

Razvoj in uvedba vakuumske ponovčne peči v železarni Ravne

UDK: 669.046.517: 669—982
ASM-SLA: DAm, Dgs, 1—52

Vlado MACUR* in Janez BRATINA**

Poudarek v razvoju je boljša kvaliteta jekla, zagotovitve enakomernosti kvalitete ter razširitev proizvodnega asortimana v več vredna jekla. Preden smo temu primeren postopek izbrali, smo naredili oceno obstoječe tehnologije in možnosti izboljšanja. Kot najbolj primeren postopek sekundarne obdelave jekla smo izbrali VAD postopek francoske firme Stein Heurtey. Ta postopek smo skupno izpopolnili in je prikazan kot SAFE-HEURTEY postopek. Izpopolnitve so obravnavane. Naslednja značilnost naše naprave je popolno računalniško vodenje materialnega gospodarstva, začeni od centralnega skladiščenja do skladiščenja v jeklnah ter doziranja v vakuumsko ponovčno peč.

1. UVOD

V investicijski elaborat modernizacije jeklarne v Ravnah smo leta 1977 zapisali, da je osnova tehnološkega razvoja izboljšanje kvalitete jekla ob istočasni povečani proizvodnji in produktivnosti, odprava težkega fizičnega dela za mehanizacijo posameznih tehnoloških faz, kontrola tehnološkega procesa z računalniki in čistejše delovno okolje. Narejena je bila zasnova, da se kovinski vložek pretopi v elektroobložni peči in rafinacija izvede v ponvi izven peči — sekundarna rafinacija jekla.

Izbrali smo postopek vakuumske obdelave jekla z obločnim ogrevanjem (VAD postopek) ter napravo z imenom VAKUUMSKA PONOVCNA PEČ namestili v obeh jeklnah. Tako v jeklni 2 poslužujeta dve 40-tonski elektroobložni peči vakuumsko ponovčno peč, v jeklni 1 pa elektroobložni peči 10 in 25 ton. Ker na Ravnah izdelujemo tudi nerjavna jekla, smo v vakuumski sistem v jeklni 1 vgradili tudi postopek vakuumske oksidacije (VAD postopek). Petinosemdeset odstotkov tekočega jekla naj bi obdelali s sekundarno rafinacijo jekla. To bo občutno izboljšalo kakovost jekla in omogočilo uspešno izdelavo tudi tistih več vrednih jekel, kjer z običajno metodo v obložni peči ni bilo možno zadovoljiti vsem kemijsko tehnološkim predpisom.

28. maja 1983 smo izdelali prvo šaržo v vakuumski ponovčni peči v jeklni 2. Konec julija smo jih že naredili 100 in v začetku leta 1984 bo zagon naprav v jeklni 1.

2. OCENA OBSTOJEČE TEHNOLOGIJE IN MOŽNOSTI IZBOLJŠANJA

Pri tehnoloških zasnovah smo upoštevali takšno tehnologijo, ki najbolj ustreza možnostim razvoja in omogoča odpraviti pomanjkljivosti sedanje. Poznavanje

vseh slabosti lahko pripelje do celovite rešitve z optimalnimi učinki, zato ni primerno mehanično kopirati najnovejše postopke. Kar je za nekoga dobro in uspešno, se lahko za drugega pokaže kot slabo ali celo neizvedljivo.

Poglejmo nekatere specifične slabosti v naši dosednji tehnologiji:

2.1 Kvaliteta jekla

V jeklni izdelujemo preko 300 vrst različnih kvalitnih in plemenitih jekel, ki jih odlijejo v livarni kot jekleno litino in plastično obdelujejo v valjarni in kovačnici. Zahtevajo se nizke koncentracije škodljivih elementov, kot so fosfor, žveplo, vodik in kisik; ozke analizne tolerance, zrnatost in čistoča jekla.

Odpravljanje vodika med oksidacijsko fazo s pomočjo oksidacije ogljika je dolgotrajen in nezanesljiv proces, ki ga še podraži dolgotrajno vodikovo žarjenje v žarilnici, da bi preprečili nastajanje kosmičev. To je bil glavni vzrok, da smo leta 1968 v jeklni 1 uvedli vakuumski postopek s stacionarno degazacijo v komori. Veliki padci temperatur so nas prisilili, da smo postopek rekonstruirali v curkovni postopek, uvedli ogrevanje ponove na 1000°C, pa vseeno prešli spet na stacionarni postopek in se potolažili s tem, da šaržo izpustimo iz 25-tonske peči s temperaturo okoli 1700°C. Ta izkušnja nas je prepričala, da je bolje med sekundarno rafinacijo talino ogrevati.

Z gotovostjo je možno nizke koncentracije vodika doseči v vakuumski ponovčni peči, in to v 15 minutah pod 2 ml H₂/100 g.

Vakuumska ponovčna peč omogoča litje jekla v strogih mejah ±5°C. Ker sta obzidava ponve in talina enakomerno ogreti in je talina čista, je tudi litje enakomerno.

