeh na enosmerni tok.

Prvi evropski kongres v elektro jeklarstvu izpričuje visok tehnični nivo v proizvodnji jekla. Številni prispevki so pravzaprav poročila o inovacijah, bodisi pri povečevanju storilnosti, prihranku elektrod, zmanjševanju porabe ognjevarnega materiala ali izkoriščanju odpadne toplote. Na tem je bilo težišče vseh predavanj. Poleg tega kažejo novi postopki pot v prihodnost.