

ŽELEZARSKI ZBORNIK

VSEBINA		Stran
	Macur Vlado, J. Bratina — Železarna Ravne	
	RAZVOJ IN UVEDBA VAKUMSKE PONOVCNE PEČI V ŽELEZARNI RAVNE	39
	Petovar Stanko, A. Rozman, A. Lesnik — Železarna Ravne	
	OPIS, ZAKON IN TEHNOLOŠKI REZULTATI VAD NAPRAVE V JEKLARNI II. ŽELEZARNE RAVNE	45
	Šegel Jože, A. Rozman — Železarna Ravne	
	UPORABA RAČUNALNIKA NA EO PEČI IN VAD NAPRAVI	49
	Žlof Jože — Železarna Ravne	
	KEMIJSKA PROBLEMATIKA OB UVAJANJU PONOVCNE METALURGIJE V ŽELEZARNI RAVNE	55
	Tehnične novice	
	Macur Vlado — Železarna Ravne	
	SPECIFIČNE PREDNOSTI UPORABE TEŽKEGA PALETNEGA TRANSPORTA V JEKLARNI ŽELEZARNE RAVNE	65

LETO 18 ŠT. 2 — 1984

ŽEZB BQ 18 (2) 37-68 (1984)

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 18

LJUBLJANA

MAREC 1984

Vsebina	Inhalt	Contents	Содержание
stran	Seite	Page	страница
Vlado Macur, J. Bratina Razvoj in uvedba vakuum- ske ponovčne peči v Žele- zarni Ravne 39 UDK: 669.046.517:669-982 ASM/SLA: A DAM, Dgs, 1-52	Vlado Macur, J. Bratina Entwicklung und Einfüh- rung des Pfannenofens im Hüttenwerk Ravne 39 UDK: 669.046.517:669-982 ASM/SLA: z DAM, Dgs, 1-52	Vlado Macur, J. Bratina Development and Introduc- tion of Vacuum Ladle Fur- nace in Ravne Ironworks 39 UDK: 669.046.517:669-982 ASM/SLA: z DAM, Dgs, 1-52	Vlado Macur, J. Bratina Развитие и введение ва- куумной ковшевой печи в металлургическом за- воде Железарна Равне 39 UDK: 669.046.517:669-982 ASM/SLA: z DAM, Dgs, 1-52
Stanko Petovar, A. Roz- man, A. Lesnik Opis, zagon ih tehnološki rezultati VAD naprave v je- klarni II. Železarne Ravne 45 UDK: 669.187 ASM/SLA: D8m, D9s	Stanko Petovar, A. Roz- man, A. Lesnik Beschreibung, Inbetrieb- nahme und die technologi- schen Ergebnisse der VAD Anlage im Stahlwerk II des Hüttenwerkes Ravne 45 UDK: 669.187 ASM/SLA: D8m, D9s	Stanko Petovar, A. Roz- man, A. Lesnik Description, Start, and Technological Results of the VAD Set in Steel Plant II of Ravne Ironworks 45 UDK: 669.187 ASM/SLA: D8m, D9s	Stanko Petovar, A. Roz- man, A. Lesnik Описание, пуск и техно- логические результаты VAD — устройства в ста- леплавильном цехе ме- таллургического завода Железарна Равне 45 UDK: 669.187 ASM/SLA: D8m, D9s
Jože Šegel, A. Rozman Uporaba računalnika na EO peči in VOD napravi 49 UDK: 669.187.6; 861.142 ASM/SLA: D8p, X14 k	Jože Šegel, A. Rozman Die Anwendung eines Rech- ners beim Betreiben eines Lichtbogenofens und einer VAD Anlage 49 UDK: 669.187.6; 861.142 ASM/SLA: D8p, X14 k	Jože Šegel, A. Rozman Computer Application on the EOP and VAD Equip- ment 49 UDK: 669.187.6; 861.142 ASM/SLA: D8p, X14 k	Jože Šegel, A. Rozman Применение счётчика при EOP и VAD устройствах 49 UDK: 669.187.6; 861.142 ASM/SLA: D8p, X14 k
Jože Žlof Kemijska problematika ob uvajanju ponovčne metalur- gije v Železarni Ravne 55 UDK: 543.51:669.141.25 ASM/SLA: S 11, STb, RMq, D9s, D8	Jože Žlof Probleme der chemischen Analysen bei der Einfüh- rung der Pfannenmetallur- gie im Hüttenwerk Ravne 55 UDK: 543.51:669.141.25 ASM/SLA: S 11, STb, RMq, D9s, D8	Jože Žlof Chemical Problematics in Introducing Ladle Metal- lurgy in Ravne Ironworks 55 UDK: 543.51:669.141.25 ASM/SLA: S 11, STb, RMq, D9s, D8	Jože Žlof Химическая проблемати- ка при введении ковше- вой металлургии в метал- лургическом заводе Же- лезарна Равне 55 UDK: 543.51:669.141.25 ASM/SLA: S 11, STb, RMq, D9s, D8
Tehnične novice 65	Technische Nachrichten 65	Technical News 65	Технические новости 65

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 18

LJUBLJANA

MAREC 1984

Raziskave za razvoj ponovčne metalurgije v Železarni Ravne

Železarna Ravne je dne 21. septembra 1983 organizirala srečanje raziskovalnih in razvojnih timov s temo »Raziskave za razvoj ponovčne metalurgije v jeklarni Železarne Ravne«.

Namen tega srečanja je bil koordinacijski posvet o dotedaj opravljenih raziskavah in o načrtovanju nadaljnjega organiziranega dela z medsebojnim usklajevanjem.

Po predstavitvi zasnove razvoja te moderne jeklarske tehnologije v obeh jeklarnah Železarne Ravne in predstavitvi nove investicije ter njenih proizvodnih možnosti so bili prikazani dosežki raziskav in uvajanja raziskovalnih dosežkov v proizvodnjo.

Celoten razvojni projekt je bil doslej tehnološko uspešen, saj smo v času, ki je bil krajši od vseh pričakovanj, osvojili osnovno tehnologijo ter dosegli načrtovano kakovost tako izdelanega jekla.

Uvedba tehnologije in zagotovitev delovanja naprav je šele prva faza celotnega razvojnega projekta, saj sama po sebi še ne zagotavlja niti ekonomike niti organizacije proizvodnje, ki je prav na tem področju odločilnega pomena. Za celovito uspešnost proizvodnje je prav po osvojitvi osnovne tehnologije potrebno učinkovito povezati strokovne timove s področja jeklarstva, energetike-toplotne in elektro, zagotavljanja materialne oskrbe, priprave proizvodnje, računalniškega krmiljenja in seveda celotne proizvodnje.

S tega posvetovanja smo izbrali nekaj povzetkov referatov za to številko Železarskega zbornika.

Predvsem želimo poudariti dobre izkušnje Železarne Ravne pri projektni organizaciji in tiskem delu na področju raziskovalno-razvojne dejavnosti.

Na področju ponovčne metalurgije smo realizirali eno od višjih oblik horizontalnega in vertikalnega povezovanja

timov. Horizontalnega v tem, da je stalni strokovni tim za jeklarstvo na temo ponovčna metalurgija povezal vse strokovne timove, projektne skupine in odgovorne v linijski organizaciji, ki imajo kakršno koli povezavo s ponovčno metalurgijo. Vertikalno pa s tem, da je v celotno raziskovalno razvojno dejavnost vključil in povezal tudi raziskovalce Metalurškega inštituta v Ljubljani in raziskovalce Metalurškega odseka VTO Montanistika na Fakulteti za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani.

S sistematičnim uvajanjem projektne organizacije v raziskovalno razvojno delo je začela Železarna Ravne v letu 1974. Večje in pomembnejše raziskovalno razvojne naloge smo izvajali v obliki projektov. Na osnovi teh izkušenj se je izkazalo, da so za določena področja dejavnosti Železarne Ravne potrebni posebni strokovni timi, ki usmerjajo raziskovalno razvojno delo za potrebe proizvodnje in uspešnega poslovanja.

Od začetka leta 1982 deluje v Železarni Ravne 21 stalnih strokovnih timov, ki vključujejo 120 strokovnih in raziskovalnih delavcev, od katerih je vsak odgovoren nosilec določenega večjega ali manjšega pomembnega področja. Ta način nam je dal možnost učinkovitega angažiranja strokovnih kadrov, obenem pa je to najboljši način za vključevanje mladih strokovnjakov v tvorno in načrtno organizirano delo.

Ti strokovni timi, upoštevajoč kompleksno proizvodno in poslovno problematiko usmerjajo in programirajo raziskovalno razvojno dejavnost ter skrbijo za potrebne povezave. V letu 1983 smo prešli še na intenzivno tovrstno povezovanje z zunanjimi inštitucijami in univerzami ter na povezovanje raziskovalno razvojne dejavnosti med sedmimi delovnimi organizacijami in Metalurškim inštitutom v okviru SOZD Slovenske Železarne.

Rodolj Ferjanc



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 čistejšo 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 $\pm 5^\circ\text{C}$. 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 legirnih dodatkov, zmanjšanju izmečka zaradi boljše kvalitete jekla in odpravi analiznih odstopanj, povečani proizvodnji več vrednega asortimana jekla, večjem izkoristku dezoksidacijskih in legirnih 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 legirnih 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 oblačno 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 oblačno 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 oblačno 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 oblačnim 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 kvantomestu 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 »dnevni« 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 tehtnico 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 Vervollkommungen 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 счётчиками 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 Fink-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.

Opis, zagon in tehnološki rezultati VAD naprave v jeklarni II železarne Ravne

UDK: 669.187
ASM/SLA: D8 m, D9 s

S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik

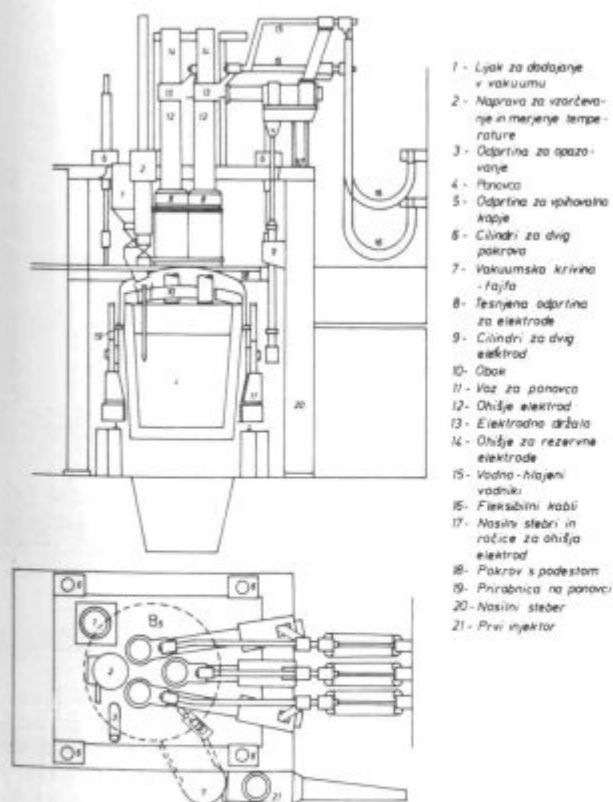
Aprila 1983 smo izdelali prve šarže na VAD napravi v jeklarni II. S tem se je pri nas začelo obdobje moderne jeklarske tehnologije, ki se je v svetu že dokaj uveljavila. S praktičnimi raziskavami ponovne metalurgije smo šele na začetku.

V članku so strnjeno navedeni opis in zagon VAD naprave ter rezultati, doseženi v obdobju poskusnega obratovanja VAD naprave.

1. OPIS IN ZAGON VAD NAPRAVE

1.1 Opis VAD naprave

VAD naprava je sestavljena iz ponovce, v kateri je možno obdelovati in degazirati jeklo s pomočjo specialnega pokrova. Grafitne elektrode so v posebnih vakuumsko tesnjenih teleskopskih ceveh, tako da lahko dogrevamo talino pri znižanem tlaku 600–750 mbarov. Mešanje taline je omogočeno z vpihovanjem argona ali dušika skozi šobo za prepihanje z inertnim plinom ob strani ponovce. Shemo naprave prikazuje slika 1.



- 1 - Ljok za oblažanje v vakuumu
- 2 - Naprava za vzorčevanje in merjenje temperature
- 3 - Odprtina za opazovanje
- 4 - Ponovca
- 5 - Odprtina za vpihovno šobo
- 6 - Cilindri za dvig pokrova
- 7 - Vakuumsko krivina - fajfa
- 8 - Tesnjena odprtina za elektrode
- 9 - Cilindri za dvig elektrod
- 10 - Obok
- 11 - Voz za ponovca
- 12 - Ohišje elektrod
- 13 - Elektrode držalo
- 14 - Ohišje za rezervne elektrode
- 15 - Vodno - hlajeni vodnik
- 16 - Fleksibilni kablji
- 17 - Nosilni steber in ročice za ohišje elektrod
- 18 - Pokrov s podestom
- 19 - Prirabnica na ponovci
- 20 - Nosilni steber
- 21 - Prvi injektor

Slika 1
Shema VAD naprave

Fig. 1
Scheme of the VAD set

Pokrov ponovce je pritrjen na podest, ki se dviga in spušča s pomočjo štirih hidravličnih cilindrov. Med obratovanjem se tesnilo na spodnjem delu pokrova stisne na prirobnico ponovce. Posebna naprava omogoča merjenje temperature in jemanje vzorcev za kemično analizo med vakuumiranjem. Na pokrovu je še odprtina za opazovanje gibanja taline med degazacijo in za vpihovanje prašnatih materialov (CaSi, C, FeS). V našem primeru 45-t-ponovce je moč transformatorja 8 MVA. Ponovca je obzidana z visokoaluminatno opeko, v žilindrini coni pa s krommagnezitno opeko. Pokrov ponovce je tudi obzidan z visokoaluminatno opeko in plast-betonom enake kvalitete.

1.2. Zagon VAD — naprave

Za zagon VAD — naprave smo v Železarni Ravne določili strokovni tim ki je imel poleg odgovornosti tudi vse potrebne pristojnosti za uspešno uvajanje naprave, tehnologije in šolanje strokovnjakov.

Zagon smo razdelili v tri glavne faze:

1. Šaržo naj bi dokončali v peči, mi pa bi preizkusili prelivanje, prepihanje z argonom, dogrevanje, merjenje temperature, jemanje vzorcev ter delni vakuum do 600 mbarov.

2. Drugi korak bi bile vse prej naštetje operacije, dodali pa smo legiranje in razžveplanje.

3. Pri tretji fazi naj bi se ponovile operacije prejšnjih dveh, s tem, da dodamo degazacijo in legiranje v vakuumu.

Odločili smo se tudi, da posameznih faz ne bomo preskakovali. Dokler vse operacije, določene s prvo fazo, ne uspejo, ne začnemo druge.

Za idealen zagon bi torej zadostovale tri šarže, narkar bi lahko prešli na izdelavo šarž, ki so bile določene s prevzemnimi pogoji.

S prvim preizkusom smo začeli 15. 4. 1983. Jeklo smo iz peči prelili v prelivno ponovco, iz prelivne pa v vakuumsko. Že med prelivanjem smo začeli s prepihanjem. Ko je bilo prelivanje končano, smo ponovco prepeljali pod vakuumski pokrov, vzpostavili delni vakuum in poizkusili z dogrevanjem. Zaradi napake v krmiljenju se je električni oblok vzpostavil samo z dvema elektrodama. Po hitri intervenciji naših vzdrževalcev smo napako odpravili in pričeli z normalnim dogrevanjem.

Po dogrevanju smo izmerili temperaturo in poizkusili vzeti vzorec. Po treh brezuspešnih poizkusih jemanja vzorca smo dvignili pokrov in odpeljali ponovco na litje.

Prvo fazo zagona je bilo treba torej zaradi neuspelega jemanja vzorcev ponoviti.

Tudi pri drugem poizkusu nam ni uspelo jemanje vzorcev. Kartuze za jemanje so bile namreč predolge in kljub nastavitvi avtomatike v skrajno lego nam ni uspe-

lo. Nato smo skrajšali kartuše in pri tretji šarži uspešno vzeli vzorec.

Sedaj smo lahko prešli na drugo fazo zagona.

Šaržo smo legirali in razžveplali brez večjih težav, vendar smo zaradi večje zanesljivosti izdelali še eno. Ko tudi tu nismo imeli težav smo prešli na tretjo fazo zagona, torej degazacijo in legiranje v vakuumu.

Pri tej fazi zagona so se pojavile prve resnejše težave. Tlak ni nikakor padel pod 2,0 mbar. Predstavniki Heurty-ja je trdil, da je kriva prenizka temperatura pare in zaradi tega prevelika količina kondenzata. Po nastavitvi vode za kondenzacijo pare in zatesnitvi argonske šobe pa je pri desetem poizkusu le padel pod 1,3 mbar in končali smo še zadnjo fazo zagona, tako da smo lahko prešli na izdelavo šarž, ki so bile določene s prevzemnimi pogoji. Za vroče testiranje naprave smo porabili petnajst dni.

2. TEHNOLOŠKI REZULTATI MED POSKUSNIM OBRATOVANJEM VAD — NAPRAVE

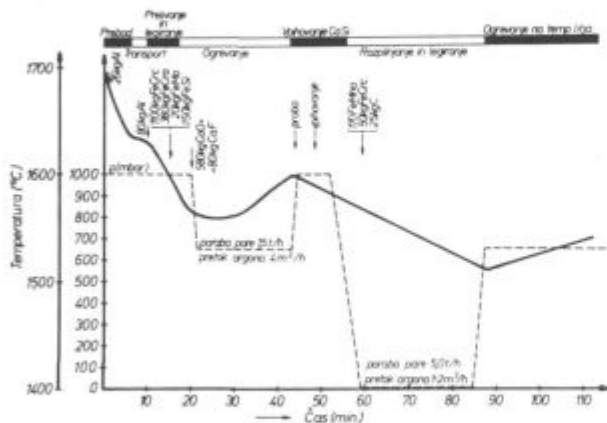
2.1. Tehnologija VAD

Tehnološki postopek ponovčne metalurgije v Železarni Ravne sestavljajo naslednje faze:

- raztalitev vložka
 - razfosforenje
 - oksidacija
 - legiranje
 - dogrevanje
 - razžveplanje
 - razplinjanje
- } v EOP
 } v VAD — napravi

Jeklo, raztaljeno in oksidirano v EOP, skupaj z žlindro izlijemo v prenosno ponovco. Iz prenosne ponovce prelijemo jeklo skozi zasusko zapiralo z velikim premerom izlivka v ponovco za obdelavo. Žlindra iz EOP ostane v prenosni ponovci. Med prelijanjem dodamo ferolegure in novo žlindro v delovno ponovco. Nato se ponovca zapelje pod pokrov. Obdelava poteka pri delnem vakuumu. Fazi dogrevanja in premešavanja z argonom lahko, če je potrebno, sledi degazacija pri 1,3 mbar.

Primer obdelave Cr-Mo konstrukcijskega jekla je prikazan na sliki 2.



