

Računalniško podprto krmiljenje EPŽ procesov in proizvodnje

UDK: 669.187; 861.142

ASM/SLA: D8p X14k

Šegel Jože (1) s sodelavci (2):

Velike možnosti uporabe mikro računalniške tehnike so segle tudi na področje krmiljenja EPŽ procesov in proizvodnje. V okviru mednarodnega projekta je železarna Ravne na osnovi know-how tehnologije firme Inteco in lastnih izkušenj izdelala več programskih paketov za področje krmiljenja, proizvodnje in razvoja EPŽ tehnologije. Že uporaba osnovnega programskega paketa ESR-BASIC nekajkrat izboljša enakomernost hitrosti taljenja in s tem homogenost posameznega EPŽ ingota, kakor tudi več ingotov iste kvalitete. V prakso uvedeni programi se prilagajajo različnim vrstam in velikostim EPŽ peči.

UVOD

Predstavljeni bodo rezultati mednarodnega projekta AUTO-ESR, pri katerem sta sodelovali avstrijska firma INTECO in železarna Ravne. Projekt je bil zasnovan po dobrih izkušnjah pri uvajanju in uporabi procesnih računalnikov in EPŽ peči v železarni Ravne, »know-how« firme Inteco in pripravljenosti obeh partnerjev za organizacijo in izvedbo mednarodnega projekta. Od projekta smo pričakovali znatne kakovostne in ekonomske učinke v EPŽ obratu železarne Ravne in prve izkušnje to potrjujejo.

Izdelana računalniška rešitev je primerna za inštalacijo na ključ.

Železarna Ravne ima v EPŽ obratu dve peči:

EPŽ1: To je peč ruske izdelave (1973), tip R-951U, ki je namenjena za proizvodnjo ingotov v stabilnem kristalizatorju kv. 400 mm, in teže 2 toni. Z uvedbo dviznih kristalizatorjev in z manjšimi rekonstrukcijami danes izdelujejo ingote premera od 220 mm do 500 mm in teže do 4 ton.

EPŽ2: INTECO peč (1982) za ingote, premera od 500 do 1000 mm in nazivne teže do 36 ton.

Na obeh pečeh se v praksi pretaljuje preko 100 zelo različnih vrst jekla z vrsto različnih elektrod in kristalizatorjev.

Računalniško podprto krmiljenje proizvodnje EPŽ procesov predstavlja razmeroma samostojni segment uporabe računalnika v jeklarni železarne Ravne, kjer se postopoma gradi računalniški hierarhični sistem.

Na sliki 1 je prikazan močnejši mikro računalnik za dve EPŽ peči z industrijskim vmesnikom, konzolnim terminalom in 10 MB magnetnim diskom, ki krmili procese in proizvodnjo v EPŽ obratu železarne Ravne.



Slika 1

Mikro računalnik za krmiljenje procesov in proizvodnje dveh EPŽ peči

Fig. 1

Micro computer for process production control of two ESR furnaces

NAMEN UPORABE RAČUNALNIKA PRI KRMILJENJU PROIZVODNJE

Izboljšanje nivoja in enakomernosti kakovosti izdelkov iz EPŽ jekla

Hitrost pretaljevanja ima neposreden vpliv na izzeje in dendrite EPŽ ingotov ter s tem na homogenost in kakovost izdelkov iz EPŽ jekla.

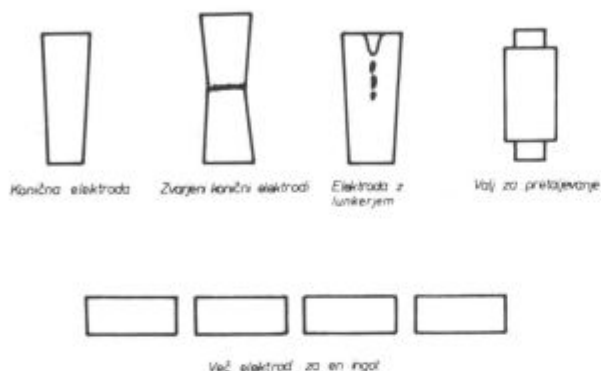
Iz EPŽ procesa želimo dobiti v prvi vrsti VISOKO KAKOVOST IZDELKA. Za kupce je pomembna poleg enakomerne kakovosti posameznega izdelka enakomerna kakovost med izdelki iste vrste. Kadar se presek elektrode po dolžini spreminja ali kadar je potrebno za en EPŽ ingot pretaliti več elektrod, je potreben dinamičen izračun električnih parametrov. Izračun upošteva

