

Milan Dobovišek, dipl. inž.
Alenka Rodič, dipl. inž.
Jože Žunec, dipl. inž.
Vlado Macur, dipl. inž.
Železarna Ravne

DK: 669.15—194.2 : 669.187
ASM/SLA: SGAc; AYb; D 5

Izboljšanje kakovosti jekla za kroglične ležaje s posegi v jeklarski tehnologiji

Pri izdelavi jekla OCR 4 ex. spec. za kroglične ležaje je bilo preizkušenih več metod metalurške tehnologije taljenja. Cilj raziskave je bil izboljšanje kakovosti tega jekla z zmanjšanjem vsebnosti nekaterih vrst vključkov, z odpravo karbidnih izcej in z izboljšanjem nekaterih mehanskih lastnosti. V toku raziskave je bilo postopoma izvajano preizkušanje sprememb v dezoksidacijski tehniki med taljenjem tega jekla v elektro obločnih pečeh. Izbrana je bila metoda jeklarske tehnologije, ki je v celoti najbolj izboljšala splošno kakovost jekla, obenem pa tudi ekonomiko metalurške izdelave. Izdelanih je bilo večje število šarž na 10, 25 in 40-tonski elektro obločni peči, vse pa so bile kemično, metalografsko in mehansko preiskane. Izbrana tehnologija je bila preizkušena v daljšem obdobju redne proizvodnje.

Jeklo z osnovno sestavo 1 % C in 1,5 % Cr se uporablja v velikih količinah za najrazličnejše namene uporabe. Največ se uporablja za izdelavo krogličnih ležajev, pri čemer so kvalitetne zahteve najostrejše, precej tega jekla pa se porabi tudi za izdelavo različnih orodij in nekaterih konstrukcijskih delov. Nekaj tega jekla se uporablja tudi za mlevne elemente — palice, valje in krogle — v mlinih cementne in podobne industrije. Za jeklo, ki je namenjeno taki uporabi, ni posebnih kvalitetnih zahtev, zato je tudi izdelano na drugačen način.

Jasno je, da so z ozirom na tako različne zahteve tudi tehnološki postopki izdelave za to vrsto jekla zelo različni. V tem članku bomo v glavnem obravnavali le tisto kvalitetno varianto tega jekla, ki je namenjena izdelavi krogličnih ležajev.

Standardi posameznih držav za to vrsto jekla se po svojih kvalitetnih zahtevah med seboj razlikujejo, poleg tega pa še posamezni proizvajalci krogličnih ležajev postavljajo svoje posebne kvalitetne zahteve.

Znano je, da se jeklo za kroglične ležaje danes v svetu izdeluje v Siemens-Martinovih pečeh, v elektro obločnih pečeh, pa tudi v indukcijskih pečeh. Vsak od teh osnovnih postopkov daje jeklu

določene značilnosti. Postopki taljenja, posebno glede načina dezoksidacije, pa se celo pri enakih talilnih agregatih v posameznih metalurških podjetjih močno razlikujejo. Naše raziskave, ki jih v nadaljevanju opisujemo, so bile omejene na klasičen način taljenja v elektro obločnih pečeh. Z raziskavo smo želeli zadovoljiti zahteve jugoslovanskih kupcev tega jekla — proizvajalcev krogličnih ležajev. Na tem področju moramo poudariti, da je bilo med proizvajalcem in potrošnikom tega jekla doseženo vzorno sodelovanje pri sestavljanju tehničnih prevzemnih pogojev. Kvalitetne zahteve jugoslovanskih proizvajalcev krogličnih ležajev se najbolj približujejo zahtevam srednjeevropskih podjetij. Sovjetski GOST standardi predpisujejo tako ostre kvalitetne zahteve, da jih le malokatero podjetje lahko le izjemoma v celoti zagotavlja, posebno še ob upoštevanju ekonomskih kriterijev proizvodnje, ki pri tem jeklu zaradi nekaterih značilnosti odnosa dimenzij, količin in cen predstavljajo poseben problem.

Znano je, da omogočajo nekateri postopki, kot so elektro-žlindrin postopek, perrinizaranje ipd., več možnosti znižanja sulfidnih vključkov kakor klasičen elektro obločni postopek. Vemo pa tudi, da nekatera podjetja predpisujejo zaradi boljše obdelovalnosti ležajev na avtomatih (predvsem v Franciji) spodnjo mejo vsebnosti žvepla. V splošnem lahko trdimo, da so kvalitetne zahteve, ki jih postavlja jugoslovanska industrija ležajev, dokaj zahtevne in da jih pri obstoječih metodah in agregatih, s katerimi razpolaga železarna Ravne, ni lahko doseči.

Z ozirom na različne kvalitetne zahteve se v kontroli uporabljajo različne metode preizkušanja in tudi različni kriteriji oz. omejitve. Po obsegu se v kontroli največ uporablja za ocenjevanje standard GOST 801-60, ob katerem pa se postavljajo posebne omejitve po dogovoru med proizvajalcem in potrošnikom.