Žveplo se v elektropeči odstranjuje v fazi rafinacije na belo žlindro ali s pomočjo obarjalne dezoksidacije. Postopki so dolgotrajni in zahtevajo veliko truda.

Tehnološke parametre je težko obvladati, zato zahtevajo izkušene topilce. Kakovost jekla je neenakomerna in odvisna od subjektivnih vplivov.

V vakuumski peči se talina obločno ogreva in žlindra temeljito premešava. Še večji efekt odžveplanja je dosežen z dodatnim učinkom, ki ga povzroči vpihavanje CaSi. V nekaj minutah lahko dosežemo 80 % odžveplanje in koncentracijo žvepla pod 0,005 %.

Možno je narediti jeklo z majhno vsebnostjo kisika, žvepla ter malo vključkov primarne oblike in razporeditve. Pri vsebnosti pod 0,008 % S navadno ni opaziti manganovih sulfidov, pa tudi aluminatni in silikatni vključki, ki sicer nastopajo v izrazito ostri in usmerjeni obliki, dobijo po temeljitem premešavanju taline, redukcijских pogojih v vakuumski peči ter po obdelavi s

* Vlado Macur, dipl. ing. met. je vodja oddelka za razvoj projektov v ŽR.

** Janez Bratina, dipl. ing. elektr. je ravnatelj TOZD Elektrotehniške storitve v Železarni Ravne.

CaSi primerno okroglo obliko. Posledica takšne prevorbe vključkov so ugodnejše mehanske lastnosti jekla. Pri nas se bo to izrazito poznalo pri cementacijskih jeklih, kjer nismo dosegali pogojev plastičnih lastnosti.

Včasih so bila daljša obdobja, ko je pri vsaki četrti šarži odstopal element (ali več elementov) od predpisane kemične analize.

Eden od vzrokov je nehomogenost vzorca zaradi slabo premešane taline, ali nepravilna zatehta kovinskega vložka, različni odgor vložka, ali pa nepravilen izračun legiranja. Pri sekundarni obdelavi jekla ne more biti odstopanja od določenih analiznih toleranc. Za to skrbi intenzivno mešanje taline v vakuumski peči s pomočjo argona, točno iztehtana talina v ponvi s pomočjo elektronske tehtnice na žerjavih ter računalniško vodenje skladiščenja in dodajanja legur.

Veliko raziskav smo posvetili zrnatosti cementacijskega jekla. Zrnatosti nismo dosegali predvsem zaradi nekontroliranega odgora aluminija in osebne vpliva pri tehniki dodajanja.

Vsaj v 80 % šarž moramo v vakuumski peči doseči koncentracijo kislinotopnega aluminija v mejah 0,015-0,40 %.

Nizka vsebnost plinov v jeklu, nizek kisik, žveplo, izboljšana čistoča jekla ter kontrolirane temperature litja morajo izboljšati plastično predelavo jekla in s tem znižati izmeček vsaj za 50 %.

Za dobro prodajo jekla pa ni dovolj samo kvaliteta jekla, ampak je še zelo pomembno doseganje enakomernosti kvalitete. Včasih si želimo celo nekoliko slabšo kakovost jekla, vendar le, da bi bila enakomerno zagotovljena za daljšo dobo. Proizvodnja v primarni peči nam tega ne daje.

Iz vseh kazalcev, ki nam jih daje sekundarna rafinacija v vakuumski peči, lahko slepamo, da bomo dosegli visoko enakomernost kvalitete za vsa jekla in za celotno obdobje proizvodnje.

2.2 Proizvodnja in produktivnost

S prenosom dela rafinacije iz elektroobločne peči v vakuumsko ponovno peč skrajšamo koristni čas izdelave jekla v primarni peči, kar pomeni povečati proizvodnjo in fizično produktivnost. Zaradi poskusne proizvodnje in zaradi postopnega osvajanja tehnologije teh rezultatov še ni možno dati, vendar računamo, da bomo povečali proizvodnjo do 30 %.

2.3 Ekonomičnost

Če hočemo doseči največji gospodarski učinek oziroma proizvodnjo pri manjši porabi proizvodnih sredstev, potem je za nas pomembna varčna poraba vseh proizvodnih dejavnikov, ne samo živega dela, ampak tudi delovnih sredstev, materiala in energije.

Premalo je podatkov, da bi lahko sedaj vrednotilo ekonomske učinke. Ekonomičnost bomo iskali pri povečanih učinkih primarnih peči, varčni porabi legiranih dodatkov, zmanjšanju izmečka zaradi boljše kvalitete jekla in odpravi analiznih odstopanj, povečani proizvodnji več vrednega asortimana jekla, večjem izkoristku dezoksidacijskih in legiranih elementov, odpravi dragega vodikovega žarjenja, manjši specifični porabi energije in morda še kaj.

