

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 jeklaro 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 prelije v prenosno ponovco. Iz prenosne ponovce prelijemo 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 odpadke 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 izklaplja 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 čistejšee 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. Venda je težišče razvoja železarne Ravne v smeri zahtevnejših ter legiranih in ne masovnih jekel.

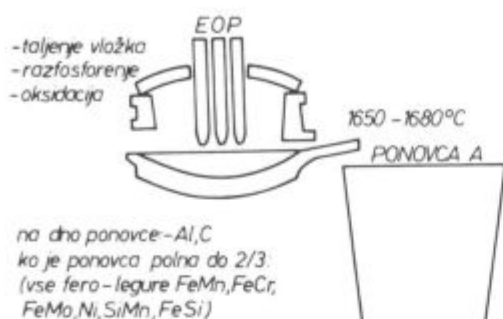
Zožitev porazdelitve končne kemične sestave jekla daje enakomernjšo kakovost jekla in je novi pripomoček za reguliranje mehanskih in kalilnih lastnosti jekla. Ozka porazdelitev vsebnosti posameznega legirnega elementa se lahko usmeri v tisto področje analiznega predpisa, ki daje boljše lastnosti jekla.

3. UPORABA RAČUNALNIKA PRI VAD

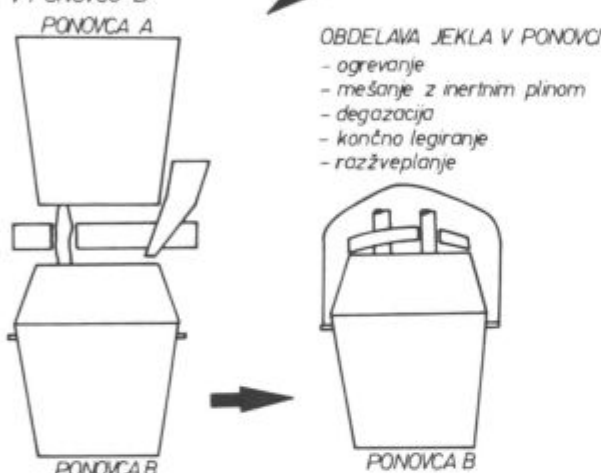
Veliko jekel se ob klasični EOP tehnologiji legira le enkrat, nekaj jekel ima eno predlegiranje neoksidacijskih elementov, pri manjšem številu jekel pa nastopi dvakratno predlegiranje ali izdelava po dveh različnih tehnologijah, oksidacijski in pretopitveni. Za vse te primere ima računalnik pripravljene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

Nova ponovna 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



OBDELAVA JEKLA V PONOVCI
-ogrevanje
-mešanje z inertnim plinom
-degazacija
-končno legiranje
-razžveplanje

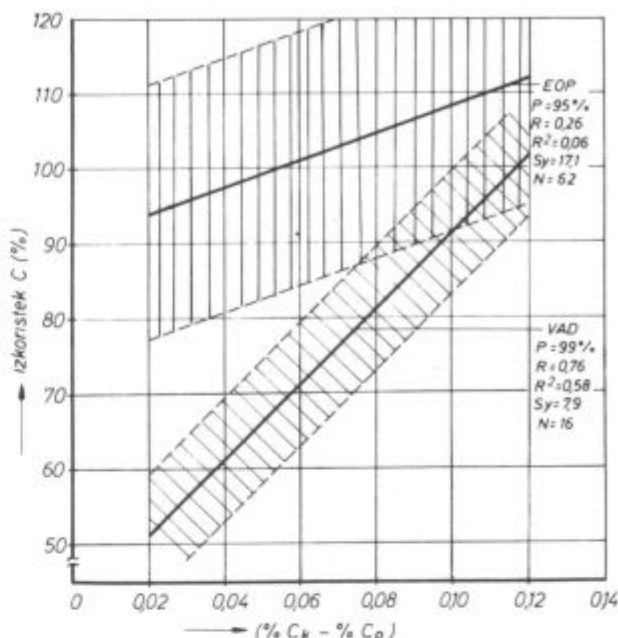
Slika 1
Shema postopka izdelave jekla s ponovno tehnologijo

Fig. 1
Scheme of steelmaking by ladle metallurgy

ponovne 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 ponovno 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 jeklarne.

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 bogatjenju 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 jeklaro. Tekoče se pripravljajo tudi grafični in tabelarni pregledi problematične, neuspele proizvodnje, vključno z reklamacijami.