Poglejmo za primer zahteve, ki so v kontroli najpogostejše:

— Nemetalni vključki se ocenjujejo po tabelah 9, 10 in 11 omenjenega standarda, pri čemer se dopušča za vse dimenzije najvišja stopnja 4.

— Karbidne izceje se ocenjujejo po tabeli 7 omenjenega standarda z najvišjo dovoljeno stopnjo 2.

— Karbidna trakavost se ocenjuje po tabeli 8 omenjenega standarda in ne sme prekoračiti stopnje 3.

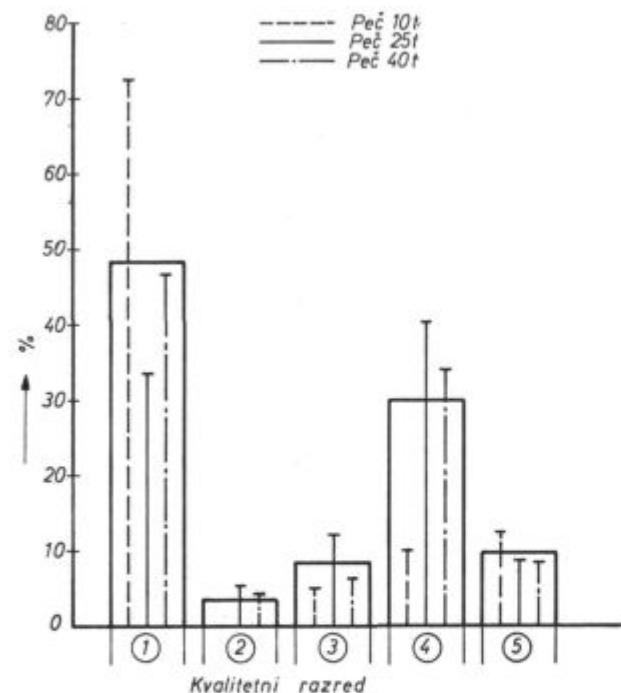
Poleg teh pogojev se postavljajo še omejitve pri ocenjevanju makrostrukture po tabelah 2 in 4 omenjenega standarda. Pri tem so dopustne meje:

- za centralno poroznost max. 2,
- za splošno poroznost max. 1,5,
- za izceje max. 2.

Zadovoljevanje vseh teh pogojev je bilo v železarni Ravne ob specifičnih pogojih izdelave jekla za kroglične ležaje v elektro obločnih pečeh nekaj časa zelo kritično, zato smo se lotili z obširnejšo raziskovalno nalogo cele vrste sprememb v tehnologiji taljenja. Preizkušali smo posamezne tehnološke spremembe v načinu legiranja posameznih elementov, dezoksidacije, temperaturnega režima, dodajanja žlinder oz. dodatkov, ali pa v celoti različne tehnologije.

Osnova za planiranje sistematične raziskave je bila dokumentacija in statistična obdelava vseh podatkov iz tehnologije in kontrole tega jekla. Pri tem smo upoštevali valjane caglje, paličasto jeklo in ležajne obročke, izdelane iz tega jekla. Posebej smo upoštevali tudi primerjave kvalitete jekla iz različnih elektro obločnih peč (10, 25 in 40 ton). Statistična obdelava je obsegala 159 šarž tega jekla iz proizvodnje v letu 1969.

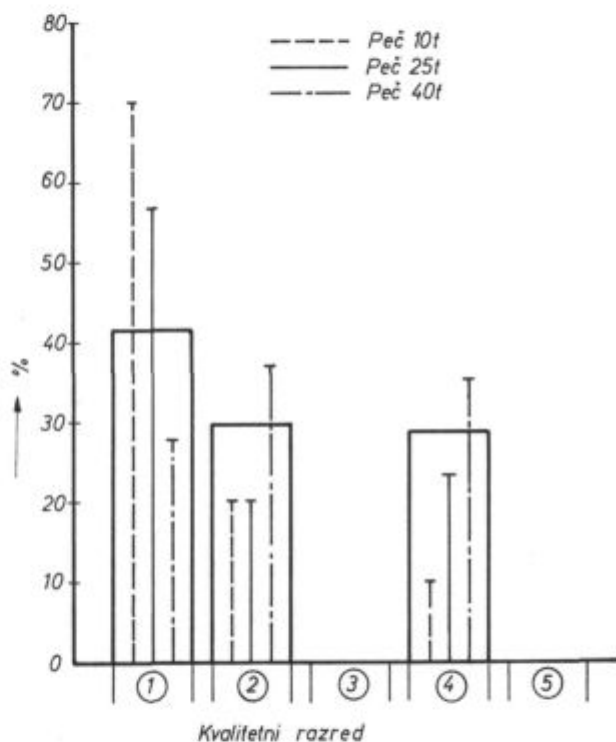
V splošnem so zaključki izvršenega pregleda za preteklo obdobje pokazali, da je bila negotovost



Slika 1
Deleži porazdelitve šarž po kvalitetnih razredih v medfazni kontroli cagljev

v izpolnjevanju kvalitetnih zahtev skoraj nesprejemljiva in ni omogočala ekonomične redne proizvodnje.