2.4 Izboljšanje delovnega okolja

Pri vseh fazah delovnih procesov smo upoštevali težko fizično delo in vpliv okolice na delovno mesto. S prenosom dela rafinacije v avtomatizirano vakuumsko ponovno peč je človek razbremenjen utrudljivega fizi-

čnega dela (večkratni vlek žlindre, ročno dodajanje legiranih dodatkov, večkratno jemanje vzorcev ipd.), vpliva temperatur in sprememb temperatur, delovnih nezd, onesnaženosti zraka in psihičnih obremenitev. To se mora odraziti tudi v večji proizvodnji in storilnosti. Proces se takorekoč vodi iz enega komandnega mesta, ki je klimatiziran in ki omogoča nadzor in vodenje.

3. IZBIRA VAKUUMSKEGA POSTOPKA

Pomembnejši postopki vakuumske obdelave jekla so naslednji:

- stacionarno vakuumiranje v ponvi — P
 - postopki vakuumiranja curka — B V:
- vakuumiranje iz ponve v ponev
vakuumiranje iz ponve v kokilo
vakuumiranje iz peči v ponev
vakuumska oksidacija v ponvi — VOD postopek
- parcionalno vakuumiranje — DH postopek
 - cirkulacijsko vakuumiranje — RH postopek
 - vakuumska obdelava v ponvi z obločnim ogrevanjem — VAD postopek:
- ASEA — SKF postopek
Finkl-Mohr postopek
SAFE-HEURTEY postopek¹

Pri izbiri postopka smo upoštevali: proizvodni asortiman jekel, število in kapaciteto talilnih agregatov, pomanjkljivosti sedanje tehnologije, zahteve po kakovosti jekel, možnosti razširitve asortimana več vrednih jekel, možnosti povečanja proizvodnje, produktivnosti ter ekonomičnosti, mehanizacije ter stopnje avtomatizacije, cenenost postopka in še vrsto drugih dejavnikov.

Za nas zelo zanimiv in tudi najcenejši bi bil postopek vakuumiranje iz peči v ponev pri elektroobločni peči 25 t, vendar bi z njim lahko samo degazirali jeklo ter skrajšali čase izdelave ogljičnih in nizko legiranih jekel. Višje legirana jekla bi morali vseeno dokončati v primarni obločni peči.

Vakuumska oksidacija v ponvi — VOD postopek se uporablja za izdelavo nerjavnih jekel. Postopek zagotavlja stabilno avstenitno strukturo brez uporabe stabilizacijskih dodatkov ter močno zniža stroške proizvodnje.

V našem asortimanu bo okoli 5 % teh jekel, kar je premalo, da bi uvedli samostojen postopek, zato smo izdelavo tega namenili samo jeklarni I. Vakuumski ponovni peči smo dodali še en obok, skozi katerega je nameščeno kopje za vpihavanje kisika. Vodenje poteka iz iste komandne kabine kot za vakuumsko peč.

Postopek, pri katerem prenesemo glavni del rafinacije iz primarnega talilnega agregata v ponev, kjer jeklo degaziramo, elektroobločno ogrevamo ter učinkovito premešavamo, imenujemo vakuumiranje v ponvi z elektroobločnim ogrevanjem ali VAD postopek. V ponvi lahko opravimo naslednje operacije v različnih kombinacijah:

- degazacija
- vakuumska oksidacija
- odžveplanje
- legiranje
- ogrevanje
- dezoksidacija
- homogenizacija temperature in kemične sestave

Pri postopku vakuumske obdelave v ponvi so se razvili trije postopki, ki se razlikujejo v izvedbi: ASEA-SKF postopek uporablja ponev, v kateri se jeklo meša indukcijsko in še z inertnim plinom. Zgoraj je na ponvi nameščen pokrov, ki je opremljen s tesnilnim sistemom

za obločno ogrevanje, vakuumskim vodom, vakuumsko zaporo za dodajanje legur, napravo za avtomatsko jemanje vzorcev in merjenje temperature ter oknom za opazovanje taline.

Uporablja dve postaji: eno za degazacijo jekla in drugo za obločno ogrevanje. Ogrevanje poteka v atmosferskih pogojih, kar pomeni, da je pokrov odprt.

Finkl-Mohr postopek uporablja komoro, v katero se namesti ponev; komora se zapira s pokrovom. Na pokrovu so nameščene podobne naprave, kot pri ASEA-SKF napravah. Premešavanje jekla se izvede z inertnimi plini. Postopek rabi eno postajo, v kateri se opravi vakuumiranje in ogrevanje, pri tem pa je tudi obločno ogrevanje v zaprtem prostoru pri nižjih tlakih.

Postopek SAFE-HEURTEY se izvaja v ponvi brez vakuumske komore ter premešavanje z inertnimi plini. Uporabljata se dve ponvi: pretočna in rafinacijska ponev. V slednjo se vpihava inertni plin skozi oplaščen kamen.



Slika 1
Pretakanje jekla v rafinacijsko ponvo
Fig. 1
Steel flow into the refining ladle

4. TEHNIČNE IN TEHNOLOŠKE PREDNOSTI NAŠE NAPRAVE

Večkrat se postavlja vprašanje, zakaj smo izbrali SAFE-HEURTEY postopek.