Slika 2
Primer obdelave z razplinjanjem in vpihovanjem CaSi
Fig. 2
A case of treatment by degassing and CaSi injection

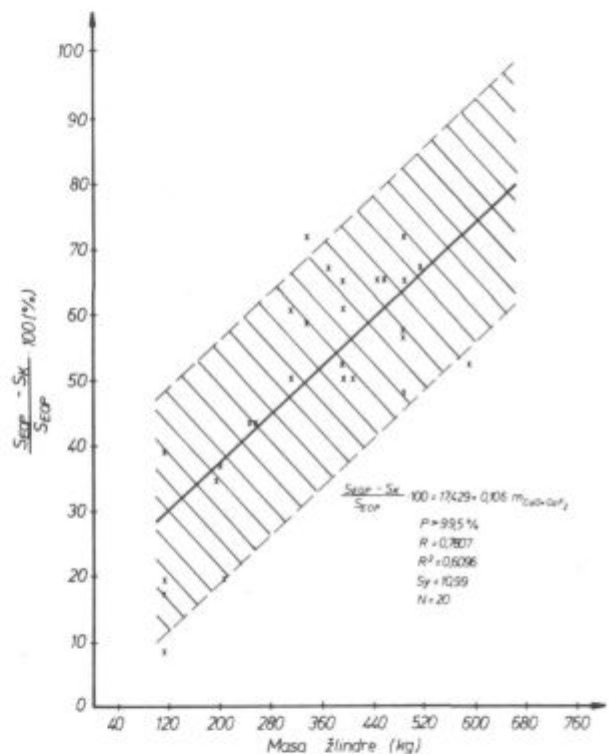
2.2. Metalurški rezultati

2.2.1. Razžveplanje in razplinjanje jekla

Možnost ogrevanja taline v ponovci omogoča poleg ostalega tudi učinkovito razžveplanje. Uporabljamo dva načina razžveplanja:

- razžveplanje z bazično žlindro ($\text{CaO} + \text{CaF}_2$),
- razžveplanje z bazično žlindro ($\text{CaO} + \text{CaF}_2$) in vpihovanjem CaSi.

Pri prvem načinu razžveplanja (slika 3) dosegamo v odvisnosti od količine dodane žlindre (4 — 15 kg/t) stopnje razžveplanja med 40 — 80 %. Drugi način razžveplanja (slika 4) uporabljamo pri jeklih, kjer se zahtevajo izredno nizke vsebnosti žvepla ($S < 0,010 \%$). Stopnje razžveplanja, ki jih dosegamo pri tem načinu, se gibljejo med 75 in 95 %.

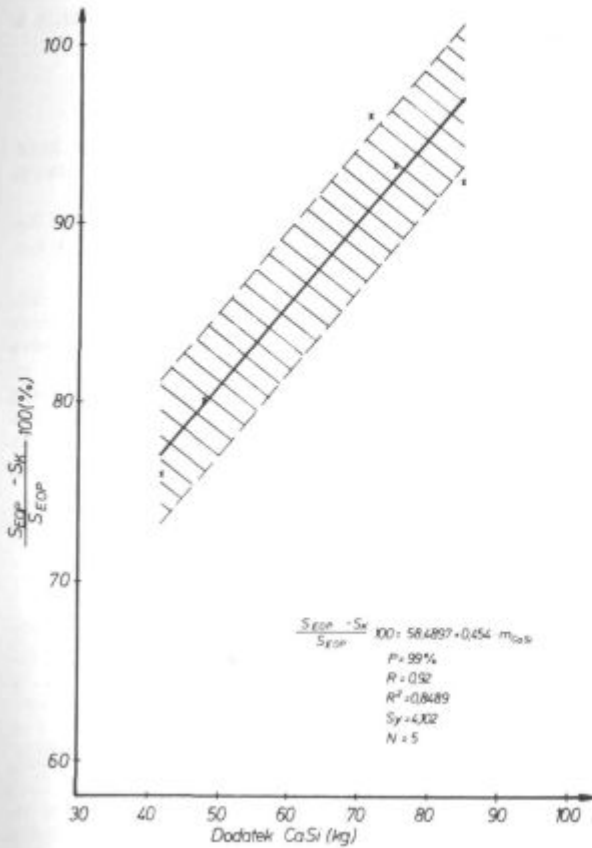


Slika 3
Razžveplanje med razplinjanjem
Fig. 3
Desulphurisation during degassing

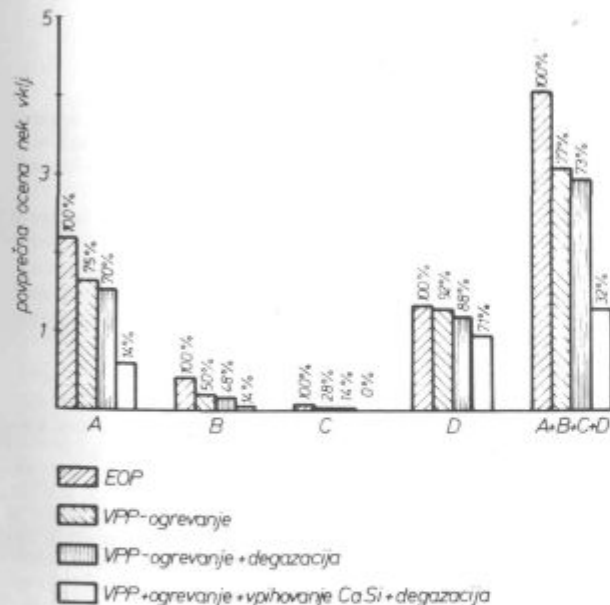
Vakuumska ponovčna peč omogoča degazacijo pri pritisku manj kot 1,3 mbar. Časi degazacije se gibljejo med 10 in 30 minutami, odvisno od kvalitete jekla in od končnih dimenzij kovaških izdelkov. Dosegamo vsebnosti vodika pod 2 ppm.

2.2.2. Čistoča jekla

Jeklo, obdelano v ponovci pod vakuumom, je čistejše od klasično izdelanega jekla. Glavni dejavnik pri tem je vsekakor mešanje taline z inertnim plinom (Ar ali N_2). Naredili smo primerjavo čistosti talin, izdelanih v poskusnem obratovanju VAD naprave po različnih tehnologijah. Histogram na sliki 5 prikazuje rezultate za jeklo EC 80 (Č. 4320).



Slika 4
Razžveplanje z vpihovanjem CaSi
Fig. 4
Desulphurisation by the CaSi injection



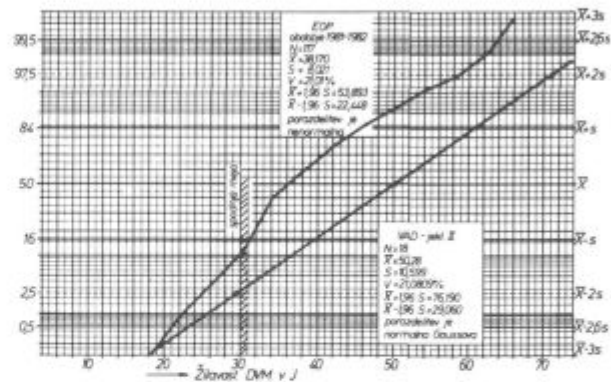
Slika 5
Povprečna ocena nekovinskih vključkov po JK ASTM metoda A za Č. 4320
Fig. 5
Average estimation of non-metallic inclusions in Č. 4320 steel by JK ASTM, Method A.

Najmanj vključkov smo dobili v jeklu, ki smo ga obdelali v VAD napravi z vpihovanjem CaSi za razžveplanje. Na splošno so vključki v vakuumiranem jeklu z večjo vsebnostjo S zelo kratki in tanki ter jih je manj kot pa v jeklu, izdelanem v EOP, ki ima manj S. Največje zmanjšanje je pri sulfidnih in aluminatnih vključkih, nekoliko slabše pa pri grobih oksidnih vključkih, tipa D. Teh vključkov je manj in so grobi. To je posledica reoksidacije jekla med litjem. Z ustrezno tehnologijo se da doseči izredno čisto jeklo, saj je v nekaterih primerih vsota vključkov A + B + C + D manjša od 2. To je rezultat zadostne dezoksidacije jekla, razžveplanja in razplinjanja ter intenzivnega mešanja taline.

2.2.3. Mehanske lastnosti jekla

Za vse kvalitete, ki jih že obdelujemo na VAD napravi, veljajo enake kvalitete zahteve za mehanske lastnosti, kot za klasično izdelano jeklo v EOP. Izjema je bilo le nekaj šarž, ki smo jih naredili za preverjanje sposobnosti naprave zaradi prevzemnih pogojev. Z novo tehnologijo smo spoznali, da se dajo mehanske lastnosti jekla izboljšati. Pomembno je, da je trosenje podatkov v večini primerov bistveno manjše od tistih podatkov za mehanske lastnosti jekla, izdelanega v EOP. Delež šarž z neustreznimi mehanskimi lastnostmi se je zmanjšal na minimum in v glavnem brez težav dosega mo predpisane mehanske lastnosti.

Pri jeklu Č. 7422, izdelanem v EOP, je do 20 % šarž s premajhno žilavostjo po slepem kaljenju. Porazdelitev podatkov za žilavost tega jekla za dvoletno obdobje na sliki 6 nam kaže, da okrog 15 % šarž ne ustreza predpisu. Minimalna žilavost je bila 22 J, maksimalna pa 64 J. Izračunana srednja vrednost znaša 38,17 J. Če te podatke primerjamo s podatki o žilavosti jekla Č. 7422, izdelanega na VAD napravi, vidimo, da je pri vseh 18 šaržah presežena predpisana minimalna žilavost 31 J, maksimalna pa 68 J ob izračunani srednji vrednosti 50,28 J. Trosenje teh podatkov na sliki 6 je sicer večje, vendar v smeri višje žilavosti, kar je za jeklo Č. 7422 ugodnejše.



Slika 6
Porazdelitev žilavosti za jeklo Č. 7422, izdelano v EOP in VAD
Fig. 6
Toughness distribution for Č. 7422 steel made in EOP and VAD

2.2.4. Hitrost ogrevanja in ohlajanja taline med obdelavo na VAD napravi

Hitrost ogrevanja je možno poljubno regulirati s pomočjo 17 napetostnih stopenj. Maksimalne dosežene

hitrosti ogrevanja so med 4 in 5°C/minuto. Za točno nastavitev temperature litja ($\pm 5^\circ\text{C}$) je potrebno poznati še hitrost ohlajanja med razplinjanjem. Ta znaša v primeru, ko nismo dodajali dodatkov med razplinjanjem, ali pa smo jih dodali do 1 % teže taline, 1,5°C/minuto.

3. ZAKLJUČKI

1. Uspešno uvajanje ponovne tehnologije je rezultat timskega dela strokovnjakov z različnih področij, ki pa morajo biti dobro organizirani.

2. V decembru smo na VAD napravi obdelali 50 % vseh šarž jeklarni II. Potrebno je storiti vse, da se število obdelanih šarž čim prej dvigne na planiranih 80 %.

3. Z obdelavo jekel po kombiniranem postopku EOP in VAD dosegamo enakomernjšo kvaliteto naših jekel, kar nam daje možnost izboljšanja kvalitete in konkurence na zahodnem tržišču.

4. Kvalitetni asortiman je potrebno prilagoditi zmoglostim VAD naprave.

5. Z dobrim razplinjanjem jekel, ki so nagnjena k tvorbi kosmičev, smo uknili drago H₂žarjenje.

Literatura

1. A. Lesnik: Opis in zagon vakuumske ponovne peči, Referat na srečanju jeklarskih timov SŽ, Ravne na Koroškem, 21. septembra 1983.
2. A. Rozman: Osnove ponovne tehnologije v Železarni Ravne, Referat na srečanju jeklarskih timov SŽ, Ravne na Koroškem, 21. septembra 1983.
3. S. Petovar: Raziskovalno razvojno delo ob uvajanju in v nadaljnjem razvoju ponovne metalurgije, Referat na srečanju jeklarskih timov SŽ, Ravne na Koroškem, 21. septembra 1983.
4. A. Rozman in sodelavci: Tehnološke in proizvodne novosti v jeklarni Železarne Ravne — Uvajanje ponovne tehnologije po VAD postopku v jeklarni II., XXXII. jesensko posvetovanje strokovnjakov črne in barvne metalurgije ter livarstva Slovenije, Portorož, 6. in 7. oktobra 1983.
5. Interne raziskovalne naloge.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es nicht die erzielten Ergebnisse auf dem Gebiet der Stahlqualität der auf der VAD Anlage behandelten Stähle genauer darzugeben, sondern im kurzen durch die Modernisierung des Stahlwerkes des Hüttenwerkes Ravne erreichten Errungenschaften zu zeigen. Der Beitrag ist aus zwei Teilen zusammengesetzt. Im ersten Teil wird im kurzen die VAD Anlage und die Inbetriebnahme beschrieben. Im zweiten Teil werden die technologischen Ergebnisse, die während des Versuchsbetriebes erzielt worden sind angegeben.

Durch eine entsprechende Entschwefelungstechnologie ist ein Entschwefelungsgrad von 75 bis 95 % und ein sicherer

Schwefelgehalt unter 0,010 % erreicht worden. Der Wasserstoffgehalt fällt nach der Entgasung unter 2 ppm H₂ so, dass das Glühen zur Wasserstoffentfernung aufgehoben werden konnte. Die Reinheitsgradauswertung ergab für die Summe der Einschlüsse einen Wert nach JK und ASTM nach der Methode A kleiner als 2.

Wegen des besseren Reinheitsgrades und gleichmäßiger chemischer Zusammensetzung sind auch die erzielten mechanischen Eigenschaften der Stähle besser.

Wir geben uns die Mühe die Qualität unserer Stähle zu verbessern, um so den Forderungen unserer Kunden zu genügen.

SUMMARY

The paper has not the intention to present the details on the obtained results in the field of quality of steels treated by the VAD set but it shows in a condensed form the achievements obtained by the modernization of the steel plant in Ravne Ironworks.

The presentation consists of two parts. The first one gives a short description of our VAD set and its start, while the technological results of the set during the trial operation are presented in the second part.

By corresponding desulphurisation technique the 75 to 95 % desulphurisation degree was obtained, and thus the sul-

phur content in steel was below 0.010 %. After a good degassing there was less than 2 ppm H₂ and thus H₂-annealing was eliminated. A very pure steel was obtained (sum of inclusions by JK and ASTM A method was below 2).

Due to the more uniform chemical composition of steel and greater purity, better mechanical properties were achieved.

All efforts are made to improve the quality of our steel and thus to fulfil the demands of our purchasers.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель этой работы не состоит в том, чтобы привести точно полученные результаты что касается качества стали обработанной с VAD — устройством, а вкратце изложить овладения, полученные с модернизацией сталеплавильного цеха металлургического завода Железарна Равне.

Статья состоит из двух частей. В первой части дано короткое описание VAD — устройства в заводе Железарна Равне и пуск в ход этого устройства. В второй же части статьи приведены технологические результаты этого устройства, полученные во время пробной эксплуатации.

С соответствующей технологией обессеривания удалось уменьшить содержание серы на 75 до 95 % и, таким образом получить сталь с содержанием серы ниже 0,010 %. По-

сле соответственно хорошего отн. радикального удаления газов содержание H₂ в стали составляло ниже 2 ФИМ. Вследствии этого из-за низкого содержания водорода в стали H₂ — отжиг стали был отмечен. В результате в заводе Железарна Равне получена очень чистая сталь (сумма включений по JK и ASTM A методом была ниже значения 2).

Вследствии равномерного химического состава стали и его лучшей чистоты получены благоприятные механические свойства стали.

В дальнейшем стремление металлургического завода Железарна Равне состоит в улучшении качества сталей и таким образом вполне удовлетворить требованиям покупателей.

Uporaba računalnika na EOP in VAD

UDK: 669.187.6; 861.142
ASM/SLA: D8p, x14k

Jože Šegel*, Alojz Rozman*

Prikazane so značilnosti uporabe računalnika na EOP in VAD s poudarkom na rezultatih uporabe računalnika pri legiranju. Predstavljen je tudi princip avtomatskega doziranja ferolegur, informacijski sistem kemičnih analiz za jeklarne in način računalniškega spremljanja uspešnosti proizvodnje posamezne šarže.

1. TEHNOLOŠKE ZNAČILNOSTI VAD POSTOPKA

Vložek starega železa se pretali na elektroobložni peči — EOP. Po oksidaciji in razfosforenjenju se skupaj z žlindro preljuje v prenosno ponovco. Iz prenosne ponovce prelujemo jeklo v delovno ponovco, v kateri poteka obdelava jeklene taline. Namen prelivanja je zadrževanje oksidativne žlindre v prenosni ponovci. Med prelivanjem dodamo tudi pretežno količino ferolegur, kar bomo v nadaljevanju imenovali legiranje med prelivanjem. Delovna ponovca se zapelje pod pokrov VAD naprave. Obdelava jekla poteka pri delovnem vakuumu 650—750 mbarov. Fazi dogrevanja in homogenizacije kemične sestave ter temperature sledi končna korektura kemične sestave taline in po potrebi degazacija pri pritisku < 1,3 mbar. Na sliki 1 je prikazana shema postopka ponovčne metalurgije — VAD v železarni Ravne.

2. ZNAČILNOSTI UPORABE RAČUNALNIKA NA EOP (5)

2.1 Povečanje porabe legiranega odpadka

Z večanjem porabe legiranega odpadka se zmanjšuje poraba ferolegur. Poleg legiranega odpadka iz obratov železarne je legiran odpadki dosegljiv tudi z nakupom za dinarska in devizna sredstva. Še posebej pomembna je poraba legiranih odpadkov, zato ker z dinarskimi sredstvi znižamo uvoz nekaterih ferolegur. Torej gre za delno substitucijo čistih surovin z odpadnim starim železom.

Z legiranimi odpadki je povezana velika problematika pri sortiranju, zbiranju, tehtanju in skladiščenju tega vložka. Pri večji porabi legiranih odpadkov se poveča riziko zgrešitve kemične sestave.

Vendar se vso to problematiko splača reševati, saj daje povečana poraba legiranih odpadkov izredno ugodne ekonomske (dinarske in devizne) učinke. S pomočjo posebnih akcij, nabave, jeklarne in računalniške ekipe ter uporabe računalnika se je poraba legiranih odpadkov v železarni vsako leto skoraj podvojila. Prej je bila poraba leg. odpadkov okoli 2500 t, leta 1983 pa 10.000 t.

Jože Šegel, dipl. inž. metalurgije vodi službo za avtomatizacijo proizvodnih procesov v železarni Ravne.

Alojz Rozman, dipl. inž. metalurgije je inženir za kvaliteto v jeklarni železarne Ravne

2.2 Znižanje stroškov električne konice

Električna energija predstavlja pomemben strošek pri proizvodnji jekla. Dve tretjini teh stroškov se nanaša na stroške električne konice. Prekomerna poraba električne energije ob električnih konicah je izredno draga. S pomočjo procesnega računalnika so doseženi za 6—7 % nižji stroški. Krmiljenje električne konice je izvedeno za celo železarno, pri tem pa se izklapljuje samo EOP in VAD.

2.3 Zamenjava dragih ferolegur s cenejšimi

Ferolegure kroma in mangana se močno razlikujejo po čistosti in ceni. Kolikor je le mogoče, je treba zamenjati čistejše in dražje ferolegure z manj čistimi, večkomponentnimi in cenejšimi. To nam je tudi uspelo s pomočjo računalnika.

