

## Študija možnosti uvajanja procesnih računalnikov na elektroobložne peči

V članku je opisan sistem računalniškega vodenja elektroobložne peči. Prikazana je zgradba sistema in vodenje posameznih tehnoloških faz z navedbo glavnih koristi in izboljšav, ki jih lahko pričakujemo od računalniško vodene in kontrolirane elektroobložne peči.

### UVOD

Ko so se v Železarni Ravne odločili, da pričnejo študirati možnosti uvajanja procesnih računalnikov na elektroobložne peči, so prav gotovo imeli pred očmi podatke o množičnem uvajanju procesnih računalnikov v železarnah po svetu — tako na Zahodu kot na Vzhodu, kajti po najnovejših podatkih<sup>1</sup> vodi in kontrolira metalurške tehnološke procese že preko 1000 procesnih računalnikov.

Postavlja se vprašanje zakaj se pravzaprav tako širi uporaba procesnih računalnikov.

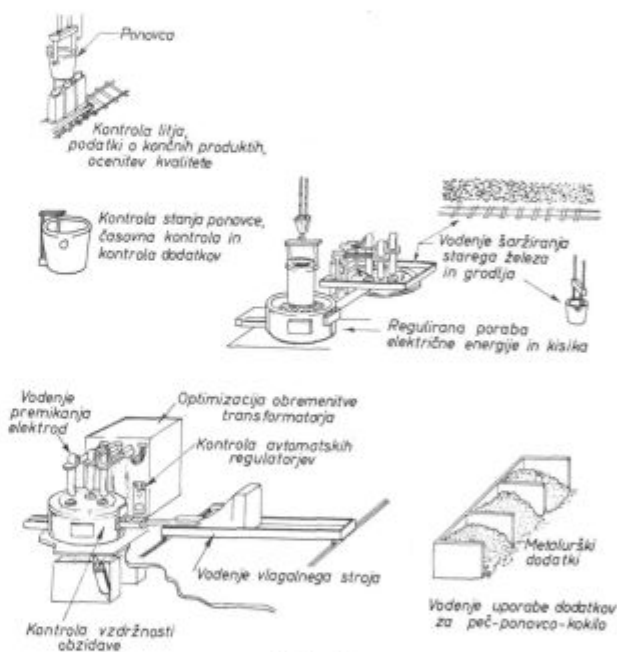
V glavnem je to posledica vse močnejšega stremljenja metalurgov za optimizacijo procesa. Glavne koristi, ki jih lahko pričakujemo od računalniško vodenega procesa v elektroobložni peči in ki jih peči, vodene s procesnimi računalniki tudi dejansko dosegajo, so obsežene v vodenju električnega režima, vodenju posameznih tehnoloških faz, pri kakovosti jekla itd.

V nekaterih podjetjih, ki uporabljajo procesne računalnike, so podrobneje analizirali koristi teh računalnikov<sup>2</sup> in rezultati so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1 — Koristi od uporabe procesnih računalnikov

Država	Število anketiranih	Enakost proizvodnje	Izboljšanje kakovosti	Učinkovito planiranje	Hitrejša menjava izdelkov
		%	%	%	%
ZDA	32	65,2	69,5	8,6	21,7
Japonska	14	100,0	87,5	71,4	42,8
Evropa	24	46,1	42,3	46,1	26,9
Argentina	2	33,3	33,3	100,0	33,3
Mehika	3	50,0	50,0	50,0	—
Kanada	6	50,0	25,0	—	25,0
	81	58,5	52,8	32,8	25,7

Možnih je več načinov računalniškega vodenja oziroma kontroliranja tehnološkega postopka. Pri najprimitivnejših sistemih je računalnik uporabljen le kot zbiralec podatkov, pri najpopolnejšem sistemu, imenovanem »close-loop« sistem, pa računalnik dejansko vodi in kontrolira celoten proces oziroma vse posamezne tehnološke faze, kar prikazuje slika 1<sup>3</sup>.



Slika 1  
 Prikaz uporabe procesnega računalnika pri delu elektroobložne peči

### ZGRADBA RAČUNALNIŠKEGA SISTEMA

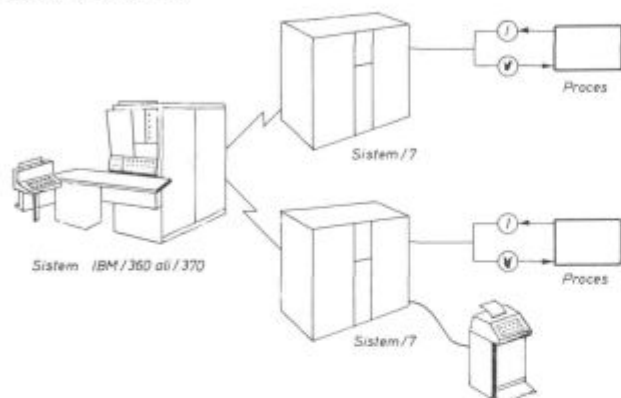
Sistem računalniškega vodenja je sestavljen iz »hardware« in »software« opreme.