Obenem s planiranjem raziskave smo morali določiti tudi ustrezne kvantitativne kriterije za ocenjevanje kakovosti, s katerimi naj bi ocenjevali uspehe metalurških posegov in zanesljivost kvalitete v toku raziskovalne naloge in kasneje v redni proizvodnji. Na osnovi zbrane in obdelane dokumentacije preteklega obdobja smo izbrali kriterije za oceno kvalitete tako, da smo dobili pet kvalitetnih razredov, med katerimi predstavlja prvi razred najboljšo kvaliteto, peti razred pa najslabšo — tako, ki zahteva spremembo dispozicije. Jeklo petega kvalitetnega razreda se lahko uporabi le za podrejene namene na področjih, za katera ni posebnih tehničnih zahtev glede kvalitetnih karakteristik jekla.



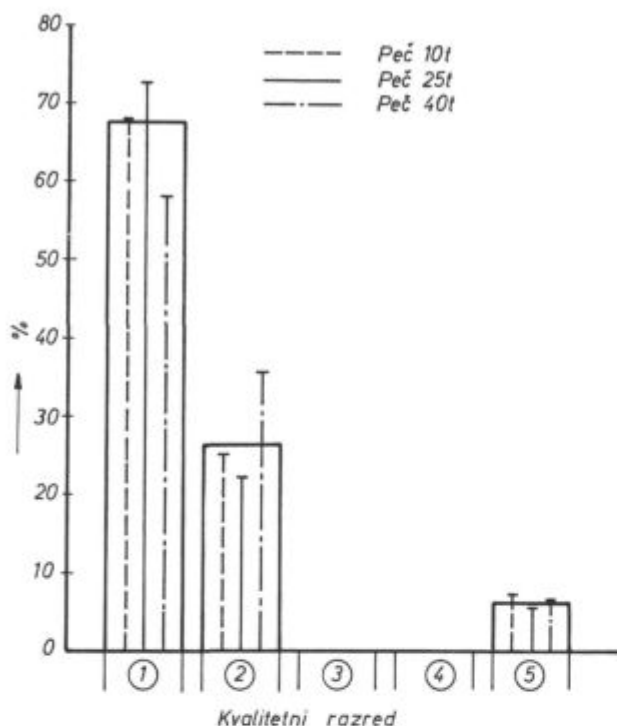
Slika 2
Deleži porazdelitve šarž po kvalitetnih razredih v končni kontroli paličastega jekla

Slika 1 kaže, kakšni so bili deleži porazdelitve šarž po kvalitetnih razredih v medfazni kontroli cagljev. Kriteriji posameznih razredov se nanašajo v glavnem na omejitve metalografsko kontroliranih lastnosti.

V medfazni kontroli na podlagi rezultatov metalografskega pregleda odredimo uporabo posameznih šarž v nadaljnji predelavi.

Na podoben način smo določali tudi v končni kontroli paličastega jekla ali pa odkovkov za obročke krogličnih ležajev deleže porazdelitve šarž po posameznih kvalitetnih razredih, kar je prikazano v slikah 2 in 3.

Iz slik 1, 2, in 3 vidimo do neke mere tudi kvalitetne razlike jekla iz posameznih peči. To pomeni, da so dane možnosti za izboljšanje s posegi v jeklarsko tehnologijo, upoštevajoč karakteristike dela na posameznih pečeh.



Slika 3

Delež porazdelitve šarž po kvalitetnih razredih v končni kontroli obročkov za kroglične ležaje

Iz obdelane dokumentacije preteklega obdobja jasno sledi zaključek, da je bila kvaliteta tega jekla preveč nezanesljiva in da je nujno potrebno s sistematičnimi raziskavami najti ukrepe, ki bodo kvaliteto tega jekla pomembno izboljšali ob sprejemljivih ekonomskih pogojih proizvodnje. Taka raziskava s poprečnimi težami šarže 30 ton pa je seveda precej dolgotrajna in ob nepremišljenem tveganju tudi zelo draga. Zato smo le postopoma preizkušali manjše variante in na osnovi kontrolnih pregledov odločali o utemeljenosti njihovega uvajanja in o vsebini nadaljnjih sprememb oz. izboljšav. Ob takem preizkušanju posameznih variant smo sproti tiste, ki niso omogočale zadovoljive ekonomičnosti, in tiste, ki so dale nezadovoljivo kvaliteto, sproti izločali iz nadaljnega preizkušanja. Glavni cilj je bil v zagotavljanju kvalitete višjih kvalitetnih razredov z manjšo neenakomernostjo kvalitete, obenem pa smo želeli skrajšati proces izdelave šarž od prejšnjih klasičnih 6 do 7 ur na ca. 5 ur.