Kar za 30—70 % se je razmerje med porabo drage in cenejše ferolegure spremenilo v korist manjše porabe dragih ferolegur.

2.4 Znižanje porabe ferolegur in izboljšanje kakovosti jekla

Poraba uvoženih ferolegur se je pri posameznem jeklu znižala zaradi že omenjene povečane porabe legiranih odpadkov in zaradi znižanja povprečne vsebnosti legiranih elementov v jeklu.

Železarna Ravne proizvaja preko 350 vrst jekel, od navadnih ogljičnih do zelo visoko legiranih in zahtevnih jekel. Bolj ko je jeklo legirano, bolj pomembna je vloga računalnika pri legiranju. Pri visoko legiranih jeklih je že nepogrešljiv, pri navadnih ogljičnih jeklih pa so ekonomski in kakovostni učinki procesnega računalnika skromnejši. Vendar je težišče razvoja železarne Ravne v smeri zahtevnejših ter legiranih in ne masovnih jekel.

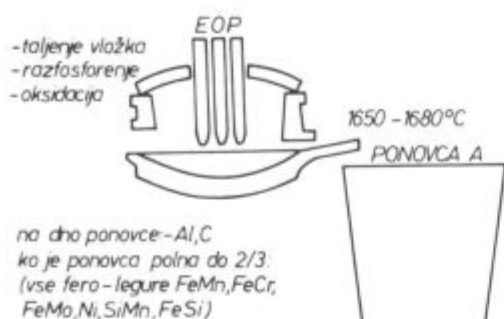
Zožitev porazdelitve končne kemične sestave jekla daje enakomernjšo kakovost jekla in je novi pripomoček za reguliranje mehanskih in kalilnih lastnosti jekla. Ozka porazdelitev vsebnosti posameznega legirnega elementa se lahko usmeri v tisto področje analiznega predpisa, ki daje boljše lastnosti jekla.

3. UPORABA RAČUNALNIKA PRI VAD

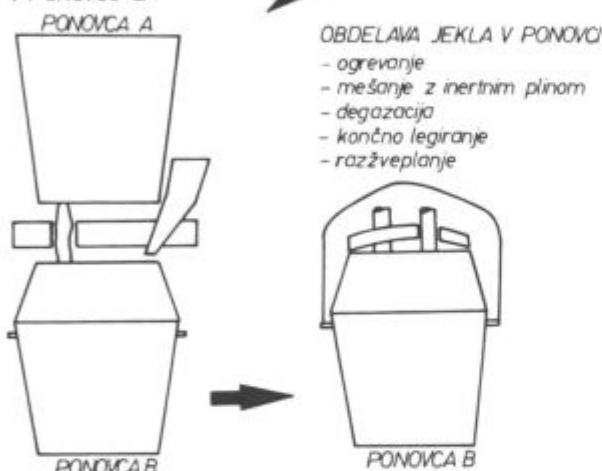
Veliko jekel se ob klasični EOP tehnologiji legira le enkrat, nekaj jekel ima eno predlegiranje neoksidacijskih elementov, pri manjšem številu jekel pa nastopi dvakratno predlegiranje ali izdelava po dveh različnih tehnologijah, oksidacijski in pretopitveni. Za vse te primere ima računalnik pripravljene modele izračuna, ki se v zadnjem času opravijo avtomatsko, takoj po dobljeni kemični analizi.

Nova ponovčna tehnologija pa zahteva dva nova modela izračuna dodatka. To je legiranje ob prelivanju iz EOP v ponovco in legiranje v vakuumu. Ob uvajanju

KIPANJE IZ EOP V PONOVCO



PRELIVANJE IZ PONOVCE A
V PONOVCO B



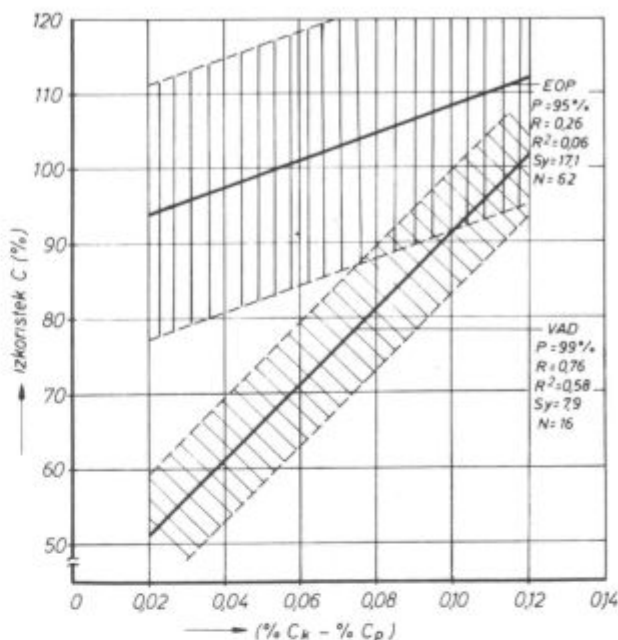
Slika 1
Shema postopka izdelave jekla s ponovčno tehnologijo

Fig. 1
Scheme of steelmaking by ladle metallurgy

ponovčne tehnologije se konvencionalni način izdelave jekla na EOP ne ukinja, temveč le količinsko zmanjšuje. Maksimalno število modelov za eno jeklo je po novem 6, v povprečju pa 3. Tolikšno število različnih modelov izračunov dodatka ferolegur, ki izhajajo iz različnega obnašanja izkoristkov posameznih legirnih elementov, je pri 350 jeklih »ročno« zelo težko obvladati in je to razlog več za uporabo računalnika.

Na sliki 2 vidimo primerjavo stare in nove regresijske enačbe izkoristka ogljika. Ravno pri oksidacijskih elementih se pričakuje bistveno izboljšanje kvalitete legiranja, zato so zanesljivejše in kvalitetnejše regresijske enačbe izkoristkov legirnih elementov ugodne. Zanimiv je velik koeficient determinacije. Iz 0,06 se je povečal na 0,58. Povprečno znižanje izkoristka posameznega elementa je posledica spremembe tehnologije dezoksidacije. Legiranje v VAD poteka v dveh fazah: predlegiranje ob izlivu jekla v ponovco in legiranje v vakuumu. Pri predlegiranju stremimo k spodnji predpisani meji. Končnemu legiranju pa predstavlja manjši dodatek in končno korekturo kemične sestave.

Priprava novih modelov za VAD je pogojena z dovolj velikim številom šarž za posamezne skupine jekel. Modele sproti pripravlja tehnolog v pripravi dela je-



Slika 2
Primerjava regresijskih enačb izkoristka ogljika med kladično EOP in ponovčno tehnologijo (VAD)

Fig. 2
Comparison of the regression equations of carbon yield between the standard EOP and (VAD) ladle metallurgy

klarne v sodelovanju s službo za avtomatizacijo proizvodnih procesov.

4. INFORMACIJSKI SISTEM KEMIČNIH ANALIZ

V celoten sistem računalništva v jeklarni se vključuje tudi kemijski laboratorij. Pred tremi leti smo direktno povezali oba računalnika na kvantometrih kemijskega laboratorija z glavnim procesnim računalnikom jeklarni.

Tako se rezultati kemične analize avtomatsko prenesejo iz enega računalnika v drugega in na ustrezen terminal v topilnici, valjarni, kovačnici in mini livarni.

V informacijskem sistemu kemičnih analiz (v povezavi z AVTO-JEK programskim paketom) je bilo treba zaradi uvedbe VAD razširiti število terminalov z 12 na 14. Poleg tega, da lahko javlja topilec probo tudi od VAD naprave in dobi rezultate analize na zaslon svojega terminala, je bilo treba rešiti že omenjeni avtomatski izračun dodatka ferolegur za VAD.

Avtomatizirano je tudi polnjenje banke podatkov TKR na centralnem računalniku, kar omogoča med drugim obširne matematično-statistične analize pri iskanju novih ciljev kemične sestave jekla za doseg boljših lastnosti jekla.

Razmeroma obširne možnosti uporabe računalnika na področju kontrole kakovosti in raziskav so namenjene bogatenju povratnih informacij kontrole kakovosti in pomoči pri raziskavah ter razvoju tehnologije.

Slika 3 kaže sistem zajemanja podatkov v laboratorijih in proizvodnji za polnjenje banke podatkov tehnične kontrole (TKR) in uporabo teh podatkov za analizo stanja in soodvisnosti. S pomočjo doma razvitih programov se razmeroma pogosto analizirajo porazdelitve, korelacije in regresije. Tovrstne obdelave podatkov so se pokazale kot osnova za uvajanje procesnih računal-



Slika 3

Polnjenje in uporaba banke podatkov tehnične kontrole

Fig. 3

Filling and application of data bank of technical control

nikov v jeklarno. Tekoče se pripravljajo tudi grafični in tabelarni pregledi problematične, neuspele proizvodnje, vključno z reklamacijami.

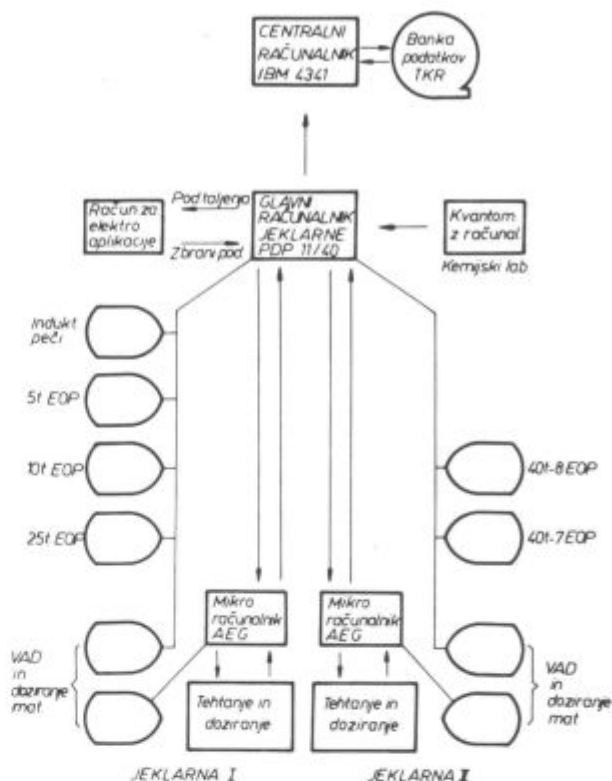
5. POVEZAVA AVTOMATSKEGA DOZIRANJA Z OBSTOJEČIM RAČUNALNIŠKIM SISTEMOM

Vključitev ponovne tehnologije in avtomatizirane doziranja materialov pomeni pomembno razširitev funkcij obstoječega računalniškega sistema. Avtomatizirano doziranje v jeklarni 1 in 2 železarne Ravne je podprto z dvema mikroročunalnikoma AEG in terminali, kot to kaže slika 4.

Originalni izvedbi avtomatskega doziranja je bila dodana zahteva po neposredni povezavi obeh mikro računalnikov z glavnim računalnikom jeklarnе PDP11/40. To zahtevo sta skupaj rešila dobavitelj dozirnih naprav in železarna Ravne. Med drugim je morala železarna izdelati vse programe za PDP11/40 računalnik.

Glavni računalnik pošlje na topilčevo zahtevo na mikro računalnik podatke o količinah in vrstah materiala, ki ga je treba stehitati in dozirati.

Po opravljenem doziranju posameznega materiala mikroročunalnik pošlje na PDP11/40 računalnik povratne informacije o dejanski stehitani in dozirni količini. Te povratne informacije se pošiljajo na glavni računalnik, tudi če ni poslana zahteva za doziranje, saj je mogoče tehtati in dozirati brez povezav z glavnim računalnikom jeklarnе. Pošiljanje zahteve za tehtanje in doziranje iz enega računalnika na drugega je narejeno zato, da se izognemo pretipkavanju podatkov iz enega terminala na drug. Še pomembnejše pa so povratne informacije o dejansko dozirani količini posameznega materiala. Ti podatki so koristni za sprotne pokalkulacije, obračun proizvodnje in polnjenje banke podatkov TKR.



Slika 4

Vključitev VAD in avtomatskega doziranja v računalniški sistem jeklarnе Železarne Ravne

Fig. 4

Inclusion of VAD and automatic feeding into the computer system of steel plant in Ravne Ironworks

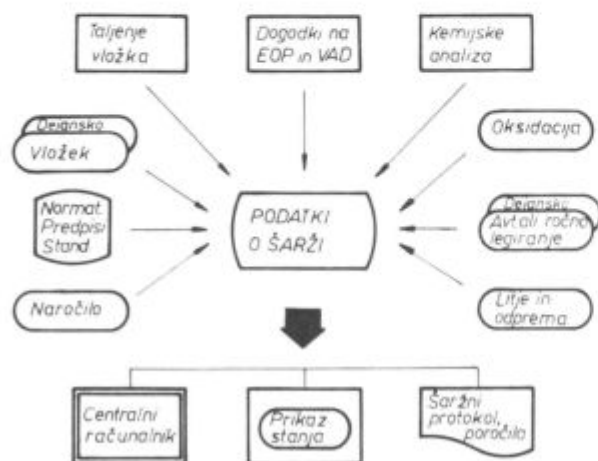
Tako zbrani podatki so točnejši in zanesljivejši. Tekoče kažejo dejanske stroške izdelave posamezne šarže in nepravilnosti pri vodenju šarž.

6. SPREMLJANJE PROIZVODNJE NA EOP IN VAD

Za tekoče operativno krmiljenje proizvodnje na EOP in VAD je treba imeti sprotan pregled nad dogajanjem pri posamezni peči in primerjavo stanja z normativi, standardi in predpisi. Tako se pokažejo odstopanja od normativnih časov izdelave posameznih tehnoloških faz, specifične porabe električne energije, porabe metalnih in nemetalnih materialov, odstopanja od predpisane kemične sestave taline med izdelavo šarže in od tehnoloških predpisov izdelave posameznega jekla. Takojšnje opozarjanje pri večjih odstopanjih, ki se manifestira predvsem skozi višje stroške izdelave šarže ali slabo kakovost izdelanega jekla, pripomore k hitrejšemu reagiranju in odpravljanju napak. Takojšen obračun stroškov posamezne šarže omogoča tudi primerjavo med šaržami iste vrste jekla in različnimi pogoji dela. Struktura stroškov izdelave jekla nas opozarja, da moramo pri dobrem gospodarjenju paziti predvsem na stroške materiala, ki zaradi neprimerne vložke ali negospodarnega legiranja hitro prekoračijo sprejemljive vrednosti. Odstopanja so lahko hitro za nekajkrat višja, kot znaša vrednost vložene dela.

Neposredno zajemanje podatkov med procesom izdelave šarže je vezano na avtomatsko registriranje in prenos podatkov v računalnik ter ročno vtipkavanje po-

datkov. Avtomatsko se prenašajo vsi podatki v zvezi z električno energijo, alarmi, dogodki na peči (n.pr. izliv šarže), kemične analize in podatki o avtomatskem doziranju, kadar ta nastopa. Ročno pa se morajo vtipkati podatki o dejanskih težah vložka, porabi ferolegur (kadar ni uporabljeno avtomatsko doziranje), podatki iz livne jame in podobno. Podatki o šarži se pričnejo zbirati z aktiviranjem naročila in se med proizvodnim procesom dodajajo (slika 5). To se dela za vsako šaržo posebej in za vse EOP in VAD hkrati.



Slika 5
Zbiranje, prenos in prikaz podatkov šarže
Fig. 5
Collecting, transfer, and presentation of data for heats

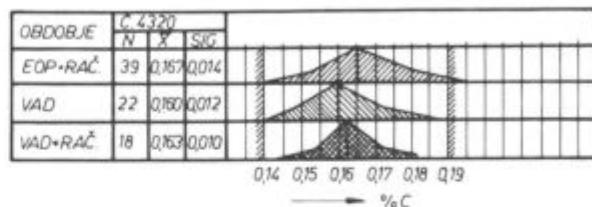
Podatki se prenašajo tudi na centralni računalnik za potrebe obračuna, ekonomskih analiz in polnjenje banke podatkov TKR.

7. PRVI REZULTATI UPORABE RAČUNALNIKA NA VAD

Ena od prednosti, ki smo jo od nove VAD naprave pričakovali, je bilo tudi manjše trosenje legirnih elementov v končni analizi. Ugotovili smo, da so se porazdelitve vseh legirnih elementov zožile že v poskusnem obdobju pred uporabo računalnika, kar potrjuje znano dejstvo, da je legiranje pri VAD postopku zanesljivejše od legiranja v EOP. Ob uvedbi legiranja s procesnim računalnikom nas je zanimalo, če je možno rezultate legiranja še izboljšati. Rezultati porazdelitev legirnih elementov pri šaržah, kjer smo dodatek ferolegur izračunavali s procesnim računalnikom, kažejo, da smo dosegli dodatno zmanjšanje trosenja legirnih elementov.

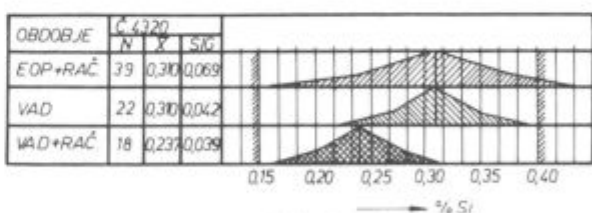
Na sliki 6 do 9 je prikazana primerjava porazdelitev končnih vsebnosti C, Si, Mn in Cr med šaržami, izdelanimi v EOP in VAD napravi, za cementacijsko jeklo EC80. Iz omenjenih slik je razvidno, da se je širina porazdelitve zožila pri C za tretjino, pri Si, Mn in Cr pa kar za polovico!

Za ogljik (slika 6) velja, da smo dosegli pri šaržah, izdelanih na VAD napravi, nižjo srednjo vrednost in manjšo standardno deviacijo v primerjavi s šaržami, izdelanimi v EOP. Območje 95 % zanesljivosti je pri VAD šaržah v mejah analiznega predpisa; pri šaržah, izdelanih v EOP, pa je ogljik pri 10 % šarž nad zgornjo mejo analiznega predpisa. Tudi pri Si je opazno znižanje



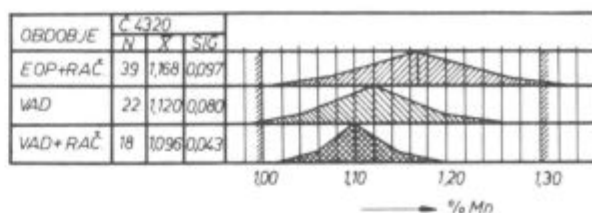
Slika 6
Primerjava lege in širine porazdelitve % C pri legiranju v EOP in VAD

Fig. 6
Comparison of the position and the width of carbon distribution in alloying in EOP and VAD



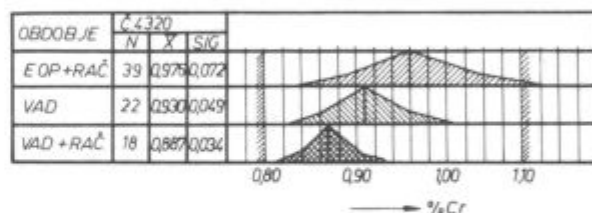
Slika 7
Primerjava lege in širine porazdelitve % Si pri legiranju v EOP in VAD

Fig. 7
Comparison of the position and the width of silicon distribution in alloying in EOP and VAD



Slika 8
Primerjava lege in širine porazdelitve % Mn pri legiranju v EOP in VAD

Fig. 8
Comparison of the position and the width of manganese distribution in alloying in EOP and VAD



Slika 9
Primerjava lege in širine porazdelitve % Cr pri legiranju v EOP in VAD

Fig. 9
Comparison of the position and the width of chromium distribution in alloying in EOP and VAD

srednje vrednosti in standardne deviacije v primerjavi s šaržami, izdelanimi v EOP. Pri manganu se je trosenje občutno zmanjšalo. Območje 95 % zanesljivosti je pri VAD šaržah v mejah analiznega predpisa; pri šaržah,

izdelanih v EOP, pa je mangan pri 7 % šarž pod predpisano mejo, v 10 % šarž pa nad njo. Podobni, oziroma še boljši rezultati so pri kromu, kjer predstavlja območje 95 % zanesljivosti le polovico širine analiznega predpisa, kar pomeni, da lahko cilj za krom po potrebi spreminjamo.