(1) — Jože Šegel, dipl. inž. metalurgije je vodja službe za avtomatizacijo proizvodnih procesov v Železarni Ravne.

(2) — V projektu so sodelovali:

P. Ranc, W. Holzgruber, J. Rodič, M. Živič, M. Švajger, I. Cigale.

številne medsebojno odvisne vplivne parametre in metalurške reakcije, tako da je hitrost pretaljevanja med taljenjem konstanta. Kakovost je močno odvisna od pogojev strjevanja. Tipični primeri elektrod, pri katerih je treba električne parametre dinamično prilagajati, so prikazani na sliki 2. Pri večjem številu elektrod upoštevamo poznano stopničasto spreminjanje omske in induktivne upornosti. Sproti se mora registrirati teža in dolžina elektrode ter izračunavati trenutna in poprečna hitrost taljenja.



Slika 2

Nekateri tipični primeri EPŽ elektrod, pri katerih je treba dinamično spreminjati električne parametre

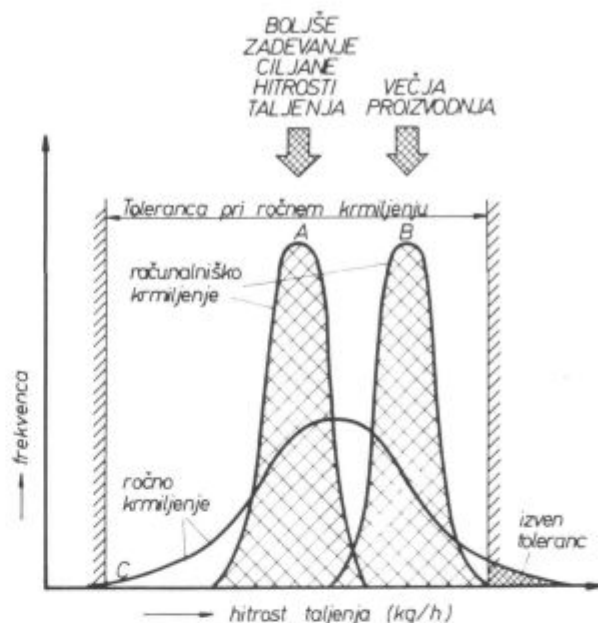
Fig. 2

Some typical examples of ESR electrodes where electrical parameters must be dynamically controlled

Subjektivni vpliv posadke na vodenje procesa se z uvedbo računalnika postopoma zmanjšuje. Z uporabo računalnika se poenoti način določitve električnih parametrov, poveča se nadzor nad delom in zmanjšujejo človeške napake, kar ugodno vpliva na enakomerno kakovost iste vrste izdelkov. Topilcu je v vsakem trenutku na razpolago najboljše poznana tehnologija in tehnološki predpis. Tako dosežemo boljše zadevanje željene načrtovane hitrosti taljenja (Slika 3).