Kot pri vsakem izboru, smo tudi mi imeli več kriterijev. Pri tehnično-tehnoških primerjavah smo se načelno odločili za argonsko mešanje taline in odklonili drage naprave za industrijsko mešanje. Menimo, da je argonsko mešanje po izvedbi enostavnejše, cenejše, cenejše tudi za vzdrževanje in dovolj učinkovito.

Mehurčki inertnega plina (argon ali dušik) pod vplivom nižjega parcialnega tlaka potujejo od dna ponve proti vrhu taline. V začetku so drobni, postajajo vedno večji in se na površini taline »eksplozijsko izločijo iz taline«. Tako so pospešeni difuzijski procesi izločanja plinov in flotacijsko izločanje nekovinskih vključkov. Močno razgibana površina daje odlične pogoje odzveplanja z apneni žilindro. Prednost razburkane površine je tudi ta, da valovitost površine ščiti steno ponve pred močnim obločnim sevanjem.

Elektrodna regulacija, ki temelji na regulaciji impedance električnega loka, omogoča točno in občutljivo pozicioniranje elektrode glede na talino in zato tudi zagotavlja poleg točnosti dovedene moči v ponovco, da ne pride do neogljčenja taline.

Merilna in krmilna elektronika ovrednotita vrednosti toka in napetosti ter ustrezno krmilita enosmerne motorje posameznih elektrod tako, da elektrodni servocilindri opravijo zahtevane pomike elektrod.

Referenca, ki jo je imela firma Stein Heurtey v železarni SAFE, nam je ustrezala, saj ima SAFE podoben proizvodni program kot mi. Vakuumsko ponovčno peč v železarni SAFE je zgradila po licenci Finkl-a, vendar jo je izpopolnila. Prilagoditve in spremembe ponovčne peči, ki so jih izvedli v železarni Ravne, niso bile le posledica njihovih inovacijsko razvojnih prizadevanj, ampak smo pri tem sodelovali z našimi lastnimi predlogi, kot so:

- odprava vakuumske komore,
- uporaba vakuumskega pokrova za ponovce različnih kapacitet,
- hidravlični pomik pokrova,
- odzveplanje z vpihavanjem CaSi v ponovčno peč,
- avtomatsko skladiščenje in doziranje ferolegur.

Pokrov peči danes v obeh jeklarnah direktno naseda na venec ponovce.

Pokrov se pomika hidravlično, dodajanje legur pa smo zaupali nemški firmi Vacmetal, ki je po naši zasnovi postavila avtomatizirane naprave z mikroprocesorskim vodenjem skladiščenja legur, odvzema in dodajanja v talilno peč s pomočjo šaržirnega stroja oziroma s tračnim dodajanjem v vakuumsko ponovčno peč.

Mehanizirano in delno avtomatizirano je tudi centralno skladiščenje in odvzem ferolegur. S pomočjo Projektivnega biroja Jesenice, Železarne Štore in Metalne Maribor smo zasnovali in postavili avtomatsko vodenje vertikalnega in horizontalnega ogrevanja ponovc, ki lahko ponve ogrejejo do 13000°C.

Projekte za gradbena dela je izdelal projektivni biro Gradis Ljubljana, za centralno skladiščenje pa Industrijski biro Trbovlje. Domača oprema je bila narejena v Metalni Maribor za obe jeklarni, centralno skladišče pa je naredila hidromontaža Maribor. Montažo elektro opreme so naredili naši strokovnjaki iz elektrotehničnih služb. Celotni investicijski inženiring je vodil naš Projektivno izvajalni inženiring s pomočjo sodelavcev iz elektrotehničnih služb in jeklarne.

5. OSNOVNA OPREMA, RAZPOREDITEV OPREME IN TEHNOLOŠKI POSTOPEK

K vakuumski ponovčni peči spada naslednja osnovna oprema:

— Pretočna in vakuumska ponev, kapacitete 45 ton, ki ima vgrajeno zasunsko zapiralo. Vakuumska ponev ima še vgrajen oplaščen kamen za dovod inertnega plina. Služi kot transportna posoda, vakuumska posoda, peč za ogrevanje jekla in kot posoda za litje jekla.

— Voz z elektromotornim pogonom, ki služi za prevoz vakuumske ponve od sprejemne postaje do pod obok vakuumske peči.

— Tesnilni pokrov z odrtinami za namestitev tesnilnega sistema elektrod, vodno hlajenega okvirja za priključek vakuumskega voda, vakuumsko zapornega lijaka za dodajanje legur, prirobnic za nošenje zaščitnega oboka, naprave za avtomatizirano merjenje temperature in jemanje vzorcev ter okno za opazovanje taline ali vpihavanje CaSi.

— Vakuumske črpalke z največjim pretokom 5000 kg pare na uro.

— Regulacijski transformator Rade Končar moči 8 MVA ter 20/0,12 do 0,25 kV z maksimalnim sekundarnim tokom 24000 A s pripadajočimi visokonapetost-

nimi stikali in merilno celico. Močnostno stikalo je pnevmatsko, firme BBC za posebne obratovalne pogoje obločnih peči.