8. REFERENCE

1. Šegel J.: Uporaba procesnega računalnika v elektrojeklarni (Approaches to computercontrol in meltshop steelmaking) Third international iron and steel congress 1978, Chicago, USA, proceedings Železarski zbornik 12-1978-2, str. 37—47
2. Rodič J., Šegel J.: Application of a meltshop process computer system for quality control functions. Sixth international vacuum conference — International conference on special melting, San Diego, California, USA, april 23—27, 1979, proceedings p. 798—819
3. Šegel J., Bratina J.: Praktische Erfahrungen der Rechneranwendung in der Schmelzmetallurgie ETH — Kolloquium für Materialwissenschaften, Juni 1979, Zürich
4. Šegel J.: Coordination and adaptation of optimized computer models in meltshop, 3rd Arc Furnace Meeting, Miskolc, Hungary, sept. 1981
5. Šegel J.: Izkušnje pri uporabi procesnega računalnika v jeklarni, Železarski zbornik, 17-1983-3, str. 129—135

ZUSAMMENFASSUNG

Die Eigenheiten der Anwendung eines Rechners beim Betreiben der Lichtbogenöfen in Verbindung mit einer VAD Anlage werden gezeigt. Die Betonung gilt den Ergebnissen und Vergleichen der Anwendung des Rechners in der Legierungsphase. Dabei wird das Prinzip der automatischen Dosierung der Ferrolegierungen in Verbindung mit dem Prozessrechner und die Bedeutung des Informationssystems der che-

mischen Analysen für das Stahlwerk vorgestellt. Bei der immer schärferen wirtschaftlichen Lage ist der Wirtschaftlichkeit der Stahlerzeugung grössere Sorge zu widmen. Dieses wird möglich, wenn für jede einzelne Schmelze die Erzeugungsbedingungen mit den Normverträuchen, Normen und technologischen Vorschriften verglichen werden.

SUMMARY

Basic characteristics of the computer application on electric arc furnaces and in VAD ladle metallurgy are presented. The emphasis is given to the results and comparisons of computer application during the stage of alloying. Simultaneously also the principle of automatic feeding of ferroalloys connected to the process computers and the importance of the infor-

mation system of chemical analyses for the steelmaking plant is given. In strained economic conditions a great care must be attended to the economy of steelmaking which is possible only by simultaneous presentation of the state of manufacturing of single heats, comparing with standards and technological specifications.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены характеристики применения счётчика при производстве стали в электродуговой печи и при ковшевой технологии VAD. Внимание сосредоточено на результаты и на сравнения применения счётчика в фазе легирования. При этом предложен также принцип автоматической дозировки ферросплавов в связи с вычислительными машинами для управления производственным процессом и значением информационной системы химического анализа

при выплавки стали. При все более натянутой экономической ситуации оказывается необходимость посвятить все больше внимания на экономию изготовления стали. Это возможно при условии: когда бы то не было иметь ясное представление о изготовлении каждой отдельной плавки с сравнением с нормативами, стандартами и техническими предписаниями.

PROIZVODNI PROGRAM

VERIGE

tehnične:

- za dvigala in potezne naprave
- za elevatorje in transporterje
- bremenske eno in več stremenske
- sidrne za rečno in morsko ladjevje
- za vlek in signalne naprave

za široko potrošnjo:

- meterske, ploske, sukane, opremljene za živino, vprego in strojne naprave

avto snežne, zaščitne verige in terenske verige za delovne stroje.

Kot specialni program izdelujemo ognje- in kislino odporne verige in posebno odporne proti obrabi.

Vse gornje verige izdelujemo po standardu ali posebni zahtevi kupca.

Dobavljamo v naravno črni, svetlo čiščeni, črno lakirani, galvansko ali toplo cinkani izvedbi.

Za verige izstavljamo atest o preizkusu.

VIJAKI

- lesni
- iver
- krovni
- hanger
- kovinski

KOVICE

- za pločevino, ograje, sode
- tečajne

RAZCEPKI ŽIČNIKI

- specialni, ladijski, navadni

Izven rednega programa izdelujemo vse specialne vijake in kovice po načrtih.

ODKOVKI — pomorska oprema

škopci, omče, vrtni locnji
natezne matice, žične spone
odkovki po naročilu

KOVAŠKI DELI

verižni obodi, kavliji
vezni elementi za transporterje
elevatorje in dvigala
kovaški deli po dogovoru — risbi

INDUSTRIJSKA OPREMA

elementi industrijske pnevmatike in hidravlike
delovni in udarni cilindri
razvodniki in armature v širokem spektru
pnevmatske in hidravlične naprave
male stiskalnice
specialni stroji in naprave
naprave za merjenje in regulacijo fluida
bimetalni termometri
vsi projekti fluidne tehnike.

SLOVENSKE ŽELEZARNE
VERIGA
LESCE □ ALPSKA 43

tovarna verig, vijakov, odkovkov, orodij, pnevmatsko-
hidravličnih naprav, industrijske opreme in meril



KEMIJSKA PROBLEMATIKA OB UVAJANJU PONOVCNE METALURGIJE V ŽELEZARNI RAVNE

DK: 543.51:669.141.25

ASM-SLA: S11, STb, RMq, D9s, D8

Jože Žlof *

Ponovna tehnologija, ki predstavlja v primerjavi s klasično izdelavo jekla občuten vzpon na metalurški kakovostni lestvici, zahteva od kemijske službe pogosto, hitro, celovito in zanesljivo informacijo o kemični sestavi taline in žlindre. Tako obsežni in zahtevni problematiki — ob hkratnem časovnem pritisku — pa so kos le fizikalno-kemične metode; te so v našem primeru predvsem emisijske in rentgenske spektralne metode, ko gre za določevanje večine elementov, ki so navzoči v jeklu v trdnem agregatnem stanju, ter metode, ki temelje na »sežigu« vzorcev pri visoki temperaturi in detekciji nastalih komponent po principu toplotne prevodnosti ali infrardeče absorpcije, ko gre za določevanje plinov.

V sestavku so na kratko prikazani glavni postopki, ki smo jih morali uvesti, dopolniti, spremeniti ali opustiti, da smo v novih okoliščinah čim bolj smotrno sinhronizirali pretok podatkov med jeklarno in kemijsko službo.

UVOD

Prispevek je namenjen predvsem metalurgom — strokovnjakom, ki načrtujejo, uvajajo in izpopolnjujejo tehnologijo proizvodnje, pa tudi tistim, ki jeklo neposredno izdelujejo, saj lahko tako prvi kot drugi — če poznajo vsaj okvirno operativne karakteristike in zmogljivosti pomembnejših aparatov v kemijski službi — poskrbijo, da bo med jeklarji in kemiki čimmanj »nesporazumov«. Samo malce je treba pobrskat po statističnih podatkih in že se prepričamo, da je v večini primerov, ko metalurg podvomi o pravilnosti kemične analize oziroma kemik o upravičenosti metalurških argumentov, kriv nepravilno vzeti ali površno pripravljen preizkušaneec za kemično analizo, zato upam, da bo sestavek, v katerem sem namerno namenil več pozornosti jemanju in pripravi vzorca, kot pa sami analizi, spodbudil k razmišljanju o pravilnem vzorčenju tudi tiste, ki doslej za to delikatno opravilo iz kakršnihkoli razlogov niso imeli pravega posluha.

KVANTOMETRSKA ANALIZA JEKLA

V železarni Ravne opravljamo kemične analize za jeklarno in jeklolivarno v vseh fazah izdelave jekla in v fazi atestiranja izdelanega jekla (razen C, S in plinov) z dvema kvantometroma švicarske tvrdke ARL — z emisijskim kvantometrom 31000 in rentgenskim kvantometrom 72000.

Emisijski kvantometer ima obširnejši program (več elementov, več kanalov) kot rentgen, je zelo občutljiv in primeren za določevanje nizkih koncentracij oligoelementov in mikrolegiranih elementov, razmeroma dobro

določuje elemente z nizkim atomskim številom, kot sta B in C, ki ju rentgen v tej izvedbi ne more določevati, in nekatere, kot As, Sn in Al (v nizkih koncentracijah), ki jih rentgen sicer določuje, a precej manj natančno. Manj primeren je za določevanje visokih koncentracij (pri tem mislimo na koncentracije nad 30 %), skoraj neuporaben pa za analizo nekonduktorjev. Na nekoliko slabšo ponovljivost meritev dostikrat vpliva mikronehomogenost vzorca.

Nasprotno pa je ena glavnih odlik rentgenskega kvantometra prav njegova odlična reproduktivnost meritev. Z njim lahko določujemo koncentracije, ki se približujejo 100 %; nenadomestljiv pa je tudi pri hitri analizi nekonduktorjev, kot so žlindre, sintri in podobne snovi — torej pri materialih, ki jih je treba v železarni stalno ali pa zelo pogosto analizirati.

Iz prikazane primerjave ni težko ugotoviti, da se kvantometra idealno dopolnjujeta. Osnovni program za analizo jekla je izvedljiv na obeh kvantometrih, zato ne prihaja do nikakršnih zastojev v proizvodnji, če kateri od njiju iz kakršnihkoli razlogov — največkrat seveda zaradi okvar ali rednega vzdrževanja — ne obratuje. Izračunavanje rezultatov kemičnih analiz je avtomatsko, saj ima vsak od omenjenih kvantometrov svoj računalnik PDP 11/05. Podatki o kemični analizi s posameznega kvantometra — ali z obeh hkrati — se zbirajo v »mešalniki« (dispečerska postaja, ki jo sestavljata video terminal in tiskalni terminal), ta pa jih preko dislociranega procesnega računalnika PDP 11/40 J pošilja ustreznim pečem v jeklarno. Če gre za analize končnih vzorcev, dobijo potrebno informacijo tudi ostali obrati in priprave dela.

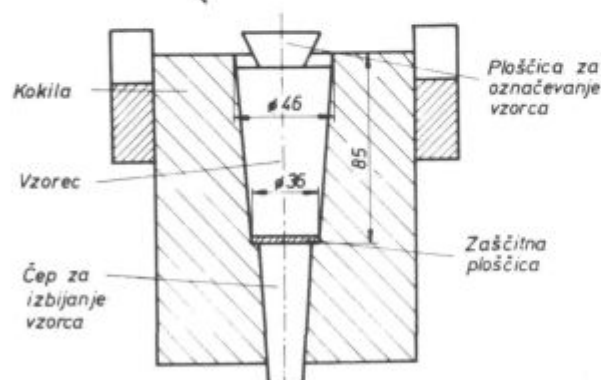
Ta avtomatizacija je precej skrajšala povprečni čas analize in odstranila človekov faktor — kot vir napak — pri prepisovanju različnih podatkov in ocenjevanju odmikov od analiznih predpisov. Predstavlja resno izboljšavo in predhodnico nadaljnjih izpopolnjevanj in prilagoditev kemijskih storitev razmeram ponovčne tehnologije.

Pri spektralni analizi preiskujemo pravzaprav mikro količine snovi. Pri emisijski metodi izpari v času vzbujanja samo nekaj miligramov materiala, in to z zelo majhne površine vzorca. Pri izvajanju rentgenske fluorescenčne analize je površina, namenjena vzbujanju, sicer precej večja (ca. 5 cm²), vendar je celoten volumen vzbujene materije razmeroma majhen, ker znaša globina, do katere prodra primarni rentgenski žarki, le nekaj μ m. Količina vzorca, ki sodeluje pri analizi v procesu vzbujanja, je torej v obeh primerih enakega velikostnega reda in je s količino taline, recimo v 40-tonski peči, približno v razmerju 1 : 10¹⁰. To pa pomeni, da je prvi pogoj za pravilno kemično analizo, ki temelji na merjenju jakosti spektralnih črt, reprezentativen preizkušaneec.

Pri klasični izdelavi jekla smo uporabljali za jemanje kvantometrih vzorcev že ustaljeni postopek (zaje-

* Jože Žlof, dipl. inž. kemije je vodja spektroskopskih laboratorijev v železarni Ravne

manje taline iz peči z zajemalko in litje v ustrezno kokilo) — sl. 1; ta način jemanja ima v primerjavi z ostalimi obstoječimi določene prednosti, a tudi hibe. Med prednosti lahko uvrščamo razmeroma enostavno izvedbo, dobro prilagajanje delovnim razmeram in — kar je najpomembnejše — dobro aktivno površino vzorca. Slaba stran tega načina pa je v tem, da lahko talina v zajemalki reagira z žlindro in z zrakom. Reakcija med žlindro in talino je intenzivnejša, če opravimo dezoksidacijo v zajemalki. V tem primeru lahko pride do določenih sprememb kemične sestave.



Slika 1
Shema klasične kokile z vzorcem

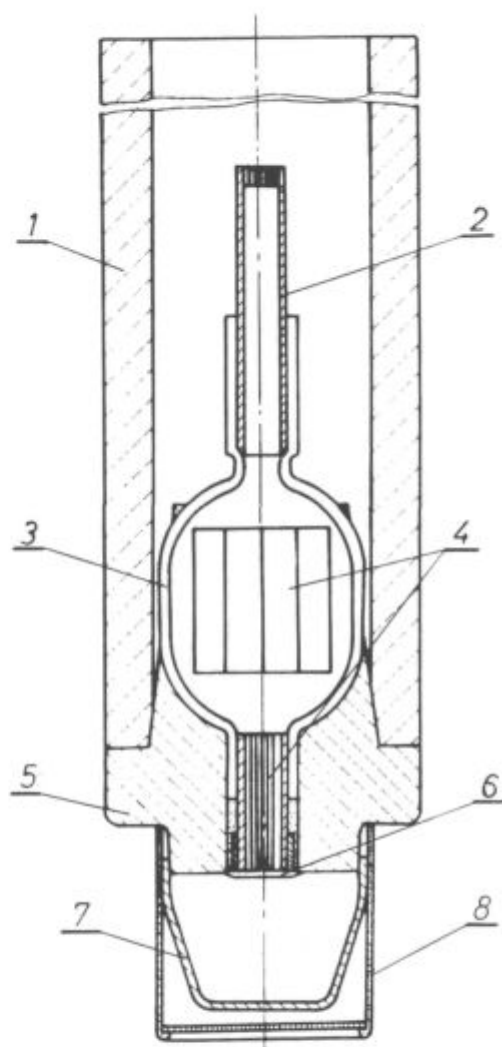
Fig. 1
Scheme of standard mould with the sample

Spektrokemične metode spadajo v skupino tako imenovanih primerjalnih metod, ki temeljijo na predhodni umeritvi, kar pomeni, da je treba za umerjanje aparatur uporabiti klasično analizirane referenčne standarde, ki so v vseh glavnih karakteristikah identični kasneje analiziranim vzorcem. Imeti morajo v določenih mejah enake kemične, spektrokemične, metalurške in mehanske lastnosti. Pri dosednji tehnologiji smo te pogoje striktno izpolnjevali, saj smo kvantometra umerili s sistematično izbranimi standardi iz redne proizvodnje. V jeklarni so izbrusili tehniko jemanja, v službi za kemijo pa z ustreznimi obdelovalnimi stroji skrčili nadaljnjo pripravo vzorca na približno minuto (hlajenje, brušenje, etiketiranje). Večletne izkušnje so pokazale, da je klasična oblika vzorca (prisekani stožec) ob upoštevanju pravil za jemanje in pripravo nadvse primerna; analiza je zanesljiva in hitra, saj je vzorec reprezentativen in ugoden za obdelavo.

Pri novi tehnologiji bomo ohranili klasični postopek za jemanje preizkušancev iz talilne peči (po raztalitvi vložka in fazi oksidacije) in za jemanje končnega vzorca iz curka livne ponovce. Za jemanje taline iz rafinacijske ponovce pa ta postopek ne pride v poštev, saj imamo v tem primeru opraviti z vakuumskim sistemom, v katerega ne moremo poljubno posegati.

V preteklem desetletju so številne tvrdke, med katerimi so najbolj poznane »ARL« — Švica, »LECO« — ZDA, »ELECTRONITE N. V.« — Belgija in »POLDI« — Češkoslovaška, namenile veliko pozornosti uvajanju tako imenovanih sond, s katerimi so zaradi njihovih fleksibilnosti dosegli večje poenotenje jemanja preizkusnih vzorcev jekla in surovega železa. Ta čas je na trgu na voljo vrsta tehnično dognanih sond, ki se med proizvajalci razlikujejo tako rekoč le v oden-

kih. Na tem mestu bom na kratko predstavil sondo firme »ELECTRO-NITE N. V.«, in sicer model SA 4050 0900, ki je po tehnološki in tehnični plati ta hip najbolj dovršen in za naš pestri proizvodni program najprimernejši.



- | | |
|--------------------|---------------------------|
| 1 Kartonska cev | 5 Peščena školjka |
| 2 Kremenova cevka | 6 Zaščitni pokrovček |
| 3 Kalup | 7 Jeklena zaščitna kapa |
| 4 Dezoksidant - Zr | 8 Kartonska zaščitna kapa |

Slika 2

Shema sonde firme »ELECTRO-NITE« (Model SA 4050 0900)

Fig. 2

Scheme of "ELECTRO-NITE" (model SA 4050 0900) probe-taker

Slika 2 prikazuje shemo te sonde. — Telo sonde predstavlja kartonska cev, dolžine 900 mm. V eno stran cevi je vstavljena sonda v ožjem pomenu besede. Centralni del sonde je mandolinasti kalup, ki ga sestavljata simetrično oblikovani polovici iz nizkoogljene jeklene pločevine. Kalup je vstavljen v kemično in termično popolnoma inertno peščeno školjko. Nos sonde oblikujeta zaščitni kapi — prva kartonska, druga iz tanke pločevine — ki preprečujeta pri prehodu sonde skozi plast

žlindre vsakršno kontaminacijo. V spodnji zoženi del kalupa je vstavljena pločevinasta polnilna cevka (nekateri jo imenujejo tudi hladilna cevka!), v zgornji zoženi del pa kalibrirana kremenova cevka, na koncu katere je mrežasta vzmec, ki v času polnjenja cevke omogoči umik plinov, zadrži pa talino. Vhod polnilne cevke zapira tanka pločevinasta kapica (debeline 0,3 mm), in ko se v kovinski kopeli raztali še ta, začne talina polniti kalup.