Že v začetku raziskave smo lahko ugotovili, da na tako specifičnem področju praktično ni mogoče koristiti podatkov iz literature, ker ne gre za bistvene spremembe v postopku, ampak le za optimizacijo specifičnih pogojev, ki se od jeklarne do jeklarne, pa tudi od peči do peči, razlikujejo.

Ponovno je bila potrjena, že večkrat ugotovljena, trditev, da se pri raziskovalnih nalogah za izboljšanje enakomernosti in nivoja kvalitete največ uspeha doseže z izkoriščanjem lastne urejene dokumentacije, z obdelavo podatkov in sistematično analizo lastnih izkušenj.

Literatura je sicer prav na tem področju zelo obsežna. Tako na primer navajajo Fiedler, Lachner in Eisenkolb¹ številne ukrepe in obsežne podatke o proizvodnji surovega jekla za kroglične ležaje. Ti avtorji ugotavljajo, da nečistoče naraščajo z zviševanjem temperature taline in s povečanjem hitrosti litja. Pomemben vpliv pripisujejo razmerju Mn : Si v jeklu in trdijo, da je čistost jekla boljša, če je to razmerje večje. V svojem članku ugotavljajo celo odvisnost čistosti jekla od absolutne vsebnosti mangana v jeklu. Čim več je mangana — seveda v določenih mejah, tem bolj čisto je jeklo. Podaljšana rafinacija ugodno vpliva na čistost jekla. Dolgo čakanje s polno ponovco pred začetkom litja poslabša čistost jekla. Zviševanje količine aluminija daje čistejše jeklo, vendar le do neke meje, ker povečana vsebnost aluminija vpliva na livnost.

Hiebler, Nepel in Nöstenhall² ugotavljajo, da se jeklo s pomočjo uporabe argona v ponovci močno izboljša. Trdimo pa lahko, da niti prva niti druga skupina avtorjev po klasični tehnologiji izdelave elektro jekla ni mogla zagotoviti doseganja tehničnih pogojev, ki jih zahteva GOST 801-60. Pri svojih kriterijih ti avtorji dovoljujejo vključke z ocenami celo nad 4.

Sovjetski avtorji^{3,4,5} veliko pišejo o vplivu rafinacijske žindre na količino in tipe vključkov. Pri različnih bazičnostih in sploh različnih sestavah žlinder ugotavljajo zelo različne rezultate.

Vso to in še številno drugo literaturo smo lahko uporabili le kot koristne informacije, nismo pa mogli posameznih ugotovitev neposredno uporabiti in tudi ne preizkusiti, ker so preveč vezane na specifičnosti proizvodnje v posameznih jeklarnah, kjer so avtorji svoje raziskave izvajali.

Sami smo na primer ugotovili, da primerna bazičnost in velika aktivnost žindre močno znižuje žveplo v končni sestavi — celo na vsebnosti pod 0,006 %. Obenem pa je zanimiva ugotovitev, da ta vsebnost žvepla ni posebno odločilna za tipe in velikosti sulfidnih vključkov, ki smo jih pri takih šaržah ugotavljali. Po naših izkušnjah se morajo karbidne žindre pred izpustom taline iz peči razbiti v takšne, da vsebujejo pri izteku čim manjšo količino kalcijevega karbida, saj se ta noče izločati iz taline, ampak ostaja kot emulzija žindre v jeklu in jeklo močno onesaži.

Ugotovili smo, da je jeklo, ki je na koncu pod močno karbidno žindro, potrebno izpustiti iz peči brez žindre — z zadržanjem žindre. Obenem pa velja, da talina, izpuščena iz peči v ponovco brez istočasnega mešanja žindre, obdrži previsoko vsebnost žvepla. Torej smo rajši karbidne žindre s pomočjo oksidov kalcija delno pa z SiO₂ ali CaF₂ razbijali ter mešali žindro, ki ni imela CaC₂

z jeklom. Tako smo šarže lažje odžveplali, poleg tega pa se izognili nevarnosti lebdjenja vključkov karbidne žlindre v ponovci.

Poglejmo v kratkem glavne metode, ki smo jih z več variantami v naših raziskavah preizkusili:

1. metoda je predstavljala klasično rafinacijo. Vložek smo izbrali tako, da smo dodajali do 20 % legiranih odpadkov jekla iste sestave. K vložku ni dodanega nič grodlja zaradi potrebne nizke vsebnosti mangana v vložku. Vložek smo v celoti ogličili samo s karburitom do 1,30 % C v prvi predprobi.