Odločilna je težnja, da s čim višjo produktivnostjo in čim manjšo specifično porabo energije zagotovimo proizvodnjo EPŽ ingotov z dobro površino, enakomerno strukturo, dobro čistostjo in visokim izkoristkom. Zmanjšan je riziko izmečka. Pri klasičnem vodenju EPŽ procesov brez uporabe računalnika je toleranca hitrosti pretaljevanja več kot $\pm 10\%$ od načrtovane hitrosti med šaržami istega izdelka, pri vodenju s procesnim računalnikom lahko realno pričakujemo zmanjšanje te tolerance na ± 2 do 3% . To bi npr. pomenilo zmanjšanje nihanja hitrosti taljenja od ± 50 kg/h na ± 15 kg/h, kar se močno odraža v kakovosti in homogenosti EPŽ ingotov. Predpis željene hitrosti taljenja v tolerancah velja predvsem za hitrost taljenja med procesom, to je med izdelavo enega ingota. Dejanski podatki brez uporabe računalnika kažejo velika nihanja hitrosti taljenja v teku izdelave ingota in ostopanja od predpisane hitrosti. To neposredno vpliva na neenakomernost lastnosti po višini ingota. Primerjava nihanja hitrosti taljenja pri ročnem in računalniškem krmiljenju EPŽ procesa na sliki 4 kaže izredno izboljšanje enakomernosti hitrosti taljenja. Izboljša se tudi krmiljenje moči ob zamenjavi elektrod in zaključevanju taljenja («hot topping»).

S pomočjo računalnika torej dosežemo večjo enakomernost kakovosti jekla znotraj ene šarže in med šaržami iste kvalitete.

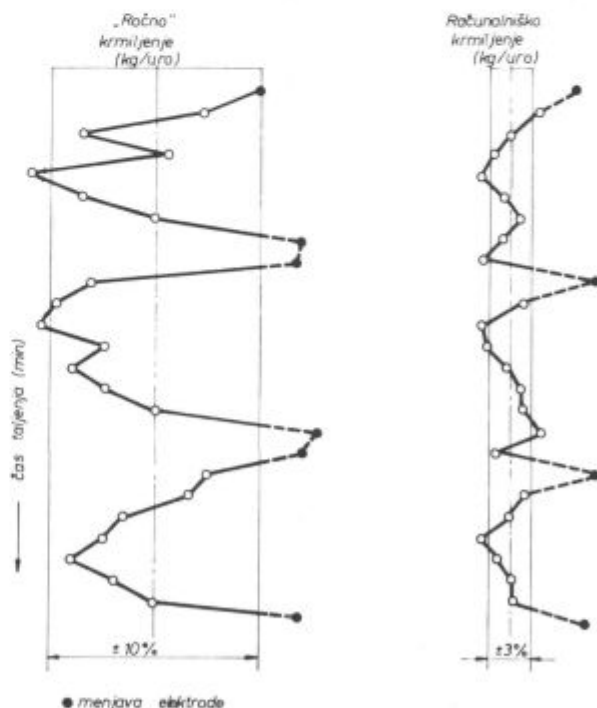


Slika 3

Kvaliteta računalniško in »ročno« krmiljenih EPŽ procesov

Fig. 3

Quality of computer and manual controlled ESR processes



Slika 4

Primerjava nihanja talilne hitrosti pri ročnem in računalniškem krmiljenju EPŽ procesov

Fig. 4

Comparison of variation of melting rate in manual and computer control of ESR processes

EKONOMSKI UČINKI RAČUNALNIŠKEGA VODENJA EPŽ PROCESOV

Povečanje produktivnosti

Produktivnost se poveča zaradi boljše organiziranosti dela in zaradi povprečnega povečanja hitrosti taljenja znotraj predpisanega območja. Na sliki 3 je prikazan tudi princip doseganja višje povprečne hitrosti taljenja.

Za »ročno« vodenje procesa je značilna razmeroma velika standardna deviacija hitrosti taljenja med šaržami enega tehnološkega predpisa. S pomočjo računalnika in ustreznega modela vodenja procesa lahko deviacijo zožimo in povprečje premaknemo k višjim načrtovalnim vrednostim, ne da bi bilo ogroženo odstopanje od tehnološkega predpisa. Enakomernejšo hitrost taljenja med šaržami istega izdelka pričakujemo zaradi enotnega načina odločitve parametrov pretaljevanja, enotnih izkušenj, ki so vgrajene v računalniški model, izključevanja človeških napak in boljšega sistema nadziranja. Topilci bodo imeli na razpolago v računalniku vgrajeno najboljšo poznano tehnologijo. Pričakuje se 8–12 % povečanje produktivnosti.