#### »Hardware« elementi

Najvažnejša »hardware« elementa sta elektroobložna peč in digitalni računalnik. Ta je lahko poseben procesni ali pa navadni računalnik. Od vrste uporabljenega računalnika zavisi stopnja dovršenosti računalniškega vodenja procesa, kajti z navadnim digitalnim računalnikom lahko s pomočjo terminalov kontroliramo le nekatere tehnološke

faze postopka. Ne moremo voditi električnih parametrov in nimamo možnosti, da z različnimi instrumenti konstantno obveščamo računalnik o stanju procesa. Vse te pomanjkljivosti odpadejo, če vodimo proces s pravim procesnim računalnikom.

Procesne računalnike izdelujejo številna podjetja na svetu kot Siemens, AEG, World Systems Laboratories, Control Data Corporation, IBM in druga. Večina procesnih računalnikov teh firm deluje samostojno. Procesni računalnik firme IBM z oznako IBM/sistem 7 pa deluje lahko samostojno ali kot satelitni računalnik nekega velikega centralnega digitalnega računalnika, kar je prikazano v sliki 2.

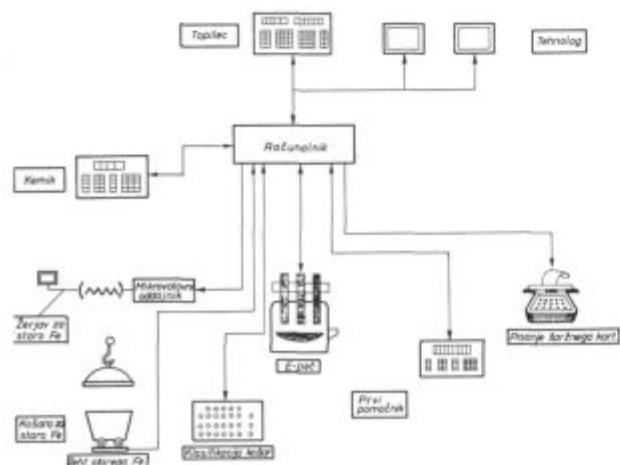


Slika 2

**Povezava procesnega računalnika IBM sistem 7 s centralnim računalnikom**

Prednosti take povezave so precejšnje<sup>4</sup>. Lahko namreč direktno koristimo podatke iz velikega računalnika, na katerem je programiranje bistveno lažje kot na procesnem računalniku. Procesni računalnik pa posebno v začetku uporabimo le kot zbiralec podatkov za veliki računalnik in nato sčasoma prenašamo posamezne programe iz velikega na procesni računalnik.

Med »hardware« opremo štejemo tudi razne konzole in dodatno opremo — n. pr. terminal v kemičnem laboratoriju. Sistem povezave teh elementov z računalnikom in pečjo je prikazan<sup>5</sup> na sliki 3.



Slika 3

**Sistem povezave elementov računalniško vodenega procesa**

Shematsko prikazane konzole so zato, da preko njih računalnik obvešča posadko o stanju peči in o potrebnih posegih v delo peči in da v obratni smeri posadka preko gumbov in stikal na konzolah obvešča računalnik o željeni kvaliteti jekla, o številu založenih košar ...

Preko printerja nam računalnik zapisuje ves potek postopka z zaznambo vseh operacij, zastojev, prekinitev itd., kar po podatkih iz literature zelo poveča disciplino pri delu.

### »Software« elementi

Pod imenom »software« oprema razumemo potrebne programe za računalnik. Program je vrsta navodil, ki vodijo računalnik in se normalno vnaša v računalniški sistem v obliki luknjastih kartic ali luknjane traku.

Potrebni so tako imenovani aplikacijski programi, ki jih mora narediti vsaka jeklarna zase, ali pa je kupljene programe potrebno prirediti lastnemu proizvodnemu programu in potrebam.

Izdelava takega programa gre po naslednjih stopnjah:

1. podrobno analizirani in urejeni podatki o toplotnih režimih posameznih šarž, o delovnih karakteristikah peči, o tehnoloških parametrih;
2. standardizacija določene delovne prakse za vse vrste izdelkov;
3. zbiranje podrobnih podatkov o ceni starega železa, grodlja, elektrod, ognjeodpornih materialov, kisika, sestavin žlindre, dodatkov za legiranje;
4. matematične, statične in ekonomske analize vseh tipov zgornjih podatkov in določitev ključnih odvisnosti med spremenljivkami (npr. zveza med količinami potrebnega vpihanega kisika in ogljikom), narast temperature jekla med pihanjem kisika, odvisnost hitrosti taljenja starega železa od električnih parametrov;
5. aplikacija fizikalnih, kemičnih in termodinamičnih zakonov, da se potrdi in po potrebi dopolni empirične odvisnosti;
6. formulacija matematičnega modela, ki temelji na ugotovljenih ključnih odvisnostih;
7. izdelava aplikacijskega programa, ki temelji na združitvi matematičnega modela in standardiziranega tehnološkega postopka
8. testiranje aplikacijskega programa.