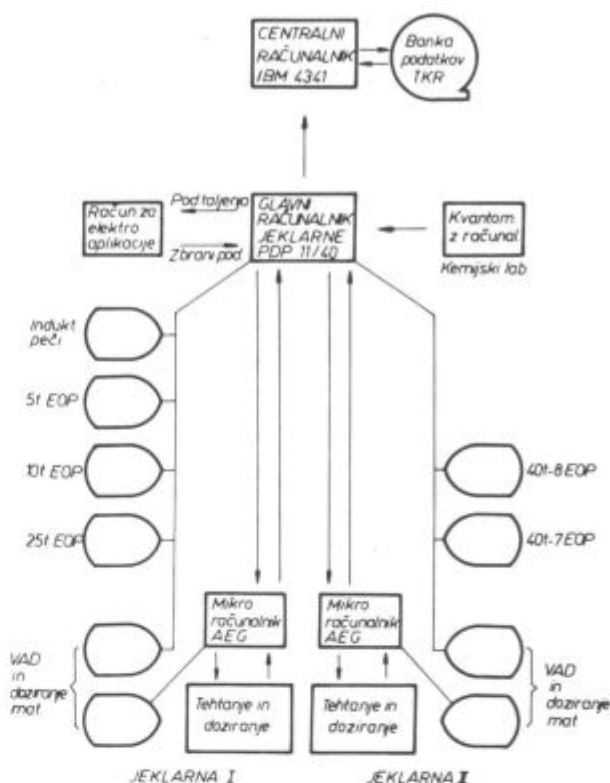
5. POVEZAVA AVTOMATSKEGA DOZIRANJA Z OBSTOJEČIM RAČUNALNIŠKIM SISTEMOM

Vključitev ponovne tehnologije in avtomatizirane doziranja materialov pomeni pomembno razširitev funkcij obstoječega računalniškega sistema. Avtomatizirano doziranje v jeklaro 1 in 2 železarne Ravne je podprto z dvema mikračunalnikoma 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 jeklarne 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 stehtati in dozirati.

Po opravljenem doziranju posameznega materiala mikračunalnik pošlje na PDP11/40 računalnik povratne informacije o dejanski stehtani 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 jeklarne. 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 jeklarne Železarne Ravne

Fig. 4

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

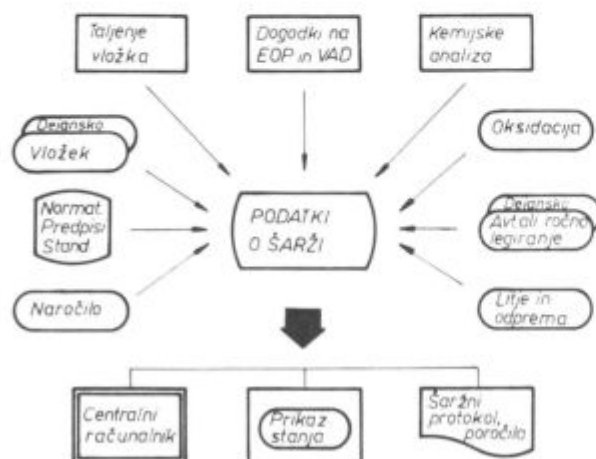
Tako zbrani podatki so točnejši in zanesljivejši. Tekoče kažejo dejanske stroške izdelave posamezne šarže in nepravilnosti pri vodenju šarž.

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 vložitve ali negospodarnega legiranja hitro prekoračijo sprejemljive vrednosti. Odstopanja so lahko hitro za nekajkrat višja, kot znaša vrednost vloženega dela.

Neposredno zajemanje podatkov med procesom izdelave šarže je vezano na avtomatsko registriranje in prenos podatkov v računalnik ter ročno vtiskavanje 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 vtiskati 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

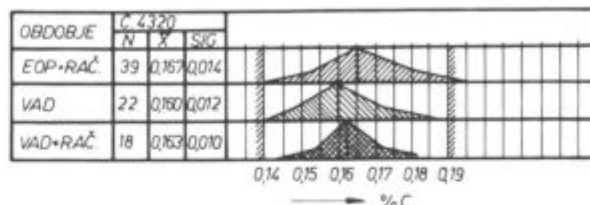
Podatki se prenašajo tudi na centralni računalnik za potrebe obračuna, ekonomskih analiz in polnjenje banke podatkov TKR.

7. PRVI REZULTATI UPORABE RAČUNALNIKA NA VAD

Ena od prednosti, ki smo jo od nove VAD naprave pričakovali, je bilo tudi manjše trošenje 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 trošenja legirnih elementov.

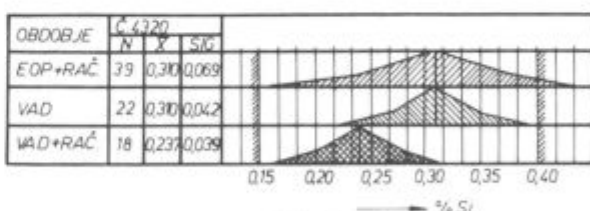
Na sliki 6 do 9 je prikazana primerjava porazdelitev končnih vsebnosti C, Si, Mn in Cr med šaržami, izdelanimi v EOP in VAD napravi, za cementacijsko jeklo EC80. Iz omenjenih slik je razvidno, da se je širina porazdelitve zožila pri C za tretjino, pri Si, Mn in Cr pa kar za polovico!

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



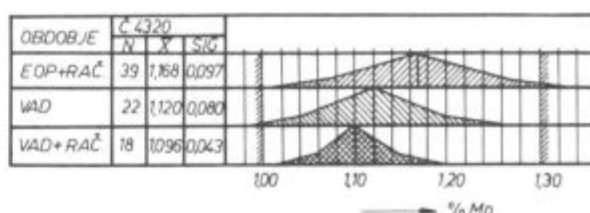
Slika 6
Primerjava lege in širine porazdelitve % C pri legiranju v EOP in VAD

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



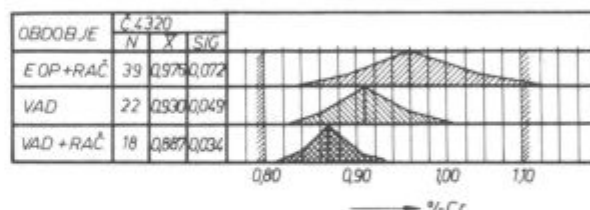
Slika 7
Primerjava lege in širine porazdelitve % Si pri legiranju v EOP in VAD

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 trošenje 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 Normverhältnissen, 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 результатах и на сравнениях 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.