— Komandne in zaščitne naprave, ki omogočajo varno posluževanje vseh manipulacij naprave, t. j. potrebnih pomikov, ki so ali elektrohidravlični ali elektromotorni.

— Merilne naprave za nadzor in vodenje doziranja vseh dodatkov in energije v ponev:

a) količine metalnih in nemetalnih dodatkov (poseben dozirni sistem firme Vacmetal)

b) količine prašnatih dodatkov

c) električne veličine loka (tok, napetost, moč, energija)

d) količine argona, dušika, kisika (v jeklarni 1)

e) količine in parametri pare ter vakuuma

f) temperatura taline zunaj peči ter v ponovni peči
g) jemanje vzorcev za klasično analizo na kvantometru za določanje kisikovega potenciala in za določanje vodika

— Mehanska oprema za nošenje in pogon elektrod.

— Naprave za vpihanje CaSi, kapacitete 250 l.

— Različna energetska oprema za oskrbo z nevtralnimi plinom, vodo, zrakom, oskrbo hidravlike zasunskega zapirala ipd.

— Oprema za horizontalno in vertikalno ogrevanje ponovc do temperature 1300°C.

— Oprema za skladiščenje, tehtanje in dodajanje legur. Centralno skladišče ima 26 bunkerjev po 50 m³, jeklarna 2 jih ima 18 (8 kom. po 20 m³ in 10 kom. po 5 m³) ter jeklarna 1 z 18 bunkerji (8 kom. po 10 m³ in 10 kom po 2 m³)

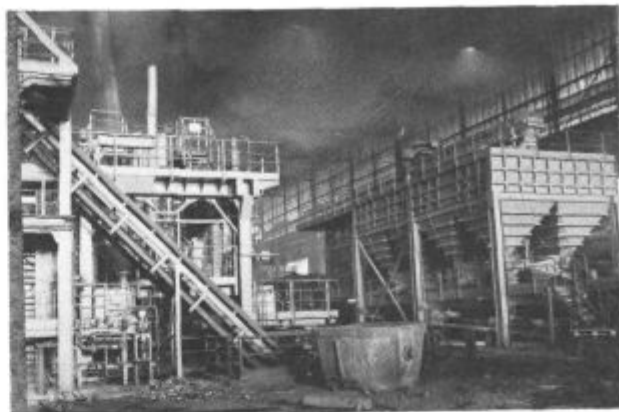
Vakuumska ponovna peč je postavljena na zahodnem delu jeklarne 2 v bližini elektroobločne peči. V kletnem prostoru je nameščena hidravlika, v etaži transformator in klimatizirani komandni prostor. Vse komandne in merilne naprave so zbrane na komandnih pultih in v merilnih omarah. Stiskalne in regulacijske omare so v zgornjih prostorih. Tu je tudi mikroročunalnik z vhodno in izhodno enoto. Vakuumske črpalke smo namestili v aneks jeklarne, t. j. ob južnem delu livne hale.

Vakuumski vod ima premer 700 mm in je nameščen v kineti, ki povezuje vakuumske črpalke, peč in bunkerje za legure oziroma izstop dozirne posode za CaSi. Vakuumski vod se pri vakuumski peči obrne in spoji s prirobnico na pokrovu peči.

Bunkerji so razvrščeni ob severni steni topilniške hale, t. j. nasproti elektroobločnih peči. S transportnimi trakovi so povezani z vakuumsko zapornim lijakom nad obokom peči ter s cevjo, preko katere se lahko legure vsujejo v ponev v sprejemni postaji. Ob koncu bunkerjev, t. j. na mestu, kjer odzemni transporter vsuje legure preko lijaka na poševni transporter, je postavljen manjši podest, na katerem se skladiščijo posebne legure ter CaSi. Posebne legure se lahko dodajo ročno na transportni trak preko manjše 100 kg elektronske tehtnice, CaSi pa v 250 l dozator.

Glede na naprave je funkcijsko povezan tudi energetski ter krmilni regulacijski sistem.

Elektroobločna peč raztali kovinski vložek in izvede odfosforenjenje. Ob primerni temperaturi se jeklo z žlindrom odlije v klasično ponev, ki je opremljena z zasunskim zapiralom in služi kot pretočna ponev. Odlito količino odčitamo na semaforju žerjavne tehtnice. Po odlitju taline iz peči odnese žerjav ponev k sprejemni postaji in tukaj se jeklo s pomočjo zasunskega zapirala prelije v rafinacijsko ponev, ki je postavljena na vozu. Inertni plin je priključen, še preden se začne litje. Med preli-



Slika 2

Skladiščenje in doziranje legur v vakuumsko ponovno peč

Fig. 2

Storing and feeding alloys into the vacuum ladle furnace

vanjem se preko dozirne cevi doda groba količina legur in žlindrnih dodatkov.