Oksidacija je pričela pri temperaturi 1540 do 1580°C, nato se je ogljik oksidiral do ca. 0,9 %, za $\Delta C > 0,4$ %.

Pred oksidacijo je bilo potrebno uvesti posebno odfosforanje, zato smo dodali nekaj železove rude do 10 kg/tono taline. To je bilo potrebno tudi zaradi sigurnejšega znižanja mangana v talini. Po oksidaciji smo vršili izkuhavanje ca. 30 minut ter držali temperaturo taline blizu 1640°C. Sledil je vlek žlindre, nove žlindre $\text{CaO} + \text{CaF}_2 + \text{SiO}_2$ pa so dodali v količini 2–2,5 % od teže vložka.

Klasična rafinacija je trajala ca. 1 1/2 ure, medtem pa smo izvajali učinkovito obdelavo žlindre s prašnatimi dezoksidanti FeSi, CaSi in C (difuzijska dezoksidacija).

Legiranje FeCr se je izvršilo na belo ali karbidno žlindro. Izpust šarže s predhodnim dodatkom ca. 0,7–1 kg Al/t v peč se je izvršil z mešanjem žlindre in jekla ob izteku taline v ponovco. S ponovco smo nato čakali 5–8 minut. Temperatura prehoda je znašala 1580–1610°C (potopni pirometer).

Litje je bilo komunicirano v 2-tonske valjavske ingote s hitrostjo 20–25 cm/minuto. Litje se je vršilo z livnim praškom.

2. metoda je bila prav tako klasična rafinacija z manjšimi spremembami.

Vložek je bil brez odpadkov kromovih jekel (OCR). Spremenjeni so bili dodatki Al za dezoksidacijo. Ruda se za oksidacijo ni uporabila, ampak le kisik. Del aluminija se je dodal že po oksidaciji oz. izkuhavanju (za preddezoksidacijo).

3. metoda je imela možnost uporabe samo legiranih odpadkov. Ta metoda je enostavna pretopitev z zelo kratko oksidacijo ali brez oksidacije. V vložek pridejo samo legirani odpadki iste vrste jekla (OCR 4). V vložek se doda 1 % rude na težo vložka. Šaržo se po raztaljenju očisti žlindre ter na golo kopel popravlja vsebnost ogljika in ostalih elementov (FeCr). Nova žlindra $\text{CaO} + \text{CaF}_2$ (1,5 % od teže vložka) je karbidna, ki se jo postopoma dezoksidira s prašnatimi dezoksidanti. Ta dezoksidacija poteka preko žlindre difuzijsko.

Končni dodatek Al znaša 0,7 kg/tono jekla ter se izvrši dve minuti pred izpustom šarže. Dodatek FeSi se vrši 1/4 ure pred izpustom šarže v peči. Vse ostalo se med litjem ne menja napram metodi 1 in 2.

4. metoda naj bi omogočila hitrejšo izdelavo šarže, zato je morala biti izdelana na posebne

načine preddezoksidacijskih posegov ter izdelavo tenkotekočih aktivnih žlinder.

Vložek, odfosforanje, oksidacija so običajni s tem, da se lahko doda celo do 50 % legiranih odpadkov OCR 4 ali ekvivalentnih vrst jekel.

Oksidacijski čas je kratek in prav tako je kratek čas izkuhavanja. Po teh posegih je sledil vlek žlindre in preddezoksidacija z različnimi količinami Al. Naredili smo novo, zelo aktivno in tenkotekočo žlindro. Ta je morala v času pol ure do 50 minut omogočiti padec žvepla pod 0,012 %, kar smo postavili za končno analizo kot pogoj. Dezoksidacija je sledila v ponovci ali pa med pihanjem argona, saj smo šaržo pri tej metodi redno preprihali z argonom. Trajanje šarže smo znižali na 5 in celo manj ur. Pri tem smo imeli manj okvar na oblogi peči in povečali produktivnost peči za najmanj 20 %.

S temi štirimi metodami in manjšimi modifikacijami smo preizkusili izdelavo jekla za kroglične ležaje na 25-tonske elektro obločne peči. Vlivali smo 2-tonske kvadratne ingote ter jih vroče zakladali v globinske peči valjarne.

Tehnologija ogrevanja v globinskih pečeh je bila sorazmerno preprosta, morali pa smo vpeljati homogenizacijsko ogrevanje za odpravo karbidnih segregacij. Problem karbidnih segregacij smo dokončno rešili in lahko tudi trdimo, da danes vse šarže ustrezajo normalnim kvalitnim zahtevam, s katerimi smo imeli prej velike težave.

V toku daljšega obdobja smo kljub variantam v tehnologiji praktično izključili pojavljanje šarž, ki po čistosti ne bi zadovoljevale realnih zahtev potrošnikov jekla za kroglične ležaje.

Izboljšanje kvalitete smo v redni kontroli potrdili s serijo 51 šarž ob sistematični kontroli izvajanja predpisane tehnologije.