Ker je ta model sonde namenjen jemanju nepomirjenega jekla, ima seveda ustrezno količino dezoksidanta, in to cirkonija; manjši del tega se nahaja v polnilni cevki v obliki nagubane pločevine, večji del pa v samem modelu v obliki gladke rebraste pločevine.

Način jemanja

Sondo natakemo na kopje primerne dolžine (spoj na podlagi trenja!); tako podaljšano sondo vstavimo v posebno komoro merilnega stolpa, skozi katero jo potisnemo pravokotno v talino rafinacijske ponovce do globine kakih 50 cm. Skozi plast žlindre moramo sondo potisniti kar se da hitro, medtem ko zadrževanje sonde v kopeli omejimo na interval od 3 do 10 sekund. V tem času se kalup — po principu ferostatičnega pritiska — napolni s čisto, pomirjeno in homogenizirano talino. Jemanje vzorcev iz rafinacijske ponovce je avtomatizirano (celoten čas jemanja in čas mirovanja sonde v talini je moč programirati!); enak tip sonde pa je možno uporabiti tudi za ročno jemanje. Preden se pomudim pri samem vzorcu, še nekaj besed o dezoksidantih!

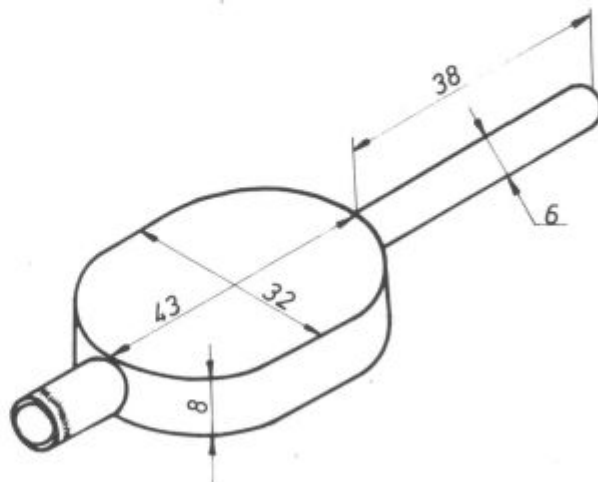
Dezoksidanti

Od dezoksidantov zahtevamo, da izpolnjujejo naslednje kriterije: da se pri obstoječi temperaturi v talini hitro in popolnoma raztalijo, da hitro reagirajo s kisikom, da so dovolj razširjeni in poceni, da niso zdravju škodljivi, da pri vzbujanju ne dajejo močnega ozadja in da njihove spektralne črte ne povzročajo pozicijskih motenj pomembnim črtam določevanih elementov. V praksi se uporabljajo v te namene v glavnem trije elementi: Al, Ti in Zr. Doslej je bil največ v rabi Al, ki je istočasno tudi najbolj poceni. Če je Al določevani element, moramo talino pomiriti s Ti ali Zr. Izmed te trojice je Ti najšibkejši dezoksidant, zato ga dostikrat uporabljamo le kot dodatni dezoksidant, če želimo dobiti vzorec kakovostne strukture. V novejšem času pa je Zr tisti, ki prevzema vlogo univerzalnega dezoksidanta. — Ima še nekoliko večjo afiniteto do kisika kot konvencionalni Al, dobro se prilagaja vsem načinom jemanja (od nizkih temperatur v livnih kadeh do visokih v obročnih pečeh) in vsem tehnikam določevanja kemične sestave. Treba je poudariti, da dobimo v vzorcih, pomirjenih z Al, dostikrat vključke Al₂O₃, ki otežujejo spektralno analizo — predvsem na emisijskih kvantometrih, medtem ko je vzorec, pomirjen s Zr, glede homogenosti popolnoma brezhiben.

Vzorec

Ko potegnemo sondo iz taline, jo snamemo s kopja, udarimo z njenim čelnim delom ob tla ali kak trden predmet, da se peščena školjka zdrobi, nato udarimo ob tla z zadnjim delom cevi in vzorec s kalupom in ostalimi pritisklinami pade na tla. Vzorec, katerega obliko in mere vidimo na sliki 3, je sestavljen iz treh delov: na levi strani je kratka paličica, ki je iz znanih razlogov nehomogena in za kakršnokoli analizo neuporabna; sredinska ploščica se uporablja predvsem za kvantometriško analizo, iz nje pa je moč napraviti tudi ostružke za morebitno klasično kontrolo. Desni paličasti podaljšek

vzorca, za katerega se je že udomačil angleški izraz »pin«, pa je namenjen za redno določevanje ogljika in žvepla ter po potrebi za določevanje kisika in dušika. Pri klasičnem jemanju (z zajemalko in kokilo) je treba pin vzorec vzeti posebej s primerno vakuumsko ampulo, medtem ko je vzorec, vzet s sondo, dvonamenski.



Slika 3

Shematski prikaz vzorca, vzetega s sondo

Fig. 3

Schematic presentation of the sample taken by the probe-taker

Označevanje vzorca

Označevanje vzorca s papirnato etiketo smo a priori izločili. Pri tem načinu bi morali namreč vzorec takoj pri peči — preden bi ga označili — v vodi ohladiti, kar bi oteževalo njegovo nadaljnjo mehansko obdelavo, ker bi se pri forsiranem hlajenju zakalil. Poleg tega bi morali pisati v vzorčevalnici še rezervno etiketo, saj bi se prvotna zaradi večkratnega hlajenja v fazi brušenja poškodovala (strgala ali odlepila). Zato smo izdelali izvirno signirno napravo, ki vtisne oznako v vzorec, ko je ta še vroč.

Napravo sestavljata dva glavna dela: držalo signirnih elementov in podložna plošča. Signirne elemente s števki velikostnega razreda 4 mm in s stebлом kvadrata 6 mm vpneemo v držalo s krilnima vijakoma. Zgornjih pet števki je namenjenih za označevanje šaržne številke, spodnja pa rabi za oznako zaporedne številke preizkušanca. Držalo je privarjeno na ročaj dolžine 250 mm. Podložna plošča (150 × 150 × 40 mm) ima z zgornje strani vdelan utor, prilagojen obliki vzorca, z bočne strani pa privarjen ročaj, da jo lažje prestavljamo. Označevanje samo je razmeroma enostavno; vzorec vstavimo v utor podložne plošče, signirno glavo nastavimo na površino vzorca kar se da pravokotno in s primernim kladivom zmerno udarimo po temenu signirne glave.

Priprava vzorca za analizo

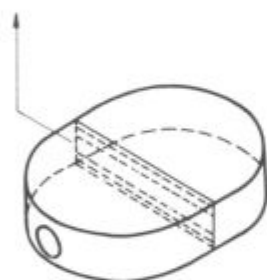
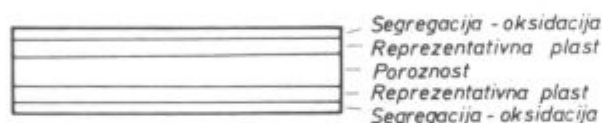
Označeni vzorec pošljemo s pnevmatsko pošto v vzorčevalnico. Med potjo se ravno toliko ohladi, da ga lahko s pripravnimi kleščami vpneemo v primerno oblikovano dvodelno čeljust, ki je gibljivo pritrjena na ohišje ločilnega stroja. Na os stroja je montiranih pet rezalnih plošč, katerih medsebojna razdalja je nastavljena tako, da razrežejo vzorec čimbolj racionalno. Ena plošča odreže krajši, neuporabni pin, ostale štiri plošče pa

razrežejo daljši pin na štiri dele, od katerih tri (vsak ima približno maso 1 g) uporabimo za določevanje ogljika in žvepla, končni del, v katerega je utaljena spiralna vzmet, pa zavržemo.

Novim razmeram rezanja smo prilagodili stroj (znamke HERZOG), ki smo ga predtem uporabljali za rezanje klasičnih pinov, dolžine 10 cm in premera 4 mm. Na novo smo izdelali čeljust podajnega mehanizma, medtem ko smo za smotrno razvrstitev rezalnih plošč morali obstoječo gnano os ustrezno modificirati.

Če uporabimo pin samo za določevanje ogljika in žvepla, ga pred analizo ni treba posebej čistiti, če pa nam rabi za določevanje kisika in dušika, mu moramo s površine odstraniti tanko oksidno plast z brušenjem ali s peskanjem s silicijevim karbidom.

Vzorec za spektralno analizo — rentgensko in emisijsko — pa mora imeti brezhibno obdelano vzbujevalno površino. Četudi vzorec ne kaže površinskih napak (hrapavost, razpoke itd.), je zaradi oksidacijskih in segregacijskih procesov zunanja plast za kvantometriko analizo neuporabna. Slabše kakovosti je tudi sredina vzorca zaradi poroznosti kot posledice krčenja materiala. Tipično porazdelitev posameznih plasti v vzorcu mandolinaste oblike prikazuje slika 4.



Slika 4

Tipična porazdelitev plasti v vzorcu mandolinaste oblike

Fig. 4

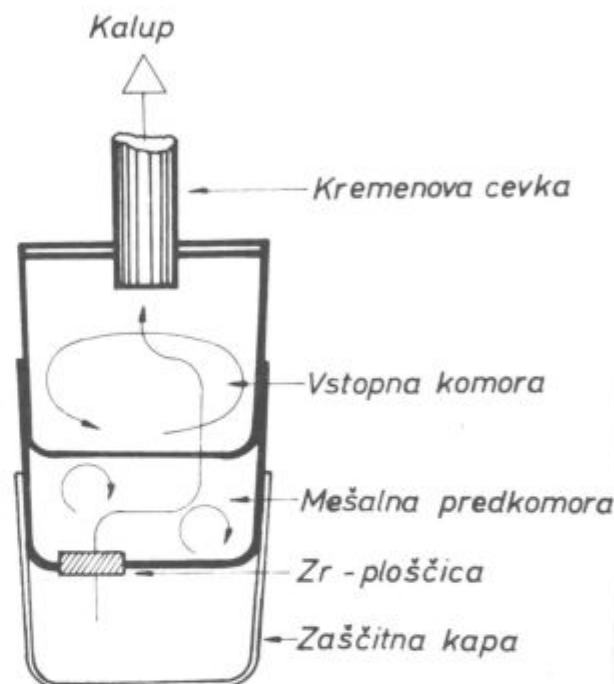
Typical distribution of the layer in the mandoline-like sample

Raziskave so pokazale (podobne podatke pa najdemo tudi v strokovni literaturi), da moramo odstraniti 1 do 2 mm debelo površinsko plast, če želimo priti do reprezentativne ploskve. Za posnetje tega sloja sta primerna predvsem dva načina: rezkanje za mehkejši material in brušenje za trše kvalitete. V oddelku mehanske obdelave železarne Ravne bodo za ta namen izdelali specialni rezkalni stroj, prilagojen za obdelavo vzorcev v obliki ploščic. Seveda je smotrno, da z rezkanjem posnamemo površino, ko je vzorec še vroč, in ga v vodi ohladimo šele pred zaključnim brušenjem!

Ta čas pa uporabljamo za odstranjevanje nehomogene plasti — za mehke in za trde kvalitete — grobobrutilni stroj (z masivno brusilno ploščo). Ker je vzorec tanek, ga pri brušenju ne moremo držati neposredno z roko, ampak le z ustreznimi pripomočki. Za brušenje magnetnih kvalitete smo izdelali posebno držalo, opremljeno z močnim magnetom in mehanizmom za enostavno in hitro ločitev ploščice od držala po končanem brušenju. Vzorce nemagnetnih jekel držimo z mehanskim kleščnim držalom. Brušenje opravimo v treh fazah: najprej na grobobrutilnem stroju, nato na brusil-

nem papirju, zrnatosti 60, in končno na papirju, zrnatosti 80 (zrnatost podana po DIN — normah!). Vzorec se pri brušenju močno greje, zato ga je treba večkrat hladiti. Vse faze brušenja s hlajenjem vred trajajo zaenkrat kako minuto. Ko pa bomo vključili v obdelavo še rezkalni stroj, povprečni čas priprave kvantometriškega vzorca ne bi smel presegati 30 sekund.

Iz velike družine sond »SAMP-O-LINE«, firme ELECTRO-NITE, smo poleg opisanega modela preizkusili še nekatere druge. Našim razmeram bi prav tako ustrezal model SA 3252 0900, ki ima namesto polnilne cevke vgrajeni dve komori — mešalno in vstopno (slika 5), v katerih se talina dobro dezoksidira in homogenizira, preden zapolni kalup.



Slika 5

Shema homogenizacijske komore

Fig. 5

Scheme of the homogenization chamber

Čeprav sta tako pri modelu s polnilno cevko, pa tudi pri modelu s homogenizacijsko komoro na voljo tudi izvedbi s Ti oziroma z Al kot dezoksidantom, dajem prednost izvedbi s Zr.

ANALIZA ŽLINDRE Z RENTGENSKIM KVANTOMETROM

Z vidika kemične sestave so žlindre razmeroma zapletene snovi, zlasti če gre za žlindre, ki spremljajo izdelavo legiranega in močno legiranega jekla, kot je običajno to primer v naši železarni, zato je klasična kemična analiza teh materialov dokaj zahtevna, dolgotrajna in temu primerno tudi draga. Prav ponovna metalurgija, ki zahteva v primeri s klasično tehnologijo »pogostejšo in hitrejšo« analizo žlinder, posebej še v obdobju, ko metalurgi raziskujejo parametre, na podlagi katerih bodo predpisali optimalne tehnološke postopke za izdelavo posameznih vrst jekel, je bila povod, da smo se v službi za kemijo odločili za postopen prenos analize žlinder na rentgenski kvantometer.

Pri tej relativni metodi pa, kot vemo, moramo imeti za umeritev aparature na voljo večje število skrbno pripravljenih in natančno analiziranih standardov.

Jemanje vzorcev žlindre

Sistematičnega zbiranja vzorcev smo se lotili že pred dobrim letom in pol. Kemijska služba je napravila seznam kvalitet (tabela 1), pri katerih so v topilnici v času redne proizvodnje med izdelavo šarže v tipičnih fazah (po raztalitvi, po oksidaciji in pred izlivom) vzeli po ca. 1 kg žlindre. Kvalitete smo izbrali tako, da ima vsaka pomembnejša vrsta jekla v tem izboru svojega predstavnika. Tako smo prišli do avtentičnih vzorcev, ki pokrivajo realno pričakovana koncentracijska področja vseh sestavin, karakterističnih za žlindre pri proizvodnji jekel v naši železarni. Da smo se izognili onečiščenju vzorcev pri samem jemanju, smo izdelali posebno posodo iz nerjavne pločevine (oblika pekača), v katero smo s klasično zajemalko prenesli žlindro iz peči.

Tabela 1: seznam kvalitet, pri katerih so bili vzeti vzorci žlindre

Zap. št.	Oznaka	Oznaka	Zap. št.	Oznaka
1.	Č.1530 C 45	17.	Č.5421 ECN 200	
2.	Č.2332 65 Si 7	18.	Č.6445 Osikro sp.	
3.	Č.4146 OCR 4 ex. sp.	19.	Č.6453 Utop sp.	
4.	Č.4321 EC 100	20.	Č.6880 BRW	
5.	Č.4561 Ravnin 2	21.	Č.6881 BRW 1	
6.	Č.4570 Prokron 2 sp.	22.	Č.8140 145 V 33	
7.	Č.4572 Prokron 11 sp.	23.	Č.9681 BRCV	
8.	Č.4574 Prokron 12 sp.	24.	Č.9682 BRC 3	
9.	Č.4577 Prokron 15	25.	Č.9780 BRC Mo	
10.	Č.4581 Prokron 9	26.	Č.9880 OSV 1	
11.	Č.4734 VCMo 230	27.	Č.13460V 12 MnCr L	
12.	Č.4750 OCR 12 ex.	28.	Č.14273 Prokron 16 L	
13.	Č.4757 Utop Mo 4	29.	Č.14576 Prokron As L	
14.	Č.4870 28-30-4-N	30.	Č.14785 CRH 77 L	
15.	Č.4961 Ravnal 2	31.	— X 45	
16.	Č.4970 Prokron 10	32.	— Utop Ti L	

Kemična analiza

Kemično analizo vzorcev žlindre smo opravili s preizkušenimi klasičnimi metodami (gravimetrija, volumetrija, potenciometrija), s spektrofotometričnimi metodami, z metodami atomske absorpcije in induktivno priklopljene plazme (ICP) ter z metodami ionoselektivnih elektrod. Da ne bi prišlo do morebitnih sistematičnih napak, smo vsako sestavino določili po najmanj dveh metodah. Tabela 2 prikazuje koncentracijski interval posameznih komponent analiziranih vzorcev.

Tabela 2: Koncentracijsko področje posameznih sestavin v vzorcih žlindre

sestavina	konc. podr. (%)	sestavina	konc. podr. (%)
SiO ₂	6,1 — 39,5	V ₂ O ₅	0,01 — 9,9
Al ₂ O ₃	1,1 — 12,9	TiO ₂	0,1 — 2,6
FeO	0,5 — 32,1	Cr ₂ O ₃	0,01 — 40,3
MnO	0,1 — 16,2	W	0 — 4,3
CaO	6,4 — 69,5	Ni	0 — 7,3
MgO	1,6 — 24,0	Mo	0 — 0,35
P ₂ O ₅	0,005 — 0,75	S	0,02 — 0,42

Priprava standardov za kvantometrično določevanje žlindre

Vzorci žlindre za rentgensko fluorescenčno analizo pripravljamo v glavnem na dva načina: prvič s stiskanjem zmlete substance (z dodatkom veziva ali brez nje) v vzorce tablete oblike, drugič s pretaljevanjem zmesi zmlete žlindre in ustreznega talila.

Prvi način je enostaven in hiter, skriva pa v sebi številne izvire napak, ki njegovo uporabnost, posebej pri strožjih analitskih kriterijih, močno omejujejo. Vzorci že po mletju niso povsem homogeni. Pri enaki kemični sestavi lahko obstajajo razlike v kristalni strukturi. Pogosto se pojavljajo močni interelementni učinki, ker je delež veziva razmeroma neznamen. Delci snovi različne trdote se pojavljajo po mletju v različni velikosti, pri čemer pogosto mehkejše komponente zagrinjajo trše. Z vezivom ni možno vzorcev poljubno razredčiti, prav tako praviloma ni mogoče dodati internega standarda. Priprava sintetičnih standardov iz oksidov ali soli je smiselna le v izjemnih primerih.

Naštete pomanjkljivosti prvega postopka so dovolj tehten razlog, da smo se odločili za pripravo vzorcev po drugem, torej talilnem postopku, ki je sicer nekoliko daljši in vsestransko zahtevnejši, vendar zagotavlja temu ustrezno tudi zanesljivejšo določitev. Na tem mestu ne bom govoril na splošno o talilni metodi, ampak o konkretni talilni aparaturi, pripomočkih in kemikalijah, ki jih uporabljamo v naši službi za izpeljavo te metode.

Izdelava vzorcev po tem postopku poteka po naslednjem zaporedju: grobo mletje, fino mletje, priprava zmesi žlindre in talila, taljenje zmesi, ulivanje taline v kalup.