Znižanje specifične porabe električne energije

Teoretično se za taljenje jekla porabi okoli 450 kWh/t, poraba energije pri EPŽ procesu pa znaša, odvisno od velikosti ingota, 900–1800 kWh/t. Torej je izkoristek energije zelo majhen; kakšen bo dejanski, pa je odvisno od vrste vplivnih dejavnikov:

- količino in sestavo žlindre,
- polnilnega faktorja,
- fizikalnih in kemičnih lastnosti elektrodnega materiala,
- površino elektrode,
- atmosfero nad žlindro,
- hitrosti taljenja,
- razmerja električnih parametrov.

Vodenje procesa na minimalno specifično porabo energije pomeni znatno zmanjšanje proizvodnih stroškov in tako enega od ekonomskih ciljev uporabe računalnika. Z računalnikom lahko vplivamo predvsem na zadnja dva vplivna dejavnika, to je hitrost taljenja in razmerje električnih parametrov.

Izkoristek in poraba žlindre

Ker je z računalniškim vodenjem omogočena kontrola kakovosti žlindre, bo mogoče postopoma (in previdno) povečati količino povratne žlindre od normalnih 20–30 % na skrajno mejo 50–60 %.

Povečanje izkoristkov

Velika prednost računalniškega vodenja v primerjavi s programsko regulacijo je v tem, da računalniškemu vodenju lahko prepustimo tudi fazo starta in začetka pretaljevanja ter fazo zaključevanja z dinamično optimizacijo in programskim vodenjem. Prav v teh fazah pa so največje rezerve za povečanje izkoristkov.

Izboljšanje organizacije in vodenja EPŽ proizvodnje

V železarni Ravne gradimo integralen računalniško podprt informacijski sistem na področju poslovanja, vodenja laboratorijev, operative in proizvodnih procesov. Že več let je v uporabi centralni računalnik za:

- sprejemanje naročil,
- izdajo delovne dokumentacije,
- materialno poslovanje,
- obračun proizvodnje,
- finančno poslovanje,
- integralno krmiljenje kakovosti,
- druge sorodne obdelave podatkov.

Poleg centralnega računalnika IBM 4341 uporabljamo v železarni Ravne za računalniško podprto krmiljenje proizvodnje in procesov še 13 mini in mikro računalnike ter preko 90 terminalov. V ta razvejen računalniški informacijski sistem se vgrajuje razmeroma samostojen nov segment za EPŽ obrat. Posredno ali neposredno je povezan z ostalimi računalniškimi sistemi v jeklarni, kemijskem laboratoriju in pri internih naročnikih EPŽ ingotov.

Računalniški sistem AUTO-ESR delno nadomesti običajno delovno dokumentacijo in način registriranja poteka šarže. V računalniku so podatki organizirani v taki obliki, da so mogoče učinkovite analize in sistem povratnih informacij.

Računalniška dokumentacija zamenjuje subjektivno odčitavanje, merjenje in beleženje. Še posebej pomembna je avtomatska registracija vseh alarmnih signalov, ki se kasneje analizirajo in uporabljajo pri ugotavljanju zaporedja dogodkov in vzrokov za nastalo alarmno situacijo.

Banka podatkov o pretaljevanju daje številne možnosti korelacijskih in regresijskih analiz, ki vodijo k zanesljivejšemu in kvalitetnejšemu vodenju procesa. Identificirajo se lahko mrtvi časi v toku obratovanja.

Sistem omogoča tekoče ali občasno izpopolnjevanje s spremembami tehnoloških pogojev na osnovi povratnih informacij iz proizvodnje (pretaljevanja in predelave). To področje tehnološke in kontrolne dokumentacije, obdelave podatkov in izkoriščanje povratnih informacij je izredno pomembno za izboljšanje kakovosti in zagotavljanje enakomernosti procesa in kakovosti izdelkov.