Da pa računalnik programe pravilno in optimalno koristi, so potrebni točni in pogostni vhodni podatki, ki jih dobimo le s številno in precizno merilno tehniko.

### Podatki za delovanje računalnika

Signale, ki prihajajo ali odhajajo iz računalnika, razdelimo na analogne in digitalne vhodne in izhodne signale.

**Analogni signal** je v obliki električne napetosti ali toka, ki lahko predstavlja različne fizikalne veli-

čine kot temperaturo, pritisk itd. Velikost oziroma jakost signala pa mora biti proporcionalna spremeljivki, ki jo merimo.

**Digitalni signali** prihajajo občasno in zaznavajo spremembe kot npr. pričetek ali konec neke operacije, premik nekega dela agregata itd.

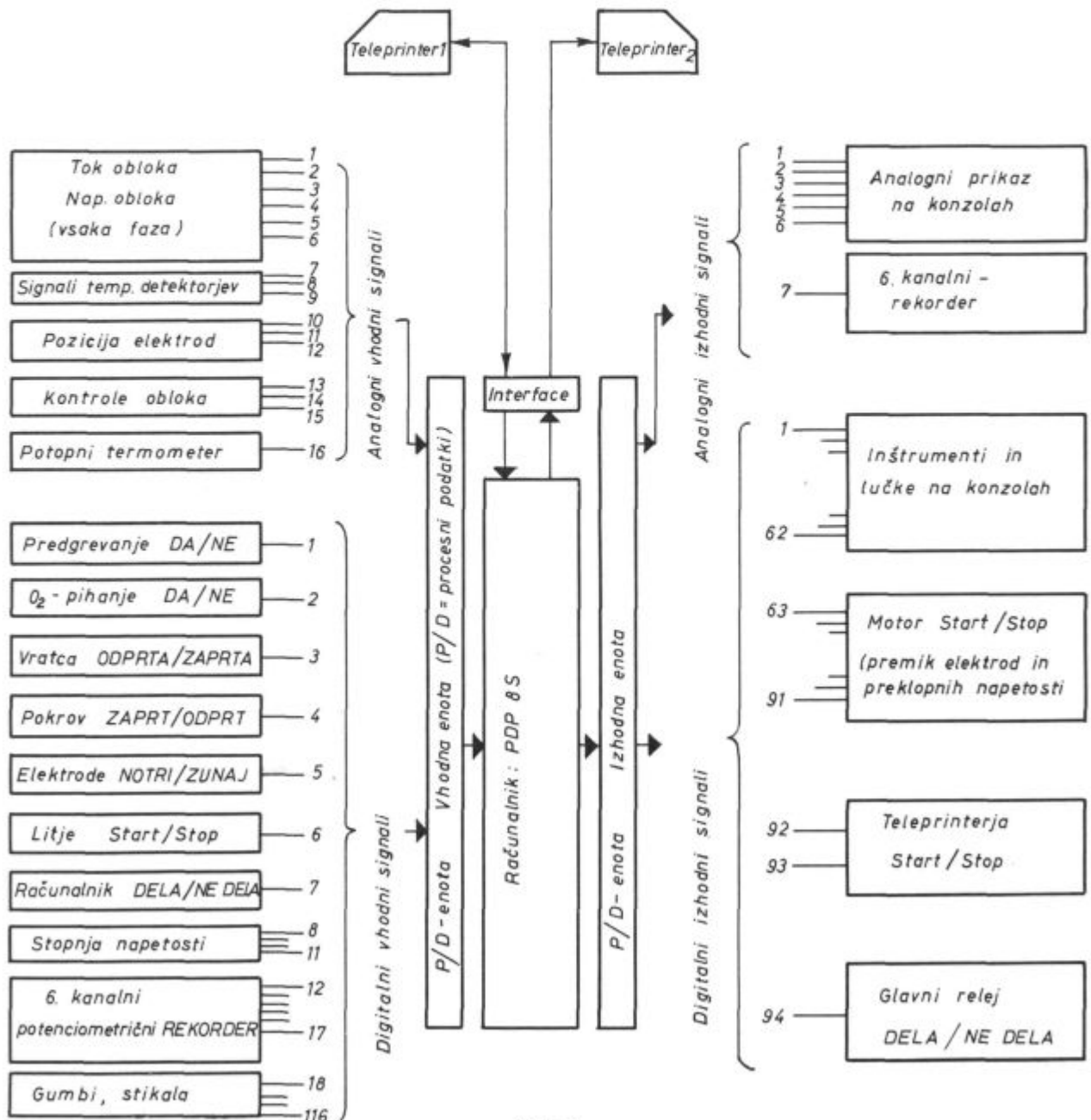
Ločimo štiri skupine merilnih količin, ki jih vodimo v računalnik:

1 — vhodni podatki za vodenje in kontroliranje električnega režima na peči: stopnja transformatorja (digitalno), napetost na elektrodah (analogno), tok elektrod (analogno), položaj tokovnega regulatorja (digitalno ali analogno), temperatura oboka in sten (analogno), položaj oboka (digitalno);

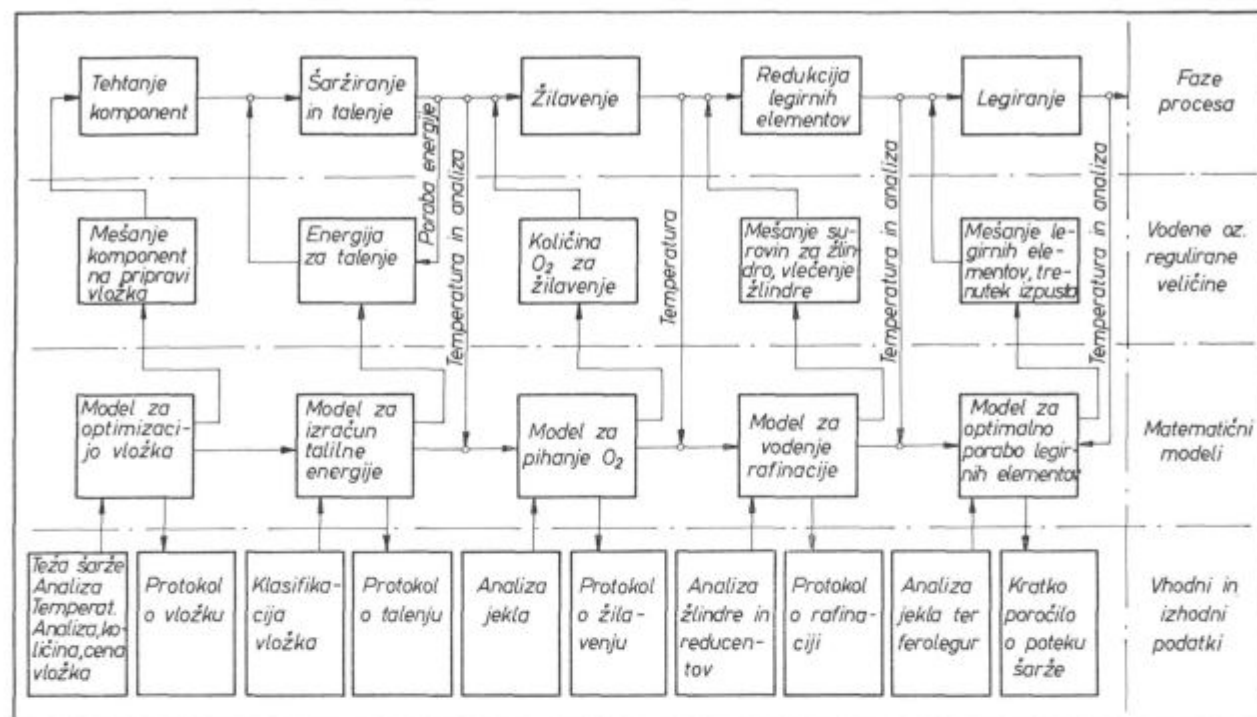
2 — meritve temperature jekla, pretokov, vpihanega kisika, podatki o tehtanju starega železa, ferolegur, dodatkov za žilindro itd.;

3 — vhodni podatki iz kemičnega laboratorija — hitra in točna kemična analiza elementov v jeklu je ena od osnovnih zahtev pravičnega in koristnega delovanja procesnih računalnikov. Najhitrejši in najpravičnejši rezultate dobimo, če je tudi kvantometer opremljen s procesnim računalnikom, ki je direktno zvezan z računalnikom na obločni peči;

4 — vhodni podatki o stanju raznih pomožnih operacij, kar zaznava računalnik preko gumbov in stikal, ki označujejo stanje posameznih delov, sklopov ali mehanizmov na peči ali na pripadajoči dodatni opremi;



Slika 4  
Računalnik z vhodnimi in izhodnimi signali



Slika 5  
Povezava vodenja posameznih tehnoloških faz

Na sliki 4 so shematsko prikazani nekateri omenjeni vhodni in izhodni podatki<sup>6,7</sup>.

Na elektroobločni peči uporabljamo procesni računalnik za vodenje oziroma kontrolo posameznih tehnoloških faz ter za kontrolo in vodenje električnega režima v celotnem procesu. Povezava vodenja posameznih tehnoloških faz s prikazom potrebnih matematičnih modelov in podatkov za računanje s temi modeli, je razvidna iz slike 5<sup>8</sup>.

## KONTROLA IN VODENJE ELEKTRIČNEGA REŽIMA

**Električni režim** med obratovanjem obločne peči razdelimo vsaj v dve karakteristični obdobji: a) obdobje taljenja in b) obdobje raztaljenega vložka.

a) V času taljenja mora računalnik voditi obratovanje po vnaprej določenem programu: začetek taljenja z znižano napetostjo oziroma močjo, samo taljenje z maksimalno močjo loka in konec taljenja z močno reducirano močjo. Program taljenja mora biti voden kontinuirno.

b) Obratovanje pri raztaljenem vložku mora biti voden po povsem drugih kriterijih. Programiran mora biti proces z maksimalnim izkoristkom oziroma proces z minimalnim erozijskim indeksom.