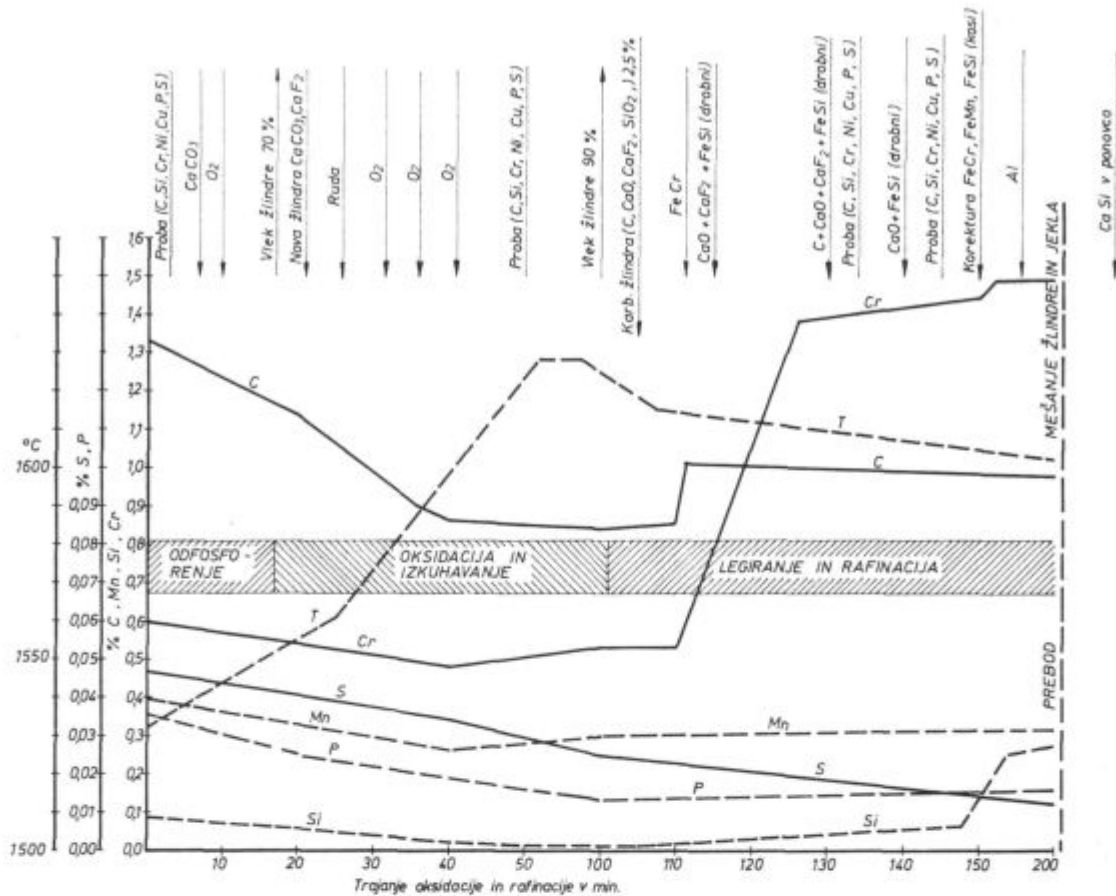
Pri vseh teh šaržah smo glede vključkov izpolnili zahteve 1. kvalitetnega razreda, zahtevam z omejitvami karbidnih segregacij pa ni ustrezala v tem obdobju samo ena šarža, pri kateri smo namenoma izpustili fazo homogenizacijskega ogrevanja. To pa je le potrdilo upravičenost uvedenih ukrepov v postopku ogrevanja pred valjanjem.

Karbidna travavost je v medfazni kontroli cagljev popolnoma zadovoljiva, zaradi različnih kriterijev pa je pri končnih dimenzijah paličastega jekla posameznih šarž še nekoliko problematična.