Računalniško podprt je tudi informacijski sistem vodenja proizvodnje. Računalnik daje operativnemu osebju pregled nad aktualnimi naročili, zalogami in nabavo EPŽ elektrod, kar omogoča lažje terminiranje in planiranje kapacitet proizvodnje EPŽ obrata.

FUNKCIJE IN VSEBINA UPORABE RAČUNALNIKA

Značilnosti celega programskega paketa

Predhodno poglavje o smernicah in ciljih je osnova za opredelitev primarnih in sekundarnih nalog uporabe računalnika. Nekatere naloge in funkcije so v predhodnem poglavju že opisane.

Celotno področje je tako široko in kompleksno, da je razdeljeno v dva programska paketa:

- bazični programski paket za primarne naloge in
- razširjen programski paket.

Bazični paket pomeni izhodiščne programske module, ki so osnova tudi za razširjen programski paket. Upoštevati je treba, da razširjen programski paket zahteva večjo aparaturno in programsko opremo in se nudi kot opcija ali alternativa k bazičnemu paketu.

V vsakem primeru je mogoče programske pakete uporabiti za eno ali več EPŽ naprav. Bazični paket je izdelan za eno EPŽ napravo. Razdelitev bazičnega in razširjenega programskega paketa AUTO-ESR je prikazana na sliki 5.



Slika 5

Bazični in razširjen programski paket za krmiljenje procesov in proizvodnje EPŽ obrata

Fig. 5

Basic and extended program pack for controlling processes and the production of ESR plant

Naloge bazičnega programskega paketa (primerne naloge):

- Zbiranje podatkov in prikaz stanja
- Formiranje in vzdrževanje matičnih datotek
- Krmiljenje taljenja z dinamičnim računanjem:
 - hitrosti taljenja
 - globine potopitve elektrode
 - moči, napetosti in toka
 - dodatka legur in dezoksidantov ter
 - dajanje know-how navodil na zaslon terminala pri peči.
- Poročila in izpis šaržnega protokola

Naloge razširjenega programskega paketa (sekundarne naloge):

- Priprava tehnologije za nove vrste izdelkov in vložkov
- Vodenje knjige naročil za EPŽ obrat
- Vodenje evidence nabave EPŽ elektrod
- Vodenje zalog elektrod, ingotov in ostalega materiala
- Direktna povezava z nadrejenim računalnikom
- Matematično statistične analize
- Vodenje in optimiranje naročil za EPŽ obrat
- Parcialni obračun proizvodnje
- Obdelava podatkov s področja kontrole kakovosti, neuspele proizvodnje in laboratorijev

DINAMIČNO KRMILJENJE PRETALJEVANJA

Ključnega pomena je vodenje hitrosti taljenja in globine potopitve elektrode. V obeh primerih računalnik zbira podatke, prikazuje stanje na zaslonu terminala in posredno ali neposredno dinamično nastavlja željene vrednosti za hitrost taljenja in globino potopitve elektrode. Pri spreminjanju hitrosti taljenja se spremeni samo napetost in temu se glede na razmerje U/I prilagodi električni tok. Na ta način se spremeni tudi elektri-

čna moč. Pri regulaciji globine potopitve elektrode se nastavi velikost nihanja toka, ki se spreminja s polnilnim faktorjem. Pri pomičnem dnu in merjenju hitrosti taljenja s pomočjo meritev dolžine elektrode mora biti urejena regulacija in sinhronizacija hitrosti pomika dna s hitrostjo taljenja elektrode.

V komandni kabini EPŽ obrata je inštaliran video industrijski terminal, s pomočjo katerega topilec (operator) komunicira z računalnikom. Topilec spremlja na zaslonu prikazano sliko stanja EPŽ procesa. V obliki histograma in številčnih podatkov, kot jih prikazuje slika 6, dobi topilec naslednje aktualne informacije:

- vrednost in nihanja hitrosti taljenja za preteklih 60 minut
- prikaz predpisane tolerance in odstopanja
- poprečne hitrosti taljenja zadnjih 5 minut (ali kakšnega drugega časovnega intervala)
- poprečno hitrost taljenja za ca. 1 uro taljenja
- oznako morebitnega alarmnega ali drugega pomembnega signala
- aktualna dolžina elektrode in ingota,
- moč (kW), sekundarni tok in napetost.
- V primeru, da je hitrost taljenja zunaj predpisanih toleranc, pošlje računalnik zvočni signal in izpiše opozorilo na zaslon terminala. Poleg opozorila izpiše še obvestilo, da je treba moč in napetost zmanjšati ali povečati ter informativno še druge aktualne podatke.