Računalnik bo torej vodil obratovanje obločne peči tako, da bo po raztalitvi vložka znižal napetost in tudi lok na izračunane vrednosti.

Izrednega pomena pri vodenju električnega režima je tudi optimizacija obremenitve več obločnih peči istočasno. S procesnim računalnikom je moč doseči, da obratujejo posamezne obločne peči v odvisnosti ne samo od trenutnega stanja posamezne peči, temveč v odvisnosti od potečenega procesa v peči ter od predvidevanj obratovanja peči za prihodnje časovno obdobje. Mnogokrat nujno zmanjšanje obtežbe moči mora biti izvedeno na onem agregatu, kjer je upošteva prioriteten red — go-spodarska škoda najmanjša.

## OPTIMIZACIJA PRIPRAVE VLOŽKA IN PORABE FEROLEGUR

**Priprava vložka** za elektroobločno peč je operacija, kjer lahko s pomočjo linearnega programiranja in računalnika zelo veliko prihranimo. Linearno programiranje je matematična tehnika, ki omogoča optimalno razvrstitev parametrov v primerih, ko je možna različna razvrstitev le-teh. Za izvedbo takega programa optimizacije vložka mora vsak material imeti svojo kartico s ceno in težo vseh kontroliranih elementov, ki jih vsebuje. Pripravljene morajo biti tudi kartice o karakteristikah različnih kakovost jekel, kot npr. teže, oblika kakršnekoli povezave med komponentami v vložku in specifikacije, ki omogočajo uporabo posebnih materialov.

Program je namenjen doseganju najcenejše sestave vložka. Najprimernejša sestava bo povzročila, da bo kemična analiza dragih elementov blizu



spodnje predpisane meje, po drugi strani pa bo vsebnost cenениh elementov blizu zgornje predpisane meje. Zato lahko zožimo in premaknemo k spodnjim mejam predpisane vsebnosti dragih legirnih elementov.

Podobno lahko izračunavamo tudi optimalne količine ferozlitin,<sup>9</sup> vendar se izračun za dodatek ferozlitin loči od izračuna vložka v naslednjem:

— poznati je potrebno vrstni red dodajanja ferozlitin

— upoštevati je potrebno razne fizikalno-kemične reakcije in zakone

— v peči je že material, katerega kemično sestavo moramo poznati.

Zato je za konstrukcijo modela za izračunavanje dodatka ferozlitin potrebno poznati:

— kemično analizo in glavne lastnosti jekla

— količino izdelanega jekla

— količino, kemično analizo in ceno vseh ferozlitin

— praktične delovne parametre (npr. bazičnost žlindre).

Za izračunavanje programov s pomočjo linearnega programiranja ni nujno, da imamo procesne računalnike, ker lahko take programe rešujejo tudi navadni digitalni računalniki.

## VODENJE RAFINACIJE

**Vodenje rafinacije**, ki je za izdelavo jekla gotovo največjega pomena, je odvisno predvsem od pravičnega in obširnega programa za računalnik.

Iz tabele 2 je razvidno, kako poteka računalniško vodenje rafinacije<sup>10</sup>:

Tabela 2 — Potek rafinacije (podčrtani so odgovori talilca)

- 03/15 TEMP. KOPELI JE 1535 (°C)  
KONEC SARŽIRANJA IN TALENJA  
SKUPEN CAS 02.85 H, SKUPNO KWH  
028863
- 03/16 VZETI PROBO ZA OGLJIK, ŽVEPLO IN  
LEGIRNE ELEMENTE
- 03/18 **VZETA PROBA**
- 03/18 NASTAVITI MOČ NAP 04, TOK 080, ZA  
08 MIN
- 03/18 **MOČ NA NAP 04, TOK 81, 79, 80**
- 03/22 OGLJIK 035
- 03/26 IZRACUNANA TEMP. KOPELI JE 1550
- 03/26 IZKLOPITI MOČ  
PIHANJE KISIKA, 21.2 ENOTE  
ZA 10 MIN
- 03/26 **MOČ IZKLOPLJENA**
- 03/27 PRICETEK PIHANJA KISIKA
- 03/27 035C, 034S
- 03/27 024MN, 031CU, 002SI, 015NI, 005CR,  
002MO