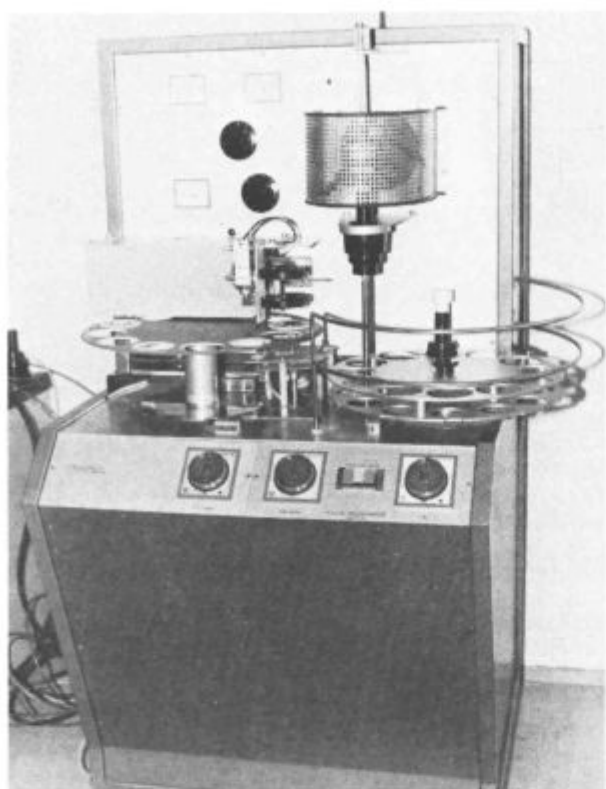
Grobo mletje opravimo v željstnem drobilcu (»MORGARDS-HAMMAR«, model A 23), fino — do zrnatosti pod 100 μm — pa v vibracijskem mlinu (»HERZOG«, model HSM 100). Boraks (Na₂B₄O₇, zrnatosti od 100 do 500 μm, uporabljamo največkrat kot samostojno talilo, lahko pa pripravimo tudi talilne mešanice, v katerih so poleg boraksa v določenih masnih razmerjih zastopana še ostala znana talila, kot so litijev tetraborat (Li₂B₄O₇), Li₂CO₃ (litijev karbonat), dilantantov trioksid (La₂O₃), natrijev nitrat (NaNO₃) itd.

Talilna aparatura in potek taljenja

Na sliki 6 vidimo talilnik francoske firme »HERMANN-MORITZ«, model FZ 12, ki se je v svetu že močno uveljavil, zato ga je kupila tudi naša železarna.

Zmes določene količine zmlete žlindre in ustreznega talila dobro premešamo in jo talimo v lončku iz zlitine Pt in Au, standardne dimenzije (zgornji premer 46 mm, spodnji premer 23 mm, višina 34 mm). Taljenje poteka po principu indukcijskega ogrevanja lončka v temperaturnem intervalu med 800—1400°C. Čas taljenja je mogoče poljubno nastaviti, običajno pa se giblje med 5 in 10 min. Po končanem taljenju se talina avtomatsko prelije v ogrevani kalup (tudi to ogrevanje je indukcijsko; reguliramo pa ga lahko v območju 300 do 800°C!), kjer se vzorec počasi ohlaja. Po nekaj minutah doseže sobno temperaturo in je pripravljen za analizo brez vsakršne dodatne obdelave. Vzorec ima obliko rahlo konične ploščice, premera 30 oziroma 40 mm, njegova debelina pa znaša od 2 do 4 mm, odvisno pač od količine zatehtane žlindre in talilnih dodatkov. Sveže pripravljene vzorce je bolj ali manj prozoren, zato se je zanj uveljavil izraz »perla«, po naše bi ga lahko imenovali bisernik. S časom izgublja blesk, vendar motnost ne vpliva na rezultate analize.

S talilno napravo je možno pripraviti 12 vzorcev v kontinuirni seriji. Operacije taljenja, mešanja, izlivanja



Slika 6
Talilnik firme »HERMANN-MORITZ«
Fig. 6
Crucible "HERMANN-MORITZ"

in ohlajanja si sledijo po vnaprej izbranem programu. Celotna priprava enega vzorca traja od 10 do 15 minut.

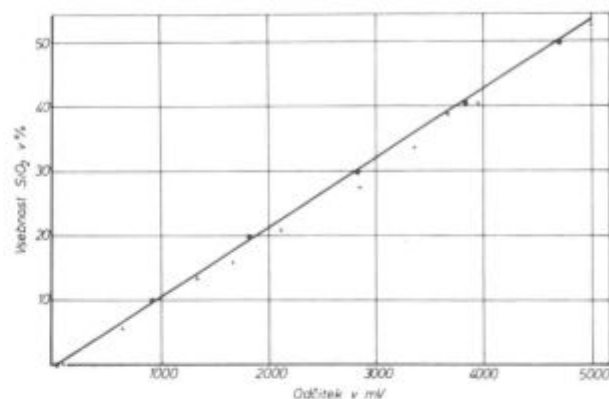
Žlindro mešamo s talili v različnih utežnih razmerjih; literatura navaja razpone razmerij od 1:25 do 1:100. Razmerje je pač treba prilagoditi tipu žlindre in koncentracijam določevanih sestavin!

Za talilne lončke in kalupe, v katere ulivamo raztaljeno žlindro, čista platina ni uporabna, saj se talina premočno prileplja na stene, s tem pa povzroča pokanje bisernikov. Če so lončki in kalupi izdelani iz zlitine Pt/Au (9% Pt, 5% Au) — take komplete uporabljamo pri nas — opisane težave odpadejo, ker so stene praktično »neomoljive«.

Umeritev rentgenskega kvantometra za analizo žlindre

To opravilo je v primerjavi s predhodnimi seveda najbolj obsežno in kočljivo, saj zahteva vrsto temeljitih sistematičnih raziskav. V prvi fazi je treba izdelati »navidezne« umeritvene krivulje (binarne ali osnovne) za vse določevane komponente, v drugi pa na podlagi preliminarnih meritev določiti vrsto in potrebno število dodatnih sintetičnih standardov (ternarnih, kvarternih itd.), na podlagi katerih bomo izračunali ustrezne empirične korekturne koeficiente in z njimi kvantitativno izrazili delež posameznih motenj. Korekturni faktorji bodo zajemali motnjo osnove, pozicijske motnje ter interelementne motnje (motnje spremljajočih sestavin), ki so lahko aditivne in multiplikativne. — Ena od pomembnejših dobrih strani tega postopka je tudi v tem, da lahko pripravimo sintetične standarde poljubne kemične sestave iz čistih oksidov! Tretja, zaključna faza

pa vključuje razvrščanje obstoječih tipov žlinder v spektrokemično sorodne enote in izdelavo dokončnih umeritvenih programov.



Slika 7
Binarna umeritvena krivulja za določevanje SiO₂ v žlindrah
Fig. 7
Binary calibration curve for determining SiO₂ in slags

Dosedanje raziskave (prišli smo do konca prve faze) kažejo, da so medsebojni učinki večine komponent kljub precejšnji razredčitvi občutni in jih bo treba metodično ovrednotiti. Na sliki 7 vidimo potek binarne umeritvene krivulje za določevanje SiO₂ v žlindrah. Krivulja spada med tiste, pri katerih motnje zaradi spremljajočih sestavin obstajajo, niso pa izrazite. Točke, označene s križci, pripadajo žlindram iz proizvodnje. Da te točke ne padejo na krivuljo ali v njeno bližino, sta kriva predvsem Cr in Mn.

DOLOČEVANJE OGLJIKA IN ŽVEPLA TER PLINOV V JEKLU

Določevanje ogljika in žvepla

Emisijski kvantometer 31000 ima vgrajena kanala za določevanje ogljika in žvepla, zato sta omenjena elementa vključena v redno kvantometrično analizo jekla; vendar so pri nas metalurške zahteve glede natančnosti določevanja teh dveh elementov preostre (zlasti za C!), da bi jih lahko kvantometer izpolnil. Ker deluje ta aparat po principu merjenja relativnih intenzitet I_C/I_{Fe} (razmerja jakosti črte določevanega elementa proti jakosti črte osnove — Fe), potrebuje za izračun kompletne kemične analize omenjeno razmerje za vsak prisoten element, tudi za C in S. No, za ta interni izračun je pa orientacijska kvantometrična določitev dovolj točna! Za natančno določevanje ogljika in žvepla uporabljamo ta čas aparate CS-44, CS-46 in WR-12 (ameriške firme »LECO«). Nova tehnologija ne prinaša na področje določevanja C in S kake bistvene spremembe. Edina pomembnejša razlika je v debelini paličastega vzorca (klasični pin ima premer 4 mm; pin, vzet s sondo, pa 6 mm). Ker je novi vzorec debelejši, ima pri enaki masi (zatehta ca. 1 g) manjšo začetno reakcijsko površino, zato je za popolni sežig treba dodati nekoliko več akceleratorja.

Krajša študija, v kateri smo obdelali podatke določitev ogljika in žvepla za dvajset kompletnih vzorcev (ploščica in pin), je pokazala, da so parametri, ki ponastrajo ponovljivost in pravilnost dobljenih rezultatov,

v dopustnih statističnih mejah. Ugotovili smo, da je pin vzorec homogen po vsej uporabni dolžini in da oblika analiziranega vzorca (iz ploščice smo pripravili ostružke) — s pridrzkom, da vzorec kvantitativno »zgori« — praktično ne vpliva na rezultat določitev.

Določevanje kisika in dušika

Za sočasno določevanje O_2 in N_2 uporabljamo »LECO« aparat (model TC-30). Ker je priprava vzorcev za določevanje O_2 delikatnejša kot za N_2 , določujemo pa ju v isti zatehti, jo je treba prilagoditi zahtevam, ki jih narekuje kisik: z vzorca odstranimo tanko oksidno plast s peskanjem s silicijevim karbidom, nato pa ga nasekamo na delčke primerne dolžine. — Če nam zadoštuje samo določitev N_2 , lahko namesto pina uporabimo tudi ostružke!

Obstoječa sekalna naprava in komora za peskanje sta bili izdelani za pripravo klasičnega pina, zdaj pa smo ju priredili tako, da lahko z njima obdelamo tudi novi — krajši, a debelejši pin. — Analiza več vzporedno vzeti vzorcev z vakuumsko ampulo in potopno sondo je dala spodbudne rezultate. Razlike med posameznimi določitvami so se gibale v mejah analitskih napak.

Vzorec, vzeti s sondo, zadostuje torej za kvantometriko analizo ter za določitev C in S ali O_2 in N_2 , ne moremo pa v istem pinu določiti vseh štirih elementov. Če zahteva topilnica poleg kvantometrične analize tudi analizo C, S, O_2 in N_2 , mora vzeti dva kompletna vzorca, pri čemer ostane ploščica enega vzorca neizkoriščena.

Določevanje vodika

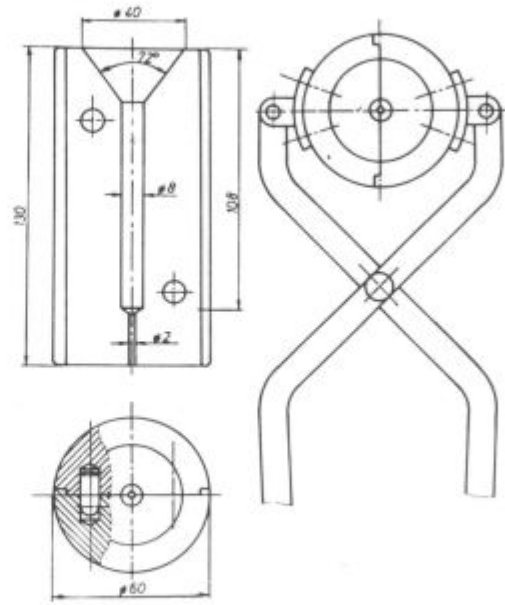
Tudi vodik določujemo z aparatom firme »LECO« (model RH-1). Doslej smo ga redno določevali samo v nekaterih kvalitetah, v večini primerov pa smo količino vodika preverjali le občasno. Nova tehnologija pa narekuje — zlasti v uvajalnem obdobju — redno analizo vodika (v talini po oksidaciji in v talini izdelanega jekla), na podlagi katere lahko metalurgi ugotovijo učinkovitost razplinjanja v rafinacijski ponovci.

Čeprav imamo z določevanjem vodika v vzorcih, vzeti s standardno vakuumsko ampulo (dolžina cevke: 120 mm, notranji premer: 6 mm, debelina stene: 1 mm), že precej izkušenj, smo se zaradi dejstva, da so bile vrednosti za vodik v večini šarž, izdelanih po novem postopku, višje od predvidevanih, odločili za obširnejšo raziskavo, ki naj bi potrdila pravilnost dobljenih vrednosti ali pa nakazala morebitne vrinjene sistematične napake, zaradi katerih bi lahko bile vrednosti dejansko previsoke.

Preden so se za jemanje vzorcev iz taline uveljavile vakuumске ampule, so bile v rabi za te namene praktično samo kovinske kokile, za katere lahko trdimo, da so v izpopolnjeni verziji tako zanesljive, da nam lahko rabijo kot neke vrste standard pri preizkušanju novih načinov vzorčenja.

Tudi mi smo pri tej raziskavi segli po klasični kokili. Odločili smo se za tip, kakršnega priporoča francoski inštitut »I.R.S.I.D.« (Institut de Recherches de la Sidérurgie Française). Ta kokila se razlikuje od mednarodne samo v premeru odprtine (»IRSID« — premer 8 mm, mednarodna — premer 12 mm), in prav to je prevesilo odločitev v njeno korist, saj nam vzorci manjšega premera vsestransko bolj ustrezajo. Kokilo smo izdelali doma po shemi (slika 8), ki se od originalne predloge razlikuje le v nekaj podrobnostih.

Okvirni program načrtovane raziskave zajema vzporedno jemanje vzorcev z vakuumsko ampulo in bakreno kokilo pri več kvalitetah (navadne, prokronske, brzo-



Slika 8

Shema bakrene kokile

Fig. 8

Scheme of the cooper mould

rezne itd.) — v značilnih fazah med izdelavo jekla — v povsem enakih okoliščinah, kemično analizo vzeti vzorcev, sistematično obdelavo podatkov, izbiro primernejšega postopka na osnovi dobljenih rezultatov ter izdelavo preciznih navodil za jemanje in mehansko obdelavo vzorcev za izbrani postopek.

Ker raziskava še ni končana, ne moremo na tem mestu dati dokončnih ugotovitev. Iz že opravljenih meritev pa je razvidno, da pri skrbnem vzorčenju — v vseh kritičnih fazah (zajemanje taline, odstranjevanje žilindre, pomirjanje taline, odzvet taline z vakuumsko ampulo oziroma bakreno kokilo, hlajenje vzorca v vodi, hlajenje vzorca v tekočem dušiku, sekance vzorca, segrevanje sekancev na sobno temperaturo, razmastitev in sušenje sekancev) — ne prihaja med preizkušanci, vzeti z vakuumsko ampulo oziroma bakreno kokilo, do omembe vrednih razlik pri kemični analizi vodika. Način jemanja vzorcev z vakuumsko ampulo je priložnejši in hitrejši, zato ga bomo tudi v prihodnje obdržali. Obstaja pa pri njem — v primeru površnega dela — večja nevarnost površinske kontaminacije (višje vrednosti za $H_2!$) kot pri načinu jemanja z bakreno kokilo. Področje določevanja plinov v jeklu je nasploh zelo občutljivo, zato nobena, še tako izpopolnjena metoda ne more obiti problematike reprezentativnosti, homogenosti, kontaminacije, izgub itd. Najbolj svojevrsten od vseh plinov pa je zaradi svojih ekstremnih fizikalnih lastnosti prav vodik.

Če bodo torej delavci v topilnici jemali vzorce dosledno po navodilih, ki jih bo po končani raziskavi pripravila služba za kemijo, bodo odpadli vsi dvomi o pravilnosti analize vodika.

ZAKLJUČEK

Uvedba ponovne tehnologije v naši železarni je terjala od službe za kemijo naslednja opravila:

— izvedbo projekta za povezavo računalnikov rentgenskega in emisijskega kvantometra z glavnim proces-

nim računalnikom jeklarne, s čimer je omogočen neposreden prenos podatkov o kemični analizi na ustrezen terminal v jeklarno, valjarno, kovačnico in minilivarno,

— prilagoditev jemanju preizkušancev za kemično analizo s potopno sondo iz rafinacijske ponovce in preureditev obstoječih oziroma izdelavo dodatnih naprav za hitro nadaljnjo pripravo vzorcev (kvantometriška analiza, določevanje C in S ter plinov),

— postopek prenos analize žlindre na rentgenski kvantometer (nekateri faze umeritve aparature so še v teku),

— poostreno kontrolo količine plinov v jeklu.

Z omenjenimi posegi smo kompletirali kemijske storitve na kakovostni ravni, ki izključuje možnost, da bi

nas nova tehnologija s svojimi še tako specifičnimi zahtevami občutneje presenetila.

Viri

1. E.L. Grove: Applied Atomic Spectroscopy (Volume 1).
2. Analyse der Metalle; Dritter Band — Probenahme (Springer — Verlag 1975).
3. Paul Verschueren: HOW TO SUCCESSFULLY OBTAIN METALLURGICAL SAMPLES FROM LIQUID STEEL AND HOT METAL (SAMP-O-LINE Users Guide).
4. M. Hanin: INSTRUCTIONS FOR SAMPLING AND SAMPLE PREPARATION FOR FAST ANALYSIS OF HYDROGEN IN LIQUID STEEL.

ZUSAMMENFASSUNG

Wichtige Forderungen der Pfannenmetallurgie sind Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der chemischen Analysen, deshalb ist den genannten Parametern grösste Aufmerksamkeit gewidmet worden, sowohl bei der quantometrischen Analyse mit welcher der grösste Teil der Elemente im Stahl bestimmt wird, wie auch bei der Schlackenanalyse und der Bestimmung von Kohlenstoff, Schwefel und der Gase im Stahl.

Durch eine funktionelle Koppelung des Röntgen und Emissionsquantometers mit dem »Mischer« der die Daten der chemischen Analysen von dem einzelnen Quantometer oder beiden annimmt und diese über einen dislozierten Prozessrechner an die entsprechenden Öfen im Stahlwerk weiterleitet, ist die durchschnittliche Analysendauer wesentlich verkürzt worden. Der menschliche Faktor als Fehlerursache beim Überschriften verschiedener Daten und bei der Bewertung der Analysenabweichungen ist fast vollkommen abgeschafft worden.

Neuen Verhältnissen ist auch die Probenahme für die chemische Analyse angepasst worden. Die Proben werden aus der Pfanne mit der Sonde der Firma »Elektronite NV« Model SA 4050—0900 entnommen. Diese entspricht unserem Erzeugungsprogramm am besten. Die Probe selbst hat eine Mandolinform. Der flache Teil dient der quantometrischen Analyse, der stabförmige Teil für die Bestimmung von Kohlenstoff und Schwefel oder Sauerstoff und Stickstoff. Für die schnelle Vorbereitung der Proben, ist eine Vorrichtung für die Bezeichnung der Proben so lange die noch warm sind, entwickelt worden. Die bestehende Trennmaschine ist in der Weise zugerichtet worden, dass die Probe rationell zertrennt werden kann. So eben ist eine Vorrichtung konstruiert worden mit der man bei weicheren Güten die unhomogene Schicht abnehmen kann. Für das Halten der Proben beim Schleifen sind zwei Sorten der Halter — ein Magnethalter für magnetische und ein mechanischer Halter für unmagnetische Güten hergestellt worden.