Slika 6

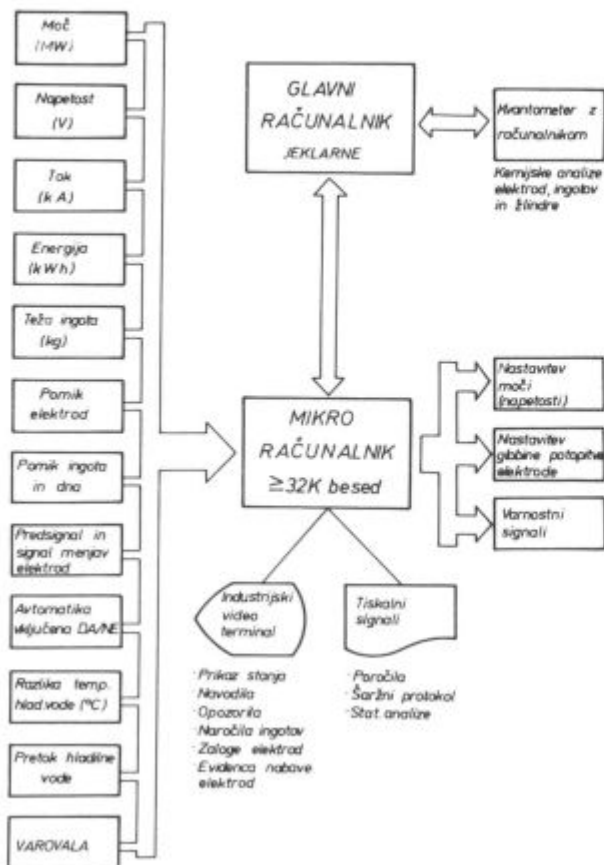
Topilec pri uporabi računalnika

Fig. 6

Smelter using the computer

Za delovanje računalnika pri krmiljenju EPŽ procesov so odločilnega pomena vhodne in izhodne informacije krmiljenega sistema.

Na sliki 7 so prikazane te informacije vezane na mikro računalnik s pomočjo primerne vmesnika in terminalov. Pri peči je inštaliran industrijskim pogojem prilagojen video terminal, v pripravi dela pa je običajen video in tiskalni terminal. Mikro računalnik je lahko povezan z glavnim računalnikom jeklarne. Ta povezava služi za prenos informacij o kemijskih analizah, naročilih za EPŽ obrat, spremljanju proizvodnje in polnjenju banke podatkov o dejanskem poteku EPŽ šarž.



Slika 7

Vhodne in izhodne informacije AUTO-ESR sistema

Fig. 7

Input and output informations of the AUTO-ESR system

Programski paket je razvit tako, da so v računalniškem sistemu shranjeni in na razpolago podatki o najbolj poznani tehnologiji in zadnjih veljavnih tehnoloških predpisih.