Voz odpelje ponev pod pokrov vakuumske peči, kjer se voz točno centrira, pokrov pa se spusti na prirobnico ponve. Proces se prične z vključitvijo vakuumskih črpalk in jeklo obločno ogreva med 500 do 600 mb tlaka ali pa se najprej degazira in nato ogreva električno. Oblok ogreva talino s hitrostjo 3–5° C/min in jeklo se degazira pri 0,7 do 1,3 mb, vendar med degazacijo ni ogrevanja. Med rafinacijo se meri temperatura, jemljejo vzorci, izvaja korektura kemične sestave z dodajanjem različnih ferolegur in, če je potrebno učinkovito odžveplanje, se vpahuje v talino prašnati CaSi.

Proces v vakuumski peči je končan, ko so vsi kemični elementi v željenih mejah, ko je jeklo dobro dezoksidirano in dosežena predpisana livna temperatura. Po končanem procesu se prostor nad talino in vakuumskim vodom prepriha z dušikom, dvigne pokrov in voz zapelje nazaj na sprejemno postajo, od koder žerjav odnese ponev na prostor za litje jekla.

6. RAČUNALNIŠKO VODENJE MATERIALNEGA GOSPODARSTVA

Pomemben del vodenja tehnološkega procesa v rafinacijski ponvi omogoča sistem doziranja legirnih materialov, ki je zasnovan tako, da istočasno omogoča zadovoljiti potrebe obeh talilnih peči. Osnovna zahteva pri gradnji sistema je bila odprava težkega ročnega dela (čim večja mehanizacija), doseganje tehtalnih točnosti, popoln nadzor nad posluževanjem materialov in čim večja stopnja obratovalne zanesljivosti.

Oprema sistema v obeh jeklarnah je enaka in skupaj z novozgrajenim centralnim skladiščem za legirne materiale omogoča prenesti vodenje tega dela materialnega gospodarstva tudi na procesni računalnik.

Stanje v »dnevnikih« bunkerjih v jeklarni se signalizira na komandnem pultu v posluževalni kabini ob bunkerjih, ki je nameščena v šaržirni hali. Tu je tudi sprejemno mesto za material, ki se stehat in ustrezno dokumentacijsko opremljen s kamionom pripelje v jeklarno in vsuje v sprejemni lijak. Delavec, odgovoren za material, izbere na komandnem pultu ustrezen bunker, kamor je potrebno vskladiščiti prispeli material, nato z ustrežno tipko sproži transportni sistem, ki zahtevane operacije opravi samodejno.

Posamezni bunkerji so namensko določeni za posamezne vrste materialov in tega ni mogoče spreminjati, in sicer zaradi programov v mikroprocesorskem krmiljenju, pa tudi zaradi nastavitve stresalk, ki morajo biti prirejene specifični teži legure in zrnatosti.

Polnjenje in praznjenje (doziranje) bunkerjev je mogoče voditi na tri načine:

- ročno oziroma zasilno
- avtomatsko z ročnim vpisom zahtevanih legur
- avtomatsko — računalniško z vpisom legur, kot jih zahteva jeklarski procesni računalnik

Praznjenje bunkerjev oziroma doziranje se izvede na dveh komandnih pultih:

a) Komandni pult v posluževalni kabini ob bunkerjih služi za doziranje legur za obe 40-tonski elektroobločni peči; legure se s tehtnic pošljejo v muldo, ki jo nato zalagalni stroj prenese v peč.

b) Komandni pult v posluževalnem prostoru vakuumske peči služi za doziranje v ponev, in sicer enkrat preko posebnega sistema zapiral v ponev pod pokrovom, drugič pa preko transportnega traku in cevne drče v ponev na sprejemni postaji.



Slika 3

Vodenje procesa iz komandne kabine vakuumske ponovne peči

Fig. 3

Controlling the process from the control cabin of the vacuum ladle furnace

Seveda ni možno naprave posluževati na obeh krmilnih mestih istočasno, možno pa je istočasno bunkerje polniti in material odzemat na kateremkoli mestu.

Normalno naj bi se proces doziranja opravil avtomatsko. Delavec ob pultu vtipka s pomočjo tastature zahtevano vrsto legure s pripadajočo težo po vrstnem redu, kot naj bi se legure dozirale. Vnaprej je možno vpisati deset vrst legur. S pritiskom na posebno tipko za start se sproži proces doziranja za prvo vpisano leguro. Vklopi se vibracijski žleb tistega bunkerja, kjer se nahaja zahtevana legura in material pada v tehtalno korito. Kakor narašča teža legure bliže zahtevani teži, tako krmiljenje zmanjšuje amplitudo stresanja žleba. Ko dejanska teža doseže zahtevano, se izklopi nadaljnje dodajanje. Tako je možno doseči točnost tehtanja 0,1 %. Nato se material spusti na transportne trakove, ki ga prenesejo v smer, ki je bila izbrana na komandnem pultu. Če zahtevana teža preseže zmogljivosti tehtnice (600 kg), se izvede samodejno toliko delnih tehtanj, kolikor je potrebno. Po vsakokratnem opravljenem tehtanju se na videoterminalu izpiše tudi dejansko iztehtana vrednost legure, avtomatsko pa se ta podatek prenese tudi v jeklarski procesni računalnik. Na ta način se z nadaljnjo

ročno sprostivijo dozirajo preostale legure. Če bi jih bilo potrebno dozirati več kot deset, je nadaljnje treba enostavno vpisati kot nove začetne in proces ponoviti.