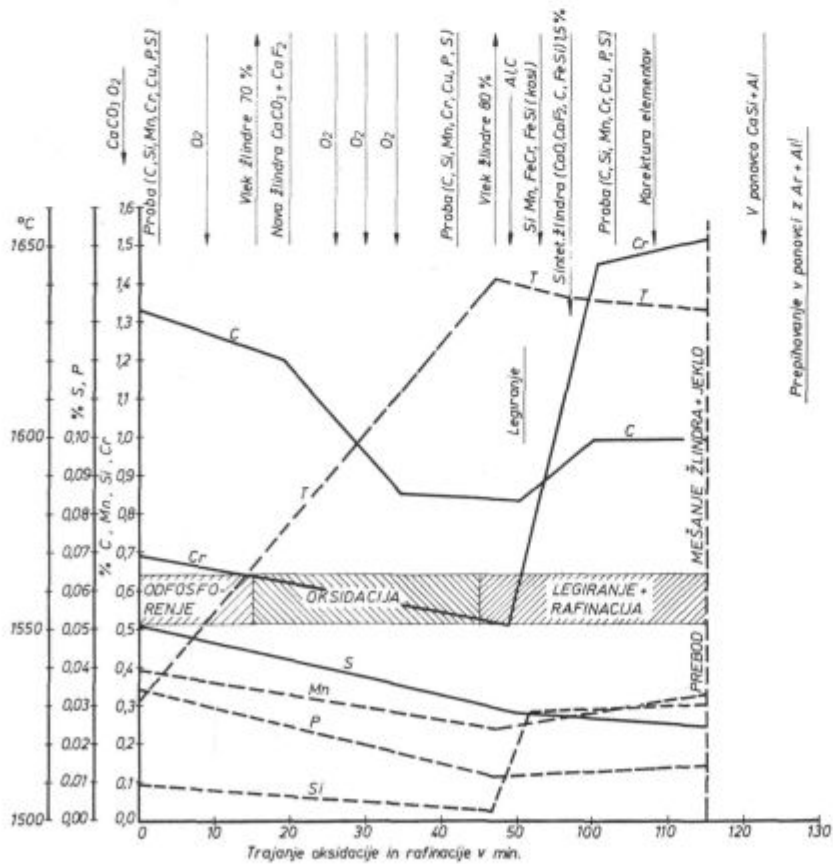
Z ukrepi, uvedenimi v toku raziskovalne naloge, smo v medfazni kontroli cagljev praktično odpravili šarže, ki bi pripadale 4. in 5. kvalitetnemu razredu. Iz slike 1 pa vidimo, da je bilo takih prej v celoti skoraj 40 %.

IZPOPOLNJENA TEHNOLOGIJA IZDELAVE JEKLA OCR 4 ex. sp.

V naši železarni je najugodnejša 25-tonska elektro obločna peč. Ima sorazmerno plitvo dno, zato je fizikalno-metalurški proces med žlindro in jeklom ugodnejši kot pri drugih pečeh.



Slika 4
Metoda daljšega taljenja



Slika 5
Metoda krajšega taljenja

Vložek lahko izberemo tako, da vsebuje do 0,7 % Cr in max. 0,27 % Cu ter max. 0,25 % Ni. Grodelj se navadno ne uporablja, ampak se potrebna količina C doda s pomočjo karburita.

Peč naj ima vzdržnost med 10. in 100. šaržo. Starejša peč ni ugodna, ker je v obzidavi tanka in nudi manj aktivne žilindre. Takoj po novi obzidavi pa zopet ne, saj je dolomitna obzidava vezana s katranom, kar lahko povzroči večjo plinavost šarže.

Potek daljšega načina taljenja prikazuje slika 4. Namesto rude je uporabljen kisik. Dodatek rude je največ 5 kg/t jekla pred začetkom intenzivne oksidacije s kisikom.

V celotni oksidacijski dobi in v dobi odfosforjenja se drago apno zamenja s cenejšim apnenecem. Dodatek CaSi v ponovcu ni nujen. Šarža, kot vidimo iz slike poteka taljenja, ni preprihana z argonom v ponovcu.

Trajanje oksidacije in rafinacije znaša skupno 2 uri.

Metoda daje ugodne rezultate glede čistosti, karbidnih segregacij, modrega loma itd.

Možna je tudi **hitrejša metoda taljenja**, po kateri se vsota vključkov nekoliko poveča, pade pa velikost posameznih tipov vključkov. Tudi ta metoda, ki jo kaže slika 5, daje popolno zanesljivost pri doseganju pogojev, ki jih zahteva domača industrija krogličnih ležajev.

Izdelava jekla je po tej metodi popolnoma različna od odfosforanja naprej, posebno pa po končni intenzivni oksidaciji taline.

Metoda bazira na hitrih posegih dezoksidacije, kjer ima glavno vlogo kot preddezoksidant večji dodatek metalnega aluminija. Mogoča je tudi zamenjava metalnega Al s FeAl.

Legiranje vseh elementov se vrši takoj po končani preddezoksidaciji.

Temperature taljenja oz. celotnega procesa v peči so višje kot pri prejšnji metodi. V ponovcu se obvezno doda CaSi.

Posebnost pri tej metodi je tenkotekoa žilindra, ki je prirejena tako, da ima posebno sposobnost odžveplanja v času izpusta taline iz peči v ponovcu. Žilindra in jeklo se morata obvezno premešavati ob izteku iz peči v ponovcu.

Nova posebnost te metode je, da se šarža preprihuje 6 minut z argonom skozi porozen čep v ponovcu. Med preprihovanjem se doda še nekaj aluminija.

Izdelava šarže po drugi metodi je hitrejša, saj trajata oksidacija in rafinacija skupno le največ 1 uro in 20 minut.