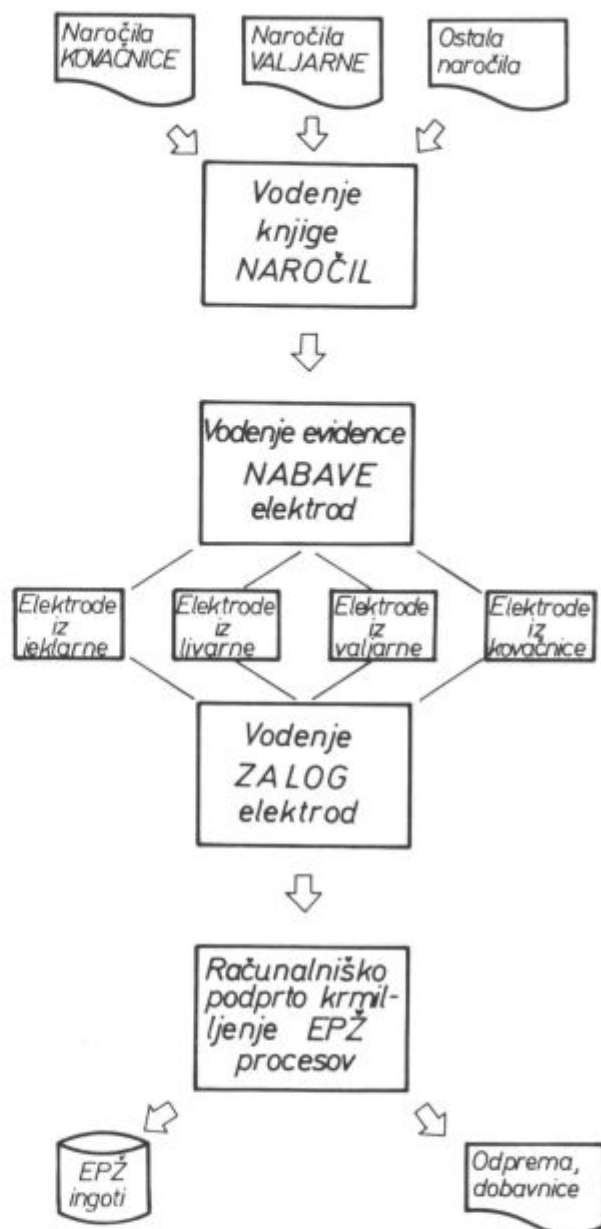
V prvi fazi razvoja in uvajanja računalniškega krmljenja taljenja priporočajo odprto znančno krmljenje, ki mu sledi zaprto znančno krmljenje.

RAČUNALNIŠKO PODPRTO KRMILJENJE PROIZVODNJE

Osrednji programi za računalniško podprto krmljenje proizvodnje v EPŽ obratu so prikazani na sliki 8.

Računalnik vodi knjigo naročil in s tem ob vsaki odpremi odpiše izvršena naročila, obenem pa tudi odpiše iz zaloge porabljene elektrode. Na terminalu v EPŽ obratu imajo tekoč pregled nad celotno situacijo glede naročil in zalog elektrod. Na razpolago imajo »menu«, kot ga kaže slika 9. Med drugim so izračunane tudi zasedene kapacitete ene ali več EPŽ peči, kar se uporablja pri planiranju kapacitet in terminiranju proizvodnje.

S pomočjo posebnih programov se vodijo zaloge in nabave elektrod. Planer tekoče vnaša dobave in porabe elektrod. Po potrebi se izpiše stanje zalog na video ali tiskalni terminal. Kot se na sliki 10 vidi, vsebuje izpis



Slika 8

Programi za računalniško podprto krmljenje proizvodnje v EPŽ obratu

Fig. 8

Programs for the computer-supported production control in the ESR plant

stanja zalog podatke o: vrsti jekla, šarži, tipu elektrode, teži elektrode, morebitni rezervaciji elektrod, številu kosov in teži elektrod.

MATEMATIČNO STATISTIČNE ANALIZE

Za potrebe kontrole kakovosti EPŽ izdelkov, razvoja, raziskav in tehnologije pridejo do veljave matematično statistične analize. Poleg matematično statistične obdelave podatkov posamezne šarže so koristne obdelave podatkov večjega števila šarž ene vrste jekla, elektrod in kristalizatorja.