In der Zeit, in der sich Hüttenleute bemühen bessere technologische Verfahren für die Erzeugung einzelner Stahlsorten nach neuer Technologie zu entwickeln, ist eine schnelle und komplette Schlackenanalyse unentbehrlich. Da die klassische Schlackenanalyse kompliziert und langwierig ist, haben wir uns für eine allmähliche Übertragung dieser Analyse auf den Röntgenquantometer entschlossen. Dazu ist bei der Erzeugung von Stahl nach einem Verzeichniss bei 32 Stahlgüten ca 1 kg Schlacke (nach dem Einschmelzen nach dem Frischen und vor dem Abstich) entnommen worden. So sind wir zu authentischen Proben gekommen, die kennzeichnend für den Erzeugungsprogramm in unserem Stahlwerk sind und die reell erwartenden Konzentrationsbereiche aller Bestandteile überdecken. Die chemische Analyse der Schlacken ist mit bekannten klassi-

schen Methoden und geprüften modernen Methoden wie Spektrophotometrie u. s. w. durchgeführt worden. Die Kontrollproben (schwach konische Scheiben von 30 mm Durchmesser) für die Eichung des Röntgenquantometers sind nach dem Schmelzverfahren vorbereitet worden.

Bis jetzt sind die scheinbaren Eichkurven für die Mehrheit der zu bestimmenden Bestandteile ausgearbeitet worden. Vor der Ausarbeitung der endgültigen Eichprogramme müssen noch die empirischen Korrekturkoeffizienten ausgerechnet werden, womit quantitativ der Anteil der gegenseitigen Störeinflüsse ausgedrückt wird.

Auf dem Gebiet der Bestimmung von Kohlenstoff und Schwefel so wie Sauerstoff und Stickstoff bringt die neue Technologie keine wesentlichen Änderungen. Der einzige Unterschied ist in der Dicke der Stabprobe (früher 4 mm, jetzt 6 mm im Durchmesser). So sind durch kleinere Umarbeiten an der Probenvorbereitungsmaschine und durch minimale Änderungen der Bestimmungsverfahren der genannten Elemente die Probleme zufriedenstellend gelöst worden.

Die Wasserstoffbestimmung hat uns etwas mehr Unannehmlichkeiten verursacht. Da die Wasserstoffgehalte bei den meisten nach dem neuen Verfahren erzeugten Schmelzen höher waren als wir erwartet haben, waren wir gezwungen umfangreiche Untersuchungen durchzuführen um festzustellen, ob der Wasserstoffgehalt im erzeugten Stahl wirklich hoch war und die Entgasung zu schlecht, oder waren die hohen Wasserstoffwerte eine Folge der Probenkontaminierung bei der Entnahme der Proben oder bei ihrer späteren Vorbereitung für die Analyse.

Dieser Untersuchungsprogramm umfasst parallele Probenahme mit der Standardampulle und der Kupferkokille (nach I.R.S.I.D) bei mehreren Stahlgüten bei gleichen Bedingungen, chemische Analyse der entnommenen Proben, systematische Datenbearbeitung, die Auswahl des gemessenen Verfahrens auf Grund der erhaltenen Ergebnisse und die Ausarbeitung genauer Anweisungen für die Probenahme und die Probenvorbereitung.

Die Untersuchungen sind noch nicht ganz beendet so können noch keine endgültigen Feststellungen gegeben werden. Aus den gemachten Messungen geht hervor, dass bei sorgfältiger Arbeit in allen kritischen Phasen keine nennenswerten Unterschiede im Wasserstoffgehalt bei der Analyse der mit der Vakuumampulle oder der Kupferkokille entnommenen Proben auftreten. Die Probenahme mit der Vakuumampulle ist schneller und praktischer, so behalten wir sie auch in der Zukunft. Bei leichtfertiger Arbeit ist jedoch die Gefahr der Oberflächenkontaminierung grösser. Nach all dem kann gesagt werden, dass gerade die Probenkontaminierung die Ursache für die erwähnten höheren Wasserstoffgehalte war.

SUMMARY

Special demands given by the ladle metallurgy are the speed and reliability of chemical analyses, thus to those parameters most attention was given — both in the quantitative analysis for determining the most elements in steel, in the slag analysis, and in determining carbon, sulphur, and gases.

Functional connection of X-ray and emission quantometer, «the mixer», accepting data on chemical analysis of a single quantometer, or simultaneously of both, and the dislocated process computer sending data to corresponding furnaces in the steel plant, enabled to reduce the average time of analysis substantially and to nearly completely eliminate the human factor as the error source in copying various data and estimating deviations from the prescribed analyses.

Also sampling for chemical analysis was adjusted to the new conditions. Melt sample is taken from the refining ladle by the probe-taker "ELECTRONITE N. V." — Model SA 4050 0900, made in Belgium, which corresponds the best to our variegated and demanding manufacturing program. The taken sample has a mandolina-like form and is a two-purpose; plate is used for quantitative analysis, rod for determining carbon and sulphur or oxygen and nitrogen. In order to prepare a representative sample in the shortest time, an original signing device was made which makes signs into samples being still hot, the existing separating machine was adjusted so that the sample is cut the most rationally, and another device was designed to broach the nonhomogeneous layer in softer steel qualities, and to hold samples (which become hot in grinding) two holders were made — magnetic one for magnetic, and mechanical one for nonmagnetic steel.

When metallurgists look for parameters being base for prescribing the optimal technological procedures for manufacturing single steel types by the new technology, a fast and complete slag analysis is urgent. Since the standard slag analysis is relatively complicated and long, a decision was made to transfer this analysis to the X-ray quantometer. According to the list prepared in the chemical laboratory and containing 32 qualities, approximately 1 kg of slag was taken for each item in the plant during manufacturing a corresponding melt (after melting down, after oxidation and before pouring). Thus authentic samples were obtained which really cover the expected concentration regions of all components characteristic for slags in manufacturing steel in our steel plant. Chemical analysis of samples was made by known standard

methods and by tested modern methods (spectrophotometry, atomic absorption, ICP, etc.). Standards (slightly tapered plates, 30 mm in diameter) for calibration X-ray quantometer were prepared by the melting method.

So far, "apparent" calibration curves (binary or basic) for the majority of components to be determined were made. Before preparing the final calibration programs still the evaluation of corresponding empirical correction coefficients must be done which will enable to express quantitatively the portion of mutual interferences.

For determining carbon and sulphur, and oxygen and nitrogen the new technology does not mean any essential changes. The only important difference is the thickness of the rod sample (standard one has diameter 4 mm, the new one 6 mm). By smaller readjustment of the set for preparation of samples and by minimal change of procedures for determining the mentioned elements the problem was satisfactorily solved.

Some more problems were with hydrogen. The fact that the values of hydrogen in the most melts made by the new technology were higher than expected demanded to make an extensive investigation in order to find whether the hydrogen concentration in steel is really high — i. e. degassing is not effective enough — or the high values are caused by the contamination of sample during sampling and its further preparation for chemical analysis.

Basic program of this investigation consists of: simultaneous sampling with standard vacuum ampoule and with copper mould (suggested by I.R.S.I.D.) of various melts — in completely equal conditions, chemical analysis of samples, systematic evaluation of results, choice of the most suitable procedure based on the obtained results, and the preparation of precise instructions for sampling and mechanical preparation of samples for the chosen procedure.

The investigation is not completed yet, therefore definite results cannot be given. But the measurements made till now showed that differences in chemical analysis of hydrogen are not worthy mentioning whether sampling is made by a vacuum ampoule or a copper mould if it is done carefully in all the critical phases. Sampling with vacuum ampoule is more handy and faster and we shall keep to it also in future but with carelessness work there is greater danger for the surface contamination. Very probably just the contamination of samples caused the higher values of hydrogen.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достопримечательные требования, которые представляет ковшевая технология это быстрота и надёжность химического анализа. Поэтому автор этой работы уделил упомянутым параметрам больше всего внимания. Это относится одинаково на квантометрические анализ, с которым определяется большее число элементов в стали, как и на анализ шлака и определение углерода, серы и газов. При функциональной связи рентгеновского и эмиссионного квантометра с «смесителем», который принимает данные химического анализа от каждого отдельного квантометра или же одновременно от обоих и посылает их через дислокационную вычислительную машину управления к соответствующей печи в сталеплавильном цехе мет. завода Железарна Равне существенно сократили среднее время длительности анализа и почти совсем оклонили влияние фактора субъективности как источника при копировании различных данных и при оценки отклонении от предписанных химических анализов.

Завод приспособил новым условиям также отбор образцов для выполнения химического анализа. Для снтия расплава из ковша больше всего соответствовал разнообразной и требовательной программе зонд бельгийской фирмы «ELECTRONITE N. V. модель SA 4050 0900. Об-

разец, взятый с этим зондом имеет форму мандолины и имеет двойное назначение: пластинка служит для квантометрического анализа, а прутяной наконечник для определения углерода и серы или же для кислорода и азота. Чтобы приготовить репрезентативный образец в чем более короткое время приготовили оригинальное маркировочное приспособление, которое оставляет на образце отпечаток пока он ещё в горячем состоянии, а существующую машину для разобшения усовершенствовали так, что она разрезает образцы более рационально. Конструировали также прибор, который при более мягких сортах сталей снимает гетерогенный слой. Во избежание обжига при удержании образцов, которые во время шлифовки довольно сильно разогреваются, служат два держателя — магнитный держатель для магнитных сортов сталей и простой механический держатель для немагнитных видов.

В настоящем периоде, когда трудящиеся металлурги исследуют параметры, на основании которых будут разработаны инструкции что касается оптимальных технологических способов для выплавки отдельных видов стали уже по новой технологии можно сказать, что быстрый и всеохватывающий анализ шлака безусловно обязателен. Вследствии того, что классический анализ шлака относи-

тельно сложный и продолжительный, то в мет. зав. Равне решили от этого вида анализа шлака постепенно перейти на анализ шлака с рентгеновским квантометром. По списку, которого приготовила комиссия по вопросам химии, который охватывает 32 разных качеств стали, химическому лабораторию завода Равне в сталеплавильном цехе во время выплавки соответствующего расплава (после плавления и после раскисления, но до разливки) взято по одному килограмму шлака. Таким образом лабораторий получил аутентичные образцы, которые охватывают реально ожидаемые области концентраций всех компонент характерных для шлаков при производстве стали в мет. зав. Равне. Химический анализ образцов шлаков выполнен известными классическими методами, а также с опробованными современными методами (спектрофотометрия, атомная абсорбция, ИСР и пр.). Стандартные эталоны (несколько коничные пластинки диаметра 30 мм) для выверки рентгеновского квантометра приготовили методом плавления. Пока приготовлены „различаемые“ кривые выверки (двоичные, отн. основные) большей части определяемых компонент шлака, но до изготовления конечных программ выверки надо ещё, приготовить исчисления эмперических корректировочных коэффициентов, с которыми будут количественно выражены неполадки.

В области определения углерода и серы, а также кислорода и азота новая технология не причиняет существенные изменения. Только одна существенная разница заключается в толщине прутяного образца (классический образец имеет диаметр 4-ох мм, а новый 6 мм.). Поэтому при небольших изменениях приборов для приготовления образцов, а также с минимальными изменениями способов для определения упомянутых элементов вопрос был решен положительно.

Немного больше затруднений оказало при определении водорода. Вследствии того, что значения для водорода в большинстве расплавов, изготовленных по новому способу оказались выше от предвиденных то в химиче-

ской лаборатории завода решили выполнить обширные исследования с целью, чтобы выяснить отвечают ли полученные значения для водорода действительно высокому содержанию — что бы могло указать на недостаточную эффективность вакуумирования, или же это высокое значение последствие загрязнения образца во время его отбора отн. позже при приготовлении для химического анализа.

Программа исследований мет. зав. Равне охватывает:

- отбор образцов параллельно с вакуумной ампулой и с медной изложницей (ту, которую рекомендует французский институт „I.R.S.I.D.“ для нескольких сортов стали различного по составу качества при вполне одинаковых условиях;

- химический анализ отобранных образцов;
- систематическая обработка, полученных данных;
- выбор более подходящего метода на основании полученных данных;

- изготовление точных инструкций для отбора образцов и
- механическую обработку образцов соответственно, отвечающая выбранному методу.

Так как исследования ещё не вполне закончены, то в этой работе нет возможности привести конечные результаты. На основании уже выполненных измерений можно заключить, что при тщательной работе при всех критических фаз между образцами, взятыми с вакуумной ампулой отн. с медной изложницей при химическом анализе на водород разниц, которые заслуживают упоминание, не замечено. Метод отбора образцов с вакуумной ампулой более удобный и выполняется быстрее. Поэтому в мет. зав. Равне решили в дальнейшем употреблять этот способ отбора образцов, хотя при поверхностной работе могут наступить загрязнения на поверхности образца. Всё-таки можно сказать, что именно загрязнение образца представляет собой причину упомянутых повышенных значений для водорода.

Specifične prednosti uporabe težkega paletnega transporta v jeklarni železarne Ravne

Vlado MACUR

Januarja 1981 smo v Železarni Ravne pričeli uporabljati nov transportni sistem z imenom »težki paletni transport«. Prvo dvizžno paletno vozilo z neto nosilnostjo 700 kN je bilo uvoženo od firme KAMAG iz ZRN. Kmalu zatem smo nabavili še paletno vozilo z neto nosilnostjo 560 kN od podjetja VOZILA iz Nove Gorice, ki je v tem času osvojilo domačo proizvodnjo teh vozil.

Opisane so prednosti takega transporta za prevoz različnega kompaktnega tovora med obrati jeklarnе, valjarne in kovačnice ter za to potrebne priprave, kot so izdelava specialnih palet, sprememba dohodov ter dodatnih dohodov v obrate.

UVOD

Od leta 1962 do 1974 smo v železarni Ravne postopoma ukinjali železniški transport in prešli na cestnega. Pri prehodu iz ozkotirnega na cestni promet smo upoštevali bodoči razvoj železarne in načrtovali taka transportna sredstva, ki ustrezajo obliki terena, vrsti, teži in količini tovora ter frekventnosti med obrati.

V metalurške obrate smo vedno bolj uvajali sodobno tehnologijo proizvodnje in predelave jekla. Proizvodnja je naraščala, z njo pa tudi utesnjenost v obratih in zunaj obratov. To je razumljivo, če upoštevamo, da smo leta 1945 naredili 4.566 ton surovega jekla, da smo po dvajsetih letih naredili 21 krat več, po tridesetih letih 42 krat več in da v letu 1985 načrtujemo proizvodnjo 250.000 ton jekla, oziroma 75 krat več kot leta 1945.

Ozka dolina z malo prostora in številnimi predelovalnimi obrati je ovirala širitev obratov in transport materiala. To posebej velja za jeklarno kot najbolj zahteven obrat, saj mora jeklarna količinsko in v določenih rokih zadovoljiti potrebe ostalih obratov. Ob snovanju razvoja jeklarnе leta 1975 smo ugotovili, da je vozni park v železarni 80 % iztrošen in je potreben ne samo obnove, ampak tudi novih, sodobnejših tehnoloških rešitev. Tako smo se pravočasno odločili za težki paletni transport. Ni nam žal. Današnje stanje nas prepričuje, da je bila to edina možna rešitev iz prostorske stiske in da je to hkrati najboljša rešitev.

PREDNOSTI TRANSPORTNEGA SISTEMA ZA METALURŠKE OBRATE

Težki paletni transport se izvaja s pomočjo palet in dvizžnega paletnega vozila. To vozilo je specialno vozilo z visoko preložljivo nakladalno površino in obremenitvijo. Tovor naložimo na posebno paletu, izpod katere se vozilo zapelje in s pomočjo hidravličnega pomika enakomerno dvigne tovor ter zapelje in odloži na določen prostor, ne da bi voznik izšel iz kabine (slika 1 in 3).

Lastnosti vozila omogočajo uporabnost povsod tam, kjer je potrebno transportirati težak tovor oziroma to-



slika 1

Dvizžno paletno vozilo pred prevzemom oziroma po izpustu paleta s tovorom

vor velikih dimenzij. Zato ni čudno, da je našel uporabo predvsem v metalurških obratih in ladjedelništvu.

Prednosti uporabe proti drugim vrstam vozil so naslednje:

- velika nosilnost,
- univerzalnost uporabe,
- visok obratovalni izkoristek,
- malo poškodb pri materialu oz. raztovarjanju,
- velike manevrske sposobnosti,
- manj zaposlenih,
- nižji obratovalni stroški.

Vozilo lahko prevaža tovor z najmanjšo nosilnostjo 250 kN. S primernim številom koles je možno vozilo gospodarno uporabiti za poljubno nosilnost. Po potrebi je možno vlečno silo povečati z dodatnimi hidravličnimi motorji.

Vozilu omogočajo univerzalnost različne vrste palet (slika 2). Te naredimo tako, da nam ustrezajo za različno vrsto in obliko kompaktnega tovora.

Samo z enim univerzalnim vozilom in uporabo različnih tipov palet je možno prevažati naslednje vrste materialov:

- bloke oziroma odlitke različnih oblik in tež,
- različne vrste kokil,
- vložek, naložen v košarah,
- mulde za vložek
- gredice, brame, kolobarje pločevin in ostale valjavniške izdelke,
- različne kovaške izdelke,
- livne ponve,
- žilindrne zaboje,
- žilindrne zaboje z obračalcem,
- različne izdelke končne predelave (cevi, tračnice, žice, ostali profili in izdelki).

Univerzalnost in uvedba je omejena pri prevozu tekoče žilindre, nakladanju pomožnih dodatnih materia-

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



Slika 2
Paleta za težki paletni transport

lov, ognjevarnih materialov za popravila peči ter odpadkov.

Obratovalni izkoristek težkega paletnega transporta lahko primerjamo z vlačilcem s prikolico, ki ga imamo še v obratovanju. Pri tem načinu transporta potrebujemo za prekladanje vedno žerjav. Po prioriteti je žerjav namenjen proizvodnji in je le občasno na razpolago za nakladanje ali razkladanje tovora. Tako pride do občutnega čakanja vlačilca s prikolico ali samo prikolice. Če čaka samo prikolica, potem je težko ponovno priklicati vlačilec, saj ta opravlja druga dela. Posledice so zastoji v pečeh, v livni hali ali pa natrpanost v hali, kar vse ovira redno proizvodnjo. Paleta pri sistemu dvižnega paletnega transporta lažje počaka v obratu, saj je namenjena za prevoz ene vrste blaga in jih je lahko več na razpolago, pa tudi čakanje ne more biti dolgotrajno, ker paletno vozilo ni nikjer odvisno od žerjava in se kmalu vrne.

Slabost vlačilca s prikolico je še v povratni vožnji, kjer se rabi velik manevrski prostor, ki ga pri nas ni na razpolago, ter izguba vmesnih časov priklopa oziroma odklopa prikolice. Pri tem je včasih zaposlen tudi pomočnik voznika.