Tako smo izbrali dva načina izdelave jekla za kroglične ležaje in s tema dvema metodama lahko popolnoma zagotavljamo tehnične zahteve domače industrije ležajev.

ZAKLJUČEK

Težave, ki smo jih imeli pri proizvodnji, so zahtevale izpopolnitev tehnologije taljenja in vroče predelave jekla OCR 4 ex. spec. za kroglične ležaje v naši železarni.

Preizkusili smo razne nove tehnološke metode pri izdelavi šarž in na podlagi spremljanja kvalitativnih lastnosti jekel določili dve novi metodi izdelave jekla v elektro obločnih pečeh.

Obe metodi taljenja sta dali zadovoljive rezultate, zato smo ju sprejeli kot standardni pri proizvodnji omenjenega jekla. Ena od metod daje možnost ekonomičnejše in produktivnejše proizvodnje, saj skrajša čas izdelave v elektro obločni peči celo za več kot eno uro. Jeklo pa zadovoljuje tehnološke oz. kvalitetne pogoje, ki jih zahteva domača industrija krogličnih ležajev.

Dosegli smo povsem zadovoljivo stopnjo čistosti in karbidnih segregacij v jeklu ter s tem rešili dolgotrajen problem v proizvodnji te vrste jekla.

Literatura

1. Fiedler, Lachner in Eisenkolb: Möglichkeiten zur Beeinflussung der Schlackenreinheit bei Wälzlagerstahl — Neue Hütte, Heft 4, stran 199—207.
2. Hiebler H., V. Nepal in A. Nöstelthall: Erfahrungen mit der Argonspülung an Schmelzen 100 Cr 6. Berg und Hüttenmanische Monatshefte 114, (1969), št. 11, stran 382—389.
3. Sevčenko Z. A., A. I. Hitrik in J. I. Spektov: Rol šlaka v zagraznenji stali SH 15 krupniimi nemetalničeskimi vključenji. Metalovedenie i termičeskaja obrabotka. (Zavod Dnjevprospektstalj.)
4. Zelbet B. M., L. D. Lapoško, T. V. Malikova, S. G. Voinov, A. G. Šalimov in L. F. Kosoi: Vlijanje tehnologii vplavki stali SH 15 v boljše grupnih pečah na ee kačestvo i na dolgovečnost podšipnikov. Elektro metalurgija, Stalj št. 3, stran 223—225.
5. Sapiro C. I.: O nemetalničeskikh vključenji šarikopodšipnikovoi stali. Stalj št. 6, 1953, stran, 519—523.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Erzeugung des Kugellagerstahles OCR 4 ex. spec. sind mehrere Methoden der Stahlherstellungstechnologie untersucht worden. Der Zweck dieser Untersuchungen war die Verbesserung der Stahlqualität mit der Verminderung des Einschulssgehaltes mit der Abschaffung der Karbidzeigerungen und der Verbesserung einiger physikalischen Eigenschaften. Stufenweise sind während der Untersuchungen Änderungen in der Desoxydationstechnik

überprüft worden. Diejenige Stahlherstellungstechnologie welche im ganzen die Stahlqualität und die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung am besten ausgebessert hat, ist ausgewählt worden. Eine höhere Anzahl von Schmelzen ist an 10.25 und 40 t. Lichtbogenöfen erzeugt worden. Die gesamten Schmelzen sind chemisch, metalographisch und über die mechanischen Eigenschaften untersucht worden. Die ausgewählte Technologie ist über eine längere Zeit in der üblichen Production geprüft worden.

SUMMARY

A number of methods of metallurgical technology of melting was used in the production of OCR 4 ex. sp. steel for ball bearings. The aim of the investigation was to improve the steel quality through a decrease of certain types of nonmetallic inclusions, the removal of carbide segregation and the improvement of definite mechanical properties. Different deoxidizing methods were tested during the steel melting in an electro arc furnace. The

method which results in the highest improvement of the overall quality of steel and the best economy of metallurgical technology was finally selected. A number of charges were made on 10,25 and 40 tons arc furnaces. The specimens were mechanically, chemically and metallographically investigated. The method was tested in a long period of normal operation.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При производстве стали марки OCR 4 ex, сред. для шарикоподшипников исследовано несколько методов металлургической технологии плавки. Цель исследования улучшить качество этого сорта стали уменьшением содержания некоторых видов включений, удалением карбидных сегрегаций и с повышением некоторых механических свойств. В течении исследования постепенно определяли изменения при техники раскисления во время плавки этой

стали в электрической дуговой печи. Выбран способ при котором что касается технологии плавления полностью улучшено качество стали а также и экономическая сторона выделки. Произведено большое количество плавов в 10, 25 и 40 т. вместимости дуговых электропечей. Все плавки испытаны на химический состав, механические свойства и металлографическую структуру. Выбранную технологию исследовали после опытов во время нормального производства.