EP04-V1.0 PROGRAM ZA VODENJE KNJIGE NAROČIL EPŽ OBRATA 11150 19-JUN-83

```
*****
* GLAVNI MENI *
*****
```

- 1 - UNOSANJE NOVIH NAROČIL
- 2 - IZPISOVANJE NAROČIL
- 3 - SPREMINJANJE NAROČIL
- 4 - BRISANJE NAROČIL

K A J Ž E L I Š T J C RETURN

```
*****
* R E H I Z *
*****
```

- 1 - EHO NAROČILO
- 2 - STANJA NAROČIL
- 3 - NAROTENA JEKLA
- 4 - POTATENE ELEKTRODE
- 5 - ZASEDENOST KAPACITET

Slika 9

Možnosti uporabe programa za vodenje knjige naročil

Fig. 9

Possibility of applying the program for bookkeeping the orders

ZAKLJUČEK

Računalniško odprto krmiljenje EPŽ procesov omogoča povečanje nivoja in enakomernosti kakovosti produktov EPŽ peči. Zaradi 2—4 krat boljše enakomernosti hitrosti taljenja ene šarže in več šarž iste kvalitete se dože visoka kakovost EPŽ izdelkov.

Za predstavljeno računalniško rešitev je značilna modularnost in celovitost obravnave EPŽ procesov in obrata. S pomočjo strukturno grajene programske opreme se za posamezno peč ali več EPŽ peči pripravi ra-

EPŽ

EP04-V1.0 --- PROGRAM ZA VODENJE ZALOG ELEKTROD EPŽ OBRATA 11151 12-DEC-83

```
*****
* R E H I Z *
*****
```

- 1 - Dobaiva elektrod
- 2 - Poraba elektrod
- 3 - Stanje zalog

K A J Ž E L I Š T J C

Želiš izpis na terminal ali printer (T/F) T

STANJE ZALOG ELEKTROD 11151 12-DEC-83

JEKLO	ŠARŽA EL.	TIP EL.	KG/KOS	REZERVIRANO	KOSOV	TEŽAK(M)
BR03	11457	LD16	436.		9	3924.
	11674	LD16	436.		9	3924.
	11830	LD16	436.		9	3924.
	11842	LD16	428.		9	3852.
	11783	LD16	390.		9	3510.
	12010	LD16	390.		12	4680.
					57	23814.

Slika 10

Primer izpisa stanja zalog elektrod ene vrste jekla

Fig. 10

An example of the copy of stock of electrodes of one steel type

ZUSAMMENFASSUNG

Die grossen Möglichkeiten der Mikrorechner haben sich auch auf dem Gebiet der Steuerung der ESU Prozesse durchgesetzt. Im Rahmen eines internationalen Projektes hat Hüttenwerk Ravne auf Grund der Know-how Technologie der Firma Inteco und der eigenen Erfahrungen mehrere Programmpakete für das Gebiet der Steuerung der Produktion und der Entwicklung der ESU Technologie ausgearbeitet. Schon die

Anwendung des Grundprogrammpaketes ESU-BASIC verbessert einige Male die Gleichmässigkeit der Schmelzgeschwindigkeit und damit die Homogenität der ein zelnen ESU Blöcke wie auch mehrerer Blöcke derselben Stahlsorte. In die Praxis eingeführten Programme sind verschiedenen Arten und grössen der ESU Anlagen angepasst.

SUMMARY

Great possibilities in application of micro-computer techniques reached also the control of ESR processes and the production. In the frame of an international research project the Ravne Ironworks prepared some program packs for control, production and development of ESR technology being based on the know-how of the Inteco company and own experiences.

Already the application of the basic program pack ESR-BASIC improves for few times the uniformity of the remelting rate and thus the homogeneity of a single ESR ingot and of group of ingots of the same quality. Into the practice introduced programs are adapted to various types and sizes of ESR furnaces.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкое применение вычислительной техники достигла также область управления процессом ЭСП-а и производства стали. В рамках международного проекта в металлургическом заводе Железарна Равне разработаны на основании know-how технологии фирмы Inteco и собственных опытов пакеты для области управления, производства и развития технологии электрошлакового переплава (ЭСП).

Уже применение основного программного пакета ESR-BASIC на несколько раз улучшила равномерность быстроты плавки и, таким образом, однородность отдельного слитка ЭСП переплава, а также многих слитков одного и того же качества стали. Введенные в промышленной практики программы соответствуют различным сортам стали и величине печи ЭСП переплава.