

ŽELEZARSKI ZBORNIK

IZDAJAJO ŽELEZARNE JESENICE, RAVNE, ŠTORE IN METALURŠKI INŠTITUT

LETO 22

LJUBLJANA

SEPTEMBER 1988

Postavitev in obratovanje Jeklarne 2 na Jesenicah

J. Arh*, J. Biček*, M. Demšar*, A. Koselj*, I. Polak*, A. Mlakar*

Résumé

Ustavitev stare SM jeklarne s šestimi pečmi od 45 do 80 t kapacitete in z najvišjo doseženo proizvodnjo 512.862 t v letu 1975. Gradnja nove jeklarne 2 z UHP električno obločno pečjo, zmogljivosti 85 ton odlitega tekočega jekla, z napravami za sekundarno obdelavo jekla v vakuumu — VOD/VD in TN za vpihovanje prašnatih materialov ter napravo za kontinuirno livanje slabov, s priključeno napravo za plamensko razrezovanje, pregled in čiščenje slabov.

Opisane so dosedanje izkušnje in prikazani proizvodni in kvalitetni učinki.

UVOD

Z nastopom jeklarske krize v zahodni Evropi in v ZDA po letu 1974, z zahtevami po čistejšem okolju in bolj racionalni proizvodnji so SM jeklarne, četudi nekatere še nove, zaradi prevelikih proizvodnih stroškov v primerjavi s kisikovimi konvertorji in zaradi težje prilagodljivosti novim postopkom sekundarne metalurgije postale hudo breme. V vseh SM jeklarnah so v drugi polovici sedemdesetih let v zahodni Evropi ustavili proizvodnjo.

Visoki stroški proizvodnje jekla v stari in iztrošeni SM jeklarni v primerjavi z elektrojeklom na Jesenicah, zahteve po čistem okolju, razvoj elektrojeklarn visokih zmogljivosti, in še posebno hiter razvoj kontinuirnega livanja jekla kot edinega ekonomsko upravičenega načina, so že zgodaj porodili ideje o zamenjavi SM jekla z elektrojeklom. K temu je treba dodati še oddaljenost od surovin — rude, uvoz energije — koksa in visoke transportne stroške za velike količine surovin. Dovoz le-teh bo sedaj manjši, kar za približno 470.000 t na leto. In nazadnje je tu še človek. Ergonomski razlogi, visoka storilnost modernih elektrojeklarn in zahteve po zmanjšanju števila zaposlenih so bili odločilni dejavniki pri gradnji nove elektrojeklarne.

Pomembno pri odločitvi za novo jeklaro je tudi dejstvo, da smo v Jugoslaviji v vsem povojnem obdobju po-

rabili več jekla, kot smo ga sami izdelali. V letu 1980 smo z lastno proizvodnjo pokrili le 59 % porabe jekla. Kako je rasla proizvodnja in poraba jekla v povojnih letih kaže **tabela 1**.

Tabela 1:

Leto	Proizvodnja (t)	Poraba (t)	Pokrivanje (%)
1950	428.000	596.000	72
1960	1.422.000	1.702.000	85
1970	2.228.000	3.422.000	65
1980	3.634.000	6.155.000	59
1986	4.718.000	—	—

Proizvodni program, ki ga ima po dograditvi nove elektrojeklarne Železarna Jesenice, pa ima na jugoslovanskem tržišču nadpovprečno rast porabe. Usmeritev v proizvodnjo kvalitetnih jekel, ki na Jesenicah intenzivno poteka že od leta 1975, ko smo zgradili novo hladno valjarno na Beli, in v zadnjih letih tudi na področju debele pločevine, je mogoča le s sodobno tehnološko napredno proizvodnjo surovega jekla.

Proizvodni program

S projektom predvideni proizvodni program je naslednji:

— silicijeva jekla za elektrotehniko	70.000 t
— nerjavna jekla	25.000 t
— maloogljivična nesilicirana električna jekla	10.000 t
— mikrolegirana in finoizrnata jekla	30.000 t
— malolegirana jekla	20.000 t
— ogljikova jekla	55.000 t

Letna proizvodnja kontinuirno odlitih slabov 210.000 t

Naprave za proizvodnjo surovega jekla

Za izbiro osnovnih proizvodnih naprav je bila imenovana posebna skupina izkušenih tehnologov iz proizvodnje, razvoja in oddelka novogradenj, ki se je odločila za takrat najsoodobnejše tehnološke postopke in naprave:

— UHP električna obločna peč z zmogljivostjo 85 ton odlitega tekočega jekla,

— VOD/VD vakuumsko napravo in TN napravo za obdelavo jekla s prašnatimi materiali, kot CaSi in sintetične žilindre,

* Joža Arh, dipl. inž. metal., Železarna Jesenice

* J. Biček, M. Demšar, A. Koselj, I. Polak, A. Mlakar; Železarna Jesenice

** Originalno publicirano: ŽZb 22 (1988) 3

*** Rokopis prejet: 1988-06-01

— naprava za kontinuirno vlivanje slabov, debeline 160, 200 in 250 mm ter širine od 800 do 1600 mm in največje dolžine 5,9 m,

— naprava za plamenski razrez slabov.

Lokacija jeklarne

Jeklaro smo postavili na zelenem polju, imenovanem Belško polje, vzhodno od valjarn, kakor je razvidno s slike 1 in slike 2.

HEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA

Današnja tehnologija proizvodnje elektrojekla v UHP pečeh sloni na dupleks postopkih. Električna oblačna peč kot primarni del je namenjena le taljenju in odfosforjenju ter oksidaciji in segrevanju taline na potrebne prebodne temperature. Rafinacija jekla pa dandanes poteka v napravah sekundarne metalurgije, kot so razne vakuumske naprave, naprave za ogrevanje jekla — VAD ali ponovčne peči in naprave za odžveplanje jekla brez vakuumu, kot so TN in podobne naprave z najnovjšimi napravami za legiranje in modifikacijo vključkov s poljnjenimi žicami in aluminijem.

Skupina tehnologov se je na osnovi proizvodnega programa odločila za tehnološki postopek in naprave, ki so prikazane v shemi na sliki 3.

V tej shemi je bilo prvotno predvideno tudi ogrevanje taline kot VOD/VAD varianta, vendar je ta del zaradi visokih podražitev ob zakasneli gradnji odpadel. Prostor za ogrevno mesto pa je tu, tako da je ob eventualni drugi fazi gradnje možna postavitve ponovčne peči.

Layout jeklarne

Na sliki 4 je prikazana postavitve vseh objektov na novi lokaciji, iz katere je razvidna osnovna koncepcija jeklarne. Ta koncept je skupno delo oddelka novogradnje in glavnega dobavitelja opreme Mannesmann Demag Hüttentechnik.

Slika 5 pa prikazuje samo halo jeklarne z vrisanimi osnovnimi proizvodnimi napravami.

Celotno halo jeklarne lahko razdelimo na tri področja:

1. Področje taljenje oziroma primarni del proizvodnje:

- oskrba z električno energijo,
- hala vložka,
- hala peči in hala silosov za legure in dodatke,
- čiščenje dimnih plinov v elektro filterih.

2. Področje sekundarne metalurgije z:

— VOD/VD napravo in TN napravo, ki sta postavljeni v hali vlivališča.