Pri odločitvi za dvižno paletno vozilo so bile za nas odločilne manevrske sposobnosti vozila. To lastnost smo še primerjali z vozilom tipa U-carrier — švedske firme Norbergs. Sistem transporta je podoben, le da vozilo tovor zajame pod sebe, tako da so kolesa zunaj vilič. Vozilo je zato za širino koles širše in preširoko za naše ozke poti. Med jeklarno 1 in čistilnico niti ni prehoda. Ozka paleta dvižnega paletnega vozila pa je primerna za ozke poti in ozko širino vrat.

Majhen polkrog obračanja vozila in vožnje v obe smeri omogočata uspešno premagovanje ne samo ozke poti, ampak tudi vijugaste, kar je posebej značilno v okolici jeklarne 1.

Paletno vozilo zaposluje enega človeka na izmeno, ki rabi samo pravočasne in točne informacije.

UVEDBA DVIŽNEGA PALETNEGA TRANSPORTA DRUGOD

Prvo vozilo v jeklarski industriji je bilo uvedeno 1971 leta v jeklarni Peine Slazgitter AG za prevoz kolo-barjev hladno valjanih trakov, širine 1600 mm in teže kolo-barja 32 ton. Železniški transport med hladno valjarno in napravo za pocinkanje ni bil primeren zaradi

vijugaste poti. Ob uvedbi paletnega vozila so odpadli zastoji nakladanja in razkladanja. Vozilo je imelo samo vlogo prevažanja materiala. Naloga je bila opravljena z rednim oskrbovanjem 160 ton trakov na uro v dopoldanskem času.

Po tem vzgledu so v isti železarni uvedli še 700 kN vozilo za prevoz bram iz grobe valjarne v 800 m oddaljeno plamensko čistilnico. Nakladalnih in razkladalnih mest je bilo 6. Ker vozilo ni bilo izpostavljeno poškodbam s kleščnim žerjavom, so dosegli celo nižje obratovalne stroške kot z železniškim transportom.

Od takrat do danes je vozilo splošno uporabno v mnogih jeklarnah po Evropi, pa tudi v železarni Ravne.

UPORABA DVIŽNEGA PALETNEGA TRANSPORTA V JEKLARNI ŽELEZARNE RAVNE

V Ravnah imamo sedaj tri paletna vozila. Po programu so predvidena štiri. Dve vozili imata neto nosilnost 700 kN in eno 560 kN.

Paletna vozila prevažajo tovor med obrati jeklarne, kovačnice in valjarne in prevažajo naslednje vrste materiala:

- ingote za valjarno,
- bloke za kovaški stroj,
- bloke za težko kovačnico,
- zaboje za žlindro,
- kokile,
- vložek starega železa,
- gotove izdelke za špedicijo,
- jeklene odpadke, ipd.

V jeklarni 1 smo dovozne poti preuredili tako, da ima vsaka elektroobložna peč svoj dohod za vložek in svoj prostor za paleta. Vrata so tipa Ikarus in so nekoliko višja od dosedanjih. Vozilo lahko pripelje po potrebi tudi dve košari za oskrbo dveh peči oziroma dve košari za odvzem cele šarže v količini 45 ton v jeklarni 2.

Pred uvedbo dvižnega paletnega vozila smo z vlačilcem in prikolico lahko prevažali samo eno košaro z okoli 22 ton jekla, kar je polovica šarže elektroobložne peči 45 ton. Vozilo je za eno šaržo opravilo dve vožnji in vmes je prihajalo še do zamenjave ingotov različnih kvalitet. Z enim odvzemom so ti problemi odpravljeni in transportno vozilo je boljše izkoriščeno.

Lep primer izkoriščenosti časa in kontinuirne oskrbe je vložek za valjarno. Ko smo snovali uvedbo sistema za mehanizirano slačenje ingotov v jeklarni 1 in 2



Slika 3
Dvižno paletno vozilo med prevozom paleta s tovorom

po tehnoloških projektih firme Bofors, je bilo pomembno, da se ingoti po slačenju iz kokile ne zadržujejo v jeklarni. Zato smo postavili dvoje vrat, tako da lahko dvizno paletno vozilo pusti paletno s praznimi zaboji na eni strani stroja za slačenje ingotov, na drugi strani pa vozilo odvzame polne košare. Stroj za slačenje ingotov sedaj nalaga ingote v obratne smeri kot prej in ko je košara polna, se postopek transporta ponovi, ne da bi pri tem prišlo do zastojev, seveda če niso zastoji tehnične narave.

S takšnim načinom dela smo zadovoljni. Nekaj težav imamo z bloki za kovaški stroj, kjer je potrebno nakladati bloke v horizontalni legi, stroj za slačenje ingotov pa lahko polaga samo v vertikalnem položaju. Rešitve bomo iskali pri primerni konstrukciji palete. To je razumljivo, saj vsaka novost zahteva dodatne specifične rešitve, pa tudi izmenjavo izkušenj.

ZAKLJUČEK

Železarna Ravne je od leta 1962 do 1974 postopoma ukinjala železniški transport in prešla na cestnega. Je-

klarna in ostali predelovalni obrati so se modernizirali in vedno bolj povečevali proizvodnjo. Ozka dolina je preprečevala ugoden razvoj, zato so se oblikovale komplicirane transportne poti. To nas je prisililo poiskati sodobnejše tehnološke rešitve. Odločili smo se za težko paletno vozilo, ki nam daje naslednje prednosti:

- veliko nosilnost,
- univerzalnost uporabe,
- visok obratovalni izkoristek,
- malo poškodb pri manipulaciji,
- zahteva manj zaposlenih,
- nižji obratovalni stroški.

V ta namen smo izdelali specialne palete, preuredili vrata v jeklarni I, preuredili dohode, da ima vsaka peč svoj dohod za paletno, ter v livni hali postavili dvojna vrata za neprekinjen dovoz praznih zabojev in odvoz polnih z bloki.

Novi transportni sistem dvizno paletno vozilo nam je omogočil prevoz vseh vrst blaga med obrati jeklarne, valjarne in kovačnice z eno vrsto vozil in različnimi vrstami palet.

Odgovorni urednik: Jože Arh, dipl. inž. — Člani dr. Jože Rodič, dipl. inž., Franc
Mlakar, dipl. inž., dr. Aleksander Kveder, dipl. inž., dr. Ferdo Grešovnik,
Darko Bradaškja, tehnični urednik

Oproščeno plačila prometnega davka na podlagi mnenja Izvršnega sveta SRS
— sekretariat za informacije št. 421-1/172 od 23. 1. 1974

Naslov uredništva: ZPSŽ — Železarna Jesenice, 64270 Jesenice, tel. št. 81-341
int. 800 — Tisk: TK »Gorenjski tisk«, Kranj

VSEBINA

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

Metalurgija — jeklarstvo — ponovna tehnologija — vakuumski postopek — avtomatizacija — ATP

V. Macur, J. Bratina

Razvoj in uvedba vakuumske ponovne peči v Železarni Ravne
Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 39—43

V jeklarni 2 Železarne Ravne smo maja 1983 pričeli z obratovanjem vakuumske ponovne peči (VAD postopek), v jeklarni 1 pa smo tik pred vročim zagonom VAD in VOD postopka ponovne metalurgije jekla.

Opisan je namen uvedbe VAD postopka ter tehnične in tehnološke prednosti naše naprave, posebno avtomatizirani sistem doziranja materialov z računalniškim vodenjem.

Avtorski izvleček

UDK: 669.187
ASM/SLA: D8m, D9s

Metalurgija — jeklarstvo — ponovna metalurgija

S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik

Opis, zagon in tehnološki rezultati VAD naprave v jeklarni II Železarne Ravne
Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 45—48

V članku je opisana VAD naprava in zagon te naprave. V nadaljevanju pa je nekaj tehnoloških rezultatov, ki smo jih dobili med poskusnim obratovanjem. Nova tehnologija nam daje velike možnosti za izboljšanje kvalitete ter za preusmeritev v proizvodnjo visoko kvalitetnih jekel.

Avtorski izvleček

UDK: 669.187.6; 861.142
ASM/SLA: D8p, X14k

Metalurgija — izdelava jekla — ponovna metalurgija — uporaba računalnika

Jože Šegel, Alojz Rozman

Uporaba računalnika na EOP in VAD napravi
Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 49—53

Prikazane so značilnosti uporabe računalnika na EOP in VAD s poudarkom na rezultatih uporabe računalnika pri legiranju. Predstavljen je tudi princip avtomatskega doziranja ferolegur, informacijski sistem kemijskih analiz za jeklarstvo in način računalniškega spremljanja uspešnosti proizvodnje posamezne šarže.

Avtorski izvleček

UDK: 543.51.669.141.25
ASM/SLA: S11, STb, RMq, D9s, D8

Kemija — spektroskopija — kvantometrija — analiza jekla — analiza žlindre — jeklarstvo

J. Žlof

Kemijska problematika ob uvajanju ponovne metalurgije v Železarni Ravne
Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 55—64

Prikazani so na novo uvedeni postopki ter spremembe in izboljšave obstoječih metod, na podlagi katerih smo zagotovili uvajalcem nove metalurške tehnologije hitro, izčrpno in zanesljivo informacijo o kemični sestavi taline in žlindre.

Vsako poglavje zase — KVANTOMETRSKA ANALIZA JEKLA, ANALIZA ŽLINDRE Z RENTGENSKIM KVANTOMETROM, DOLOČEVANJE OGLJIKA IN ŽVEPLA TER PLINOV V JEKLU — predstavlja zaokroženo celoto določene tehnike in metode dela, vsem trem pa je skupni imenovalac reprezentativen preizkušaneec.

Avtorski izvleček

INHALT

UDK: 669.187

ASM/SLA: D8m, D9s

Metallurgie — Stahlerzeugung — Pfannenmetallurgie

S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik

Beschreibung, Inbetriebnahme und die technologischen Ergebnisse der VAD Anlage im Stahlwerk II des Hüttenwerkes Ravne

Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 45—48

Im Artikel wird die VAD Anlage mit der Inbetriebnahme beschrieben. Es werden einige technologischen Ergebnisse die während des Versuchsbetriebes erhalten worden sind angegeben. Mit der neuen Technologie sind grosse Möglichkeiten für die Verbesserung der Stahlqualität und für den Übergang in die Erzeugung von hochwertigen Edelstählen gegeben.

Auszug des Autors

UDK: 669.046.517: 669—982

ASM/SLA: DAm, Dgs, 1—52

Metallurgie — Stahlerzeugung — Pfannenmetallurgie — Vakuumverfahren Automatisierung — ATP

V. Macur, J. Bratina

Entwicklung und Einführung des Pfannenofens im Hüttenwerk Ravne

Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 39—43

Im Stahlwerk 2 des Hüttenwerkes Ravne ist im Mai 1983 eine VAD Anlage im Betrieb gegangen. Im Stahlwerk 1 geht in kürze eine kombinierte VAD/VOD Anlage in Betrieb.

Der Zweck der Einführung des VAD Verfahrens so wie die technischen und technologischen Vorteile der Anlage werden beschrieben, besonders der automatische System der Dosierung von Legierungen der mit dem Rechner geführt wird.

Auszug des Autors

UDK: 543.51.669.141.25

ASM/SLA: S11, STb, RMq, D9s, D8

Chemie — Spektroskopie — quantometrische Analyse — Stahlanalyse — Schlackenanalyse — Stahlerzeugung

J. Žlof

Probleme der chemischen Analysen bei der Einführung der Pfannenmetallurgie in Hüttenwerk Ravne

Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 55—64

Neue Verfahren wurden eingeführt, die bestehenden geändert und verbessert um bei der Einführung der Vakuummetallurgie genaue und zuverlässige Information über die chemischen Analysen der Stahlschmelzen und Schlacken zu sichern.

Jeder Kapitel — Quantometrische Stahlanalyse, Analyse der Schlacken mit den Röntgenquantometer, Bestimmung von Kohlenstoff und Schwefel und der Gase im Stahl — stellt eine abgerundete Gesamtheit einer bestimmten Technik und Arbeitsmethodik dar. Der gemeinsame Nenner für alle drei ist ein repräsentativer Probestkörper.

Auszug des Autors

UDK: 669.187.6; 861.142

ASM/SLA: D8p, X14k

Metallurgie — Stahlerzeugung — Pfannenmetallurgie — Anwendung des Rechners

J. Šegel, A. Rozman

Die Anwendung eines Rechners beim Betreiben eines Lichtbogenofens und einer VAD Anlage

Železarski zbornik 18 (1984) 2 s 49—53

Die Eigenheiten der Anwendung eines Rechners beim Betreiben der Lichtbogenöfen in Verbindung mit einer VAD Anlage werden gezeigt. Betont werden die Ergebnisse der Anwendung des Rechners beim Legieren. Das Prinzip der automatischen Dosierung von Ferrolegierungen, das Informationssystem der chemischen Analysen für das Stahlwerk und die Art der rechnerischen Kontrolle bei der Erzeugung einzelner Schmelzen werden dargestellt.

Auszug des Autors

CONTENTS

<p>UDK: 669.046.517: 669-982 AMS/SLA: DAm, Dgs, 1-52</p> <p>Metallurgy — Steelmaking — Ladle Metallurgy — Vacuum Process — Automation — ATP</p> <p>V. Macur, J. Bratina</p> <p>Development and Introduction of Vacuum Ladle Furnace in Ravne Ironworks</p> <p>Železarski zbornik 18 (1984) 2 p 39-44</p> <p>In May 1983 the vacuum ladle furnace (VAD process) started to operate in the steel plant II of Ravne Ironworks, while in steel plant I the hot start of VAD and VOD processes of the ladle steel metallurgy will be in the shortest time.</p> <p>The intention of introducing VAD process is described together with the technical and technological advances of our set, mainly the automatic feeding system controlled by the computer.</p> <p style="text-align: right;">Author's Abstract</p>	<p>UDK: 669.187 ASM/SLA: D8m, D9s</p> <p>Metallurgy — Steelmaking — Ladle Metallurgy</p> <p>S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik</p> <p>Description, Start, and Technological Results of the VAD Set in Steel Plant II of Ravne Ironworks</p> <p>Železarski zbornik 18 (1984) 2 p 45-48</p> <p>The VAD set and its start is described in the paper. Further, some technological data obtained during the trial operation are presented. The new technology gives great possibilities for improving the quality and for directioning the manufacturing towards high quality steels.</p> <p style="text-align: right;">Author's Abstract</p>
<p>UDK: 669.187.6; 861.142 ASM/SLA: D8p, X14k</p> <p>Metallurgy — Steelmaking — Ladle Metallurgy — Computerization</p> <p>J. Šegel, A. Rozman</p> <p>Computer Application on the EOP and VAD Equipment</p> <p>Železarski zbornik 18 (1984) 2 p 49-53</p> <p>Basic characteristics of the computerization of the EOP and VAD processes are presented with the emphasis on the results of computer application in alloying. Also the principle of automatic feeding of ferroalloys is given together with the information system of chemical analyses for the steel plant and the way of computer control of the successful production of single heats.</p> <p style="text-align: right;">Author's Abstract</p>	<p>UDK: 543.51:669.141.25 ASM/SLA: S11, STb, RMq, D9s, D8</p> <p>Chemistry — Spectroscopy — Quantometry — Steel Analysis — Slag Analysis — Steelmaking</p> <p>J. Žlof</p> <p>Chemical Problematics in Introducing Ladle Metallurgy in Ravne Ironworks</p> <p>Železarski zbornik 18 (1984) 2 p 55-64</p> <p>Newly introduced procedures, and variations and improvements of the existing methods are presented which enable fast, good and reliable information on chemical composition of melt and slag to the introducers of the new metallurgical technology.</p> <p>Each chapter — QUANTOMETRIC STEEL ANALYSIS, SLAG ANALYSIS BY X-RAY QUANTOMETER, DETERMINATION OF CARBON, SULPHUR, AND GASES IN STEEL — is a rounded unity of single techniques and methodics of work, but all the three have the same denominator, i.e. a representative sample.</p> <p style="text-align: right;">Author's Abstract</p>
Empty cell for the third row	Empty cell for the third row

СОДЕРЖАНИЕ

UDK: 669.187

ASM/SLA: D8m, D9s

Металлургия — выплавка стали — металлургия в ковше.

S. Petovar, A. Rozman, A. Lesnik

Описание, пуск и технологические результаты VAD — устройства в сталеплавильном цехе металлургического завода Железарна Равне.

Železarski zbornik 18 (1984) 2 с 45—48

В статье дано описание и пуск в ход VAD — устройства. В продолжение же приведены некоторые технологические результаты, полученные во время пробного пуска. Эта новая технология дает существенные возможности для улучшения качества и для возможности отклонения в широкой области производства высококачественных сталей.

Автореф.

UDK: 669.046.517.669—982

ASM/SLA: DAm, Dgs, 1—52

Металлургия — выплавка стали — технология в ковше — способ вакуумирования — автоматизация

V. Macur, J. Bratina

Развитие и введение вакуумной ковшевой печи в металлургическом заводе Железарна Равне

Železarski zbornik 18 (1984) 2 с 39—44

В сталеплавильном цехе 2 металлургического завода Железарна Равне в начале месяца мая 1983 г. пущена в ход вакуумная ковшевая печь (VAD способ), а в цехе 1 уже все приготовлено для пуска в ход способов VAD и VOD горячей металлургической обработки стали в ковше.

Дано описание и цель применения VAD способа. Приведены технические и технологические преимущества устройства металлургического завода Железарна Равне, в особенности автоматизированная дозировка материала при управлении с вычислительной машиной.

Автореф.

UDK: 543.51.669.141.25

ASM/SLA: S11, STb, RMq, D9s, D8

Химия — спектроскопия — квантометрия — анализ стали — анализ шлака — выплавка стали.

J. Zlof

Химическая проблематика при введении ковшевой металлургии в металлургическом заводе Железарна Равне

Železarski zbornik 18 (1984) 2 с 55—64

Рассмотрены новые введенные способы, а также изменения и улучшения существующих в настоящее время методов, на основании которых исполнителям новой металлургической технологии обеспечено быстрые, исчерпывающие и надежные информации о химическом составе расплава и шлака.

Каждая глава работы — КВАНТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТАЛИ, АНАЛИЗ ШЛАКА С РЕНТГЕНОВСКИМ КВАНТОМЕТРОМ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА И СЕРЫ, А ТАКЖЕ И ГАЗОВ В СТАЛИ — представляет собой заокругленное целое определенной техники и метода работы, а общий знаменатель всем трем главам — репрезентативный пробный образец.

Автореф.

UDK: 669.187.6; 861.142

ASM/SLA: D8p, X 14k

Металлургия — изготовление стали — металлургия в ковше — применение счётчика.

J. Šegel, A. Rozman

Применение счётчика при EOP и VAD устройствах.

Železarski zbornik 18 (1984) 2 с 49—53

Приведены характеристики применения счётчика при производстве стали в дуговых печах и при режиме металлургического процесса в ковше (EOP и VAD устройств), взяв во внимание в особенности результаты, полученные при применении счётчика при легировании. Предложен также принцип автоматической дозировки ферросплавов, информационная система химических анализов для сталеплавильного завода и метод преследования эффективности изготовления отдельной плавки при помощи счётчика.

Автореф.