Pri avtomatskem obratovanju z računalniškim vpisom legur se odvija proces doziranja enako, kot je zgoraj opisano. Edina razlika je v tem, da delavcu pri komandnem pultu ni potrebno vpisovati potrebnih legur, temveč mu jih jeklarski procesni računalnik že izpiše na vedeoterminal komandnega pulta. Delavec pri pultu jih le prekontrolira ali korigira ter da komando za start doziranja.

Tehtnico za ročno doziranje mikrolegirnih dodatkov iz sodov je potrebno ročno naložiti in torej ročno nahtati, vendar se tudi ti podatki ob koncu tehtanja avtomatsko prenesejo k jeklarskemu procesnemu računalniku.

Tehnične rešitve dozirnih naprav za legirne dodatke v Železarni Ravne so bile dogovorjene s firmo Vacmetal iz ZRN na podlagi referenc takšnih naprav pri firmi Krupp, vendar je stopnja avtomatizacije pri vodenju procesa tehtanja in doziranja v našem primeru bistveno višja ter lahko domnevamo, da je bila naprava v času nakupa zagotovo med najsodobnejšimi.

Dobavitelj elektronskih tehtnic je firma PFISTER, dobavitelj elektronskega krmiljenja firma AEG, ostale stikalne in krmilne naprave pa so dobavljene od VACMETAL-a.

7. ZAKLJUČEK

V Železarni Ravne izdelujemo v elektroobločnih pečeh kapacitet 10 do 40 ton različna kvalitetna in plemenita jekla. Surovo jeklo se nadalje predeluje v livarni, valjarni in kovačnici. Zaradi hitrega uvajanja vakuumskih postopkov v svetu in v zadnjem času popolnega prenosa rafinacije v ponev, ki nudi odlične kvalitetne in ekonomske učinke, smo se odločili vpeljati postopek VAKUUMSKE obdelave jekla z ogrevanjem, in sicer od francoske firme STEIN HEURTEY.

Pri izbiri postopka za sekundarno obdelavo jekla v ponvi smo upoštevali:

- asortiman jekel,
- metalurške in kemijske zahteve (žveplo, vodik, kisik, zrnatost jekla, čistoča, ozke analize tolerance),
- različnost kapacitet talilnih peči,
- proizvodnjo in produktivnost,
- ekonomičnost,
- izboljšanje delovnega okolja.

Proti Finkl-Mohr napravi ima naša naprava naslednje izpopolnitve:

- odprava vakuumske komore,
- uporaba vakuumskega pokrova za ponovce različnih kapacitet,
- odžveplanje jekla z vpihavanjem CaSi v ponovčno peč,
- vpihavanje inertnega plina skozi oplaščen kamen,
- avtomatsko skladiščenje in doziranje legur.

Pomemben del vodenja tehnološkega procesa v ponovni peči je avtomatizirani sistem doziranja legirnih materialov z računalniškim vodenjem, ki je zasnovan tako, da istočasno omogoča zadovoljiti potrebe dveh talilnih peči. Osnovna zahteva pri gradnji sistema je bila odprava težkega ročnega dela (čim večja mehanizacija), doseganje tehtalnih točnosti, popoln nadzor nad v peč doziranimi materiali ter čim večja stopnja obratovalne zanesljivosti.

Literatura:

1. G. Lamarque: Ladle Steel Metallurgie. Predavanje v okviru »Nedelja francuske tehnike«, Sisak 1978

ZUSAMMENFASSUNG

Hüttenwerk Ravne ist schon jährelang Erzeuger verschiedener Sorten der Qualitäts- und Edelstähle, deswegen wird der Qualität besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Der Rohstahl wird in Lichtbogenöfen der Kapazität von 10 bis 40 Tonnen erzeugt, und in der Giesserei, im Walzwerk und in der Schmiede weiterverarbeitet. Einige Sonderstahlsorten werden nach dem ESU Verfahren veredelt.

In den Jahren 1975—1980 ist ein Programm der technologischen Weiterentwicklung des Stahlwerks mit dem Ziel der Qualitätsverbesserung bei gleichzeitiger Erhöhung der Produktion und Leistung. Abschaffung der schweren körperlichen Arbeit, durch die Mechanisierung einzelner technologischer Phasen, der Kontrolle technologischer Prozesse durch Rechner, und reinere Umwelt zu schaffen, entworfen worden. Die wichtigste Anlage stellt ein Pfannenofen dar (VAD Anlage), in dem der Stahl aus zwei 40 LBÖfen im Stahlwerk 2, bzw. aus einem 10 und 25 Tonnen Ofen im Stahlwerk 1 raffiniert, legiert und auf die Giesstemperatur gefahren wird. Die Anlage im Stahlwerk 1 besitzt noch einen Stand für die oxydierende (VOD) Vakuumbehandlung von nichtrostenden Stählen.

Die VAD Anlagen sind von der Firma SAFE —

HEURTEY. Die Verfeinerungen im Vergleich mit dem Finkl-Mohr-Verfahren sind folgende:

- Abschaffung der Vakuumkammer,
- Anwendung des Pfannendeckels für Pfannen verschiedener Kapazität,
- Entschwefelung von Stahl durch Einblasen von CaSi in die Pfanne,
- das Spülen mit Inertgas erfolgt durch einen ummalten Spülstein,
- automatisches Lagern und dosieren von Ferrolegierungen.

Ein wichtiger Teil der Prozessführung ist der automatische System für die Dosierung der Ferrolegierungen mit Hilfe des Rechners, dass aus zwei Steuerpulten bedient werden kann und zwar:

- a) aus dem Steuerpult neben der Bunkeranlage für die Dosierung der Legierungen in die LB-Öfen, und
- b) aus dem Steuerpult im Steuerstand der VAD-Anlage für die Dosierung in die Pfanne.

Die VAD-Anlage im Stahlwerk 2 ist im Mai 1983 in Betrieb gegangen. Am Anfang des Jahres 1984 erwarten wir die Inbetriebnahme der VAD-Anlage im Stahlwerk 1.

SUMMARY

Ravne Ironworks is an old manufacturer of various quality and high-grade steels therefore it gives a special attention to the quality. Crude steel is made in 10 to 40 ton arc furnaces and it is processed in the foundry, rolling plant and forging plant. Steel with special demands is refined by the electroslag process.

In 1975—1980 a program of technological development of steel plant was made in order to improve the steel quality at simultaneous increased production and productivity, to eliminate the heavy physical work by mechanizing single technological steps, to introduce the computer control of the technological process, and to make the working surroundings cleaner. The basic set is the vacuum ladle furnace (VAD process) which takes role of the secondary refining of steel from two 40 ton arc furnaces in steel plant 2 or 10 and 25 ton furnaces in steel plant 1, respectively. To the set in steel plant 1 still a set for vacuum oxidation of stainless steel (VOD process) is added.

The improved Finkl-Mohr process is presented as SAFE —

HEURTEY process of vacuum treatment of steel by additional heating. Improvements are the following:

- elimination of vacuum chamber
- application of vacuum lid for ladles of various capacities
- desulphurisation of steel by CaSi injection into ladle furnace
- injection of inert gas through a sheathed stone
- automatic storing and feeding the alloys.

Important part of controlling the technological process is the automatic system of feeding alloying substances by a computer control from two control desks, i. e.:

- a. control desk in the operating cabin at bunkers for feeding alloys into the arc furnaces, and
- b. control desk in the operating hall of vacuum furnace for feeding into the ladle.

In May 1983 operation started in steel plant 2 while in the beginning of 1984 the start of vacuum furnace in steel plant 1 is expected.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Металлургический завод Железарна Равне уже много лет считается на домашних и зарубежных рынках как серьезный завод при производстве качественных и высококачественных сталей.

Поэтому этот завод уделяет особенно большое внимание качеству и дальнейшему развитию технологии качества стали. Производство сырой стали выполняется в электроплавильном цехе в двух печах ёмкости 10 до 40 т. Следует переработка в литейном, прокатном и кузнечном цехах. Улучшение сталей для особых требований выполняется способом ЭСП.

В течении 1975—1980 г. выработана программа для технологического развития сталелитейного цеха с целью улучшить качество при одновременном увеличении производства и продуктивности, отменить при помощи механизации отдельных технологических фаз тяжелые физические работы, тщательно и непрерывно вести контроль технологического процесса с счетчиками и заботиться о чистоте рабочей среды. Главное устройство это вакуумная печь со встроенным чреном (VAD — способ), в которой ведется вторичная рафинирование стали, изготовленное в двух электродуговых печей ёмк. 40 т. в сталеплавильном цехе 2, отп. из двух печей ёмк. 10 и 25 т. в сталеплавильном цехе 1. К устройствам в цехе 1 построено сооружение для окисления нержавеющей сталей в вакууме (VOD — способ).

Усовершенственный способ по Finkl-Mohr предъявлен как Safe-Heurtey способ-обработка стали в вакууме с подогревом. Усовершенствование состоит в следующем:

- устранение вакуум-камеры;
- применение вакуумной крышки для ковшев разных ёмкостей;
- удаление серы из стали при вдувании Ca в печь с встроенным чреном;
- вдувание инертного газа через слоистый камень;
- автоматическое помещение в склад и дозировка сплавов.

Особое внимание уделено режиму технологического процесса система дозировки легируемых элементов при применении управляющей вычислительной машины одновременно от двух пультов управления, а именно:

- a) от пульта управления из кабины для обслуживания, которая находится при бункерах для дозировки легирующих сплавов в электродуговую печь, а также от
- b) пульта управления на площади для обслуживания вакуум-печи в ковше.

В течении месяца мая 1983 г. Железарна Равне пустила в ход производство стали в сталеплавильном цехе 2, а в начале текущего года ожидается пуск вакуумной печи в сталеплавильном цехе 1.