- 03/28 013P, 000AL
- 03/28 KONEC ANALIZE
- 03/37 PREKINITI PIHANJE KISIKA
- 03/37 IZMERITI TEMP. IN VZETI PROBO  
V 05 MIN
- 03/37 NASTAVITI MOČ NAP. 04, TOK 075,  
ZA 05 MIN
- 03/38 **MOČ NA NAP. 04, TOK 76, 76, 75**
- 03/38 PIHANJE KISIKA KONCANO  
21.75 ENOT  
RAZLIKA KOLICINE KISIKA  
00.55 ENOT
- 03/44 IZKLOPITI MOČ  
VZETI PROBO ZA OGLJIK IN  
LEGIRNE ELEMENTE  
IZMERITI TEMPERATURO
- 03/45 **MOČ IZKLOPLJENA**
- 03/46 TEMP. KOPELI JE 1567
- 03/48 **VZETA PROBA**
- 03/48 NASTAVITI MOČ NAP 04, TOK 075,  
ZA 14 MIN
- 03/49 **MOČ NA NAP 04, TOK 76, 76, 75**
- 03/57 016C, 015MN, 002SI
- 03/57 KONEC ANALIZE
- 03/59 VSEBNOST MN, NE SE DODATI  
REG. MN 1495 — 0138 = 1357
- 04/02 IZKLOPITI MOČ  
VZETI PROBE ZA C, MN  
NASTAVITI MOČ NA ISTO NAP. IN TOK
- 04/02 **MOČ IZKLOPLJENA**
- 04/05 **MOČ NA NAP 04, TOK 76, 76, 75**
- 04/05 **VZETA PROBA**
- 04/11 IZRACUNANA TEMP KOPELI JE 1608
- 04/11 DODAJ MN V PEČ  
IZLITI PEČ 05 MIN PO DODATKU MN
- 04/11 IZKLOPITI PEČ
- 04/11 NASTAVITI MOČ NA NAP 06, TOK 055,  
ZA 05 MIN
- 04/13 **DODANO MN 1355**
- 04/14 **MOČ NA NAP 06, TOK 55, 52, 55**
- 04/15 014C, 015MN
- 04/16 NAOGLJICENJE V PONOVCI  
0015 ČISTEGA OGLJIKA
- 04/18 PRICNITE Z IZLIVANJEM PEČI
- 04/19 IZKLOPITI MOČ
- 04/19 PREBOD
- 04/22 KONCANO LITJE
- 04/22 SKUPNA PORABA KWH 032250
- 04/25 TEMPERATURA JEKLA V PONOVCI JE  
1588
- 04/48 PEČ PRIPRAVLJENA ZA PONOVRNO  
SARŽIRANJE

Ce je izmerjena temperatura v pravih mejah, zahteva računalnik, da se vzame proba za analizo jekla. Ko iz kemičnega laboratorija pride analiza, računalnik izračuna potrebno toploto in potrebno količino kisika za žilavenje. Na podlagi količine ogljika, ki naj zgori, se izračuna tudi predvidena temperatura ob koncu pihanja. Po pihanju ukaže računalnik, da se vzame nova proba, ki služi kot osnova za izračun dodatka ferozlitin, kar se zopet izračuna s pomočjo predhodno vloženi programov.

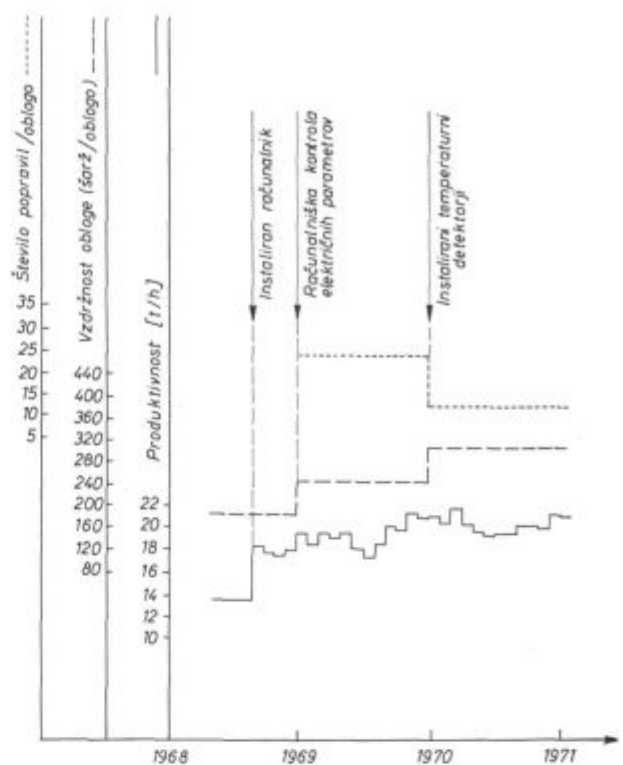
Prikazali smo kako računalnik vodi proces. Vsak dogodek se časovno beleži in vsak neplanirani zastoj ali napačno delovanje peči mora talilec oziroma posadka pojasniti, kar prispeva, kot smo že omenili, k večji disciplini pri delu.

### OCENA DELOVANJA RAČUNALNIŠKO VODENE ELEKTROOBLOČNE PEČI

Iz opisovanja delovanja že instaliranih procesnih računalnikov je razvidno, da se dosežejo naslednje koristi in izboljšave pri delu elektroobložne peči<sup>6, 10, 11, 12, 13</sup>:

- vodenje oziroma kontrola električnega režima
- koordiniranje obremenitve več peči
- izboljššan tok materiala
- izboljššana tehnologija
- manjša poraba ferolegur
- krajši čas od preboda do preboda in s tem večja storilnost
- boljša vzdržnost obloge
- večja kakovost izdelkov
- odlična in neodvisna kontrola dela peči in posadke
- večja disciplina pri delu
- lažje in pravilnejše planiranje proizvodnje
- možnost točne kontrole surovin za pripravo vložka.

V tabeli 3 in na sliki 6 je prikazana aplikacija procesnega računalnika na delo 50 t UHP peči v Železarni CHRISTIANIA SPIEGEVERK na Norveškem<sup>6</sup>, kjer so 1968 instalirali tak računalnik.



Slika 6  
Produktivnost peči in vzdržnost obloge pri računalniško vodeni elektroobložni peči

V ZDA so pri popolnem vodenju obložne peči z LECTROPACE računalniškim sistemom dosegli naslednje koristi<sup>13</sup>:

- porast produktivnosti do 15 %, kar znese skupno s prihrankom na elektrodah, na obzidavi itd. 1,50 do 2,25 \$/tono,
- optimalna poraba različnih surovin za pravilno sestavo vložka in dodajanje ferolegur prispeva do 1,90 \$/tono,
- pri kontroli in vodenju peči so dosegli prihranek do 0,75 \$/tono.

Skupna korist je torej od 1,50 do 6,0 \$/tono — kjer pa niso upoštevali koristi od izboljšane kvalitete, od zmanjšanja števila »škart« šarž in od izboljšane planiranja proizvodnje.

Tabela 3 — Prikaz delovanja računalniško vodene 50 t elektroobložne peči\*

	1968	1969	1970	1971
1. Skupna proizvodnja (t)	94.307	118.595	124.447	137.147
2. Produktivnost (t/h)	15,0	19,2	20,1	22,1
3. Vzdržnost sten peči	184	237	288	277,6
4. Vzdržnost oboka peči	89,4	90,9	98,2	102,0
5. Število popravil/oblogo	16,5	23,5	14,5	8,2
6. Zastoji zaradi popravil (h)	76,5	72,7	37,7	18,3
7. Skupni zastoji (% celotnega časa)	13,55	10,60	11,10	9,15

(\* interni podatki)

Zanimivo je sedaj primerjati stroške za nakup računalnika in opreme, s koristmi od njegove uporabe.

Računa se, da so stroški za računalnik z »hardware« opremo od 60.000 do 100.000 \$, cena »software« programske opreme pa je od 40.000 do 100.000 \$, kar zavisi od obširnosti programov in tudi od proizvajalcev.

Skupni stroški nabave kompletnega računalniškega sistema so torej med 100.000 in 200.000 \$.

Ce računamo s povprečno koristjo 3,0 \$/tono in z mesečno proizvodnjo 15.000 ton, bi prihranili 45.000 \$ mesečno.

Za vzdrževanje sistema porabimo do 10.000 \$ in čisti prihranek bi bil 35.000 \$ mesečno.

Glede na ceno računalniškega sistema bi nakup amortizirali v 3 do 6 mesecih. Vedeti pa je treba, da traja 3 do 5 let, da se doseže dovolj izpopolnjen sistem računalniškega vodenja, ki nam omogoča omenjene koristi.

#### Literatura:

1. N. N.: Entwicklung Konventionell instrumentierter und prozessrechnergesteuerter Systeme, Messen-Steuern-Regeln, Oktober 1971;

2. Shah R., A. M. Greene: World Steelmen Report on Use of Process Computer Control, IAMI, May 1970, 27—29;
3. Brosvic J. A.: Computer Control Systems for Reducing Operating Costs in Oxygen Steelmaking and Electric Arc Furnaces, Iron and Steel Engineer, September 1963, 153—163;
4. N. N.: Das IBM System 7, Posebna brošura;
5. Mulcahy J. A., G. H. Samuel: Lake Ontario Steel's Computer — Controlled Electric Arc Meltshop, Blast Furnace and Steel Plant, November 1970, 801—805;
6. Riddervold H. W., M. Mohagen, O. P. Thoresen: Computer controlled steel melting in a 50 tons electric arc furnace, Congres International sur le four électrique a arc en aciérie, Cannes (France), 7—9 juin 1971;
7. Shah R.: Steelmaking Automation Quickens, IAMI, May 1970, 30—32;
8. N. N.: Automatisierung des Lichtbogenofens, AEG 4416.633 E 455/0469
9. Schroeder D. L.: The Place of Time Sharing in Steelmaking Automation, Electric-Furnace Proceedings, 1970, Vol. 28, 142—149;
10. Weinheimer F. E.: The Computer in Electric Furnace Melting, Journal of Metals, April 1969, 69—76;
11. Gloven D. O.: Computer Control for Electric Furnace Steelmaking, Journal of Metals, December 1964, 963—966;
12. Stenhouse J. F.: Application of Digital Computer to the Control and Direction of an Electric Furnace Melt Shop, Iron and Steel Engineer, March 1971, 93—97;
13. World Systems Laboratories: The Lectropace System for Computer — Based Process Control — In — Electric Steel Making, Posebna brošura.

### ZUSAMMENFASSUNG

In Stahlwerken werden massenhaft Prozessrechner für die Führung und Kontrolle der Verfahrenstechnologie bei der Stahlerzeugung an Lichtbogenöfen eingeführt.

Das System der Führung über die Prozessrechner ist aus »hardware« und »software« Elementen zusammengestellt.

Unter die »hardware« Elemente zählen Lichtbogenöfen, der Prozessrechner und die Konsolen für die Verbindung der Behilfdienste mit dem Rechner am Ofen.

Unter die Programm oder »software« Ausstattung zählen die nötigen aplikativen Programme für das Wirken des Rechnersystems, dessen Wirksamkeit und Nützlichkeit stark von den Eingabedaten, welche den Rechner über den Prozessstand informieren, abhängig ist.

Diese Daten können in den Rechner in Form von analogen oder digitalen Signalen geraten.

Die Führung des gesamten Prozesses ist auf die Führung und Kontrolle der einzelnen Phasen im Prozess aufgeteilt:

1. Einsatzvorbereitung
2. Einsetzen und Schmelzen
3. Frischen
4. Rafinieren
5. Legieren

Für jede von diesen Phasen müssen mathematische Modelle ausgefertigt werden, welche zusammen den Grundskellet der rechnerischen Prozessführung bilden. Solche Modelle werden dauernd vervollkommen. In einem entwickelten Prozessrechnersystem für die Lichtbogenofenführung können wir folgende Nutzen erwarten:

- Steuerung und Kontrolle des elektrischen Regimes
- Koordinierung der Beanspruchung mehrerer Lichtbogenöfen
- Kleinerer Verbrauch der Ferolegierungen
- Kürzere Abstichzeiten
- Bessere Ofenhaltbarkeit
- Bessere Gleichmässigkeit und Qualität
- Bessere Arbeitsdisziplin
- Leichtere und regelrechte Produktionsplanung

### SUMMARY

Steelworks in the world introduce on a large scale the process computers for optimization and control of the technological process in steelmaking in electric arc furnaces. Computer control system is composed of hardware and software units. Electric arc furnaces, computer, and connection of the auxiliary services with the computer at the furnace are hardware units. Program or the software equipment are the needed application programs for operation of the computer system which success and usefulness are highly dependant on input signals which inform the computer about the process state. These data can come into the computer either in form of analog or digital signals.

Optimization of the whole process is divided in the optimization and control of single steps in the process:

1. charge preparation
2. charging and smelting
3. oxygen blowing
4. refining
5. alloying

Mathematical models must be prepared for each of the mentioned steps, and they form the basic skeleton of the computer operational process. Such models must be constantly improved and completed, and the following ad-

vantages can be expected from a developed computer system for optimization of an electric arc furnace:

- optimization and control of the electric economy
- coordination of simultaneous loading of a greater number of electric arc furnaces
- lower consumption of ferroalloys

- shorter time between the tappings
- longer life of lining
- greater equality and higher quality of production
- greater working discipline
- easier and more correct planing of production.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для управления и контроля металлургического процесса при производстве стали в электродуговой печи всюду в сталелитейных заводах начали вводить т. н. процессные вычислительные счётчики. Система управления счётчика состоит из элементов «hardware» и «software». К элементам «hardware» причисляем электродуговую печь, вычислительный счётчик и консоль служащая для связи вспомогательных служб с счётчиком который находится около эл-дуговой печи. Оборудывание элемента «software», т. е. программной службы необходимы аппликатные программы для правильного действия системы вычислительного счётчика, так как, понятно, что применение и успешное пользование вычислительного счётчика зависит от данных которые осведомляют счётчик о состоянии процесса.

Счётчик может принимать программные данные в форме аналоговых или цифровых сигналов.

Управление над совокупным процессом можно поразделить на управление и на контроль отдельных фаз, которые чередуются в процессе т. е.:

1. приготовление шихты
2. загрузка и плавление

3. фризевание
4. рафинирование
5. легирование

Для каждой от упомянутых фаз необходимо иметь приготовленные математические модели. Все, взятые вместе модели представляют основной скелет управления процессом при помощи вычислительного счётчика.

Такие модели постоянно усовершенствуют и от развитого вычислительного система управления электродуговой печью можно ожидать пользу в следующих фазах процесса производства:

- при управлении и контроле электрического режима,
- при координации загрузки работы нескольких печей одновременно,
- уменьшение расхода ферросплавов,
- сокращение времени между выпусками,
- улучшение выносливости футеровки,
- улучшения что касается равномерности и качества стали,
- повышение дисциплины работы, наконец и
- облегчение для правильного планирования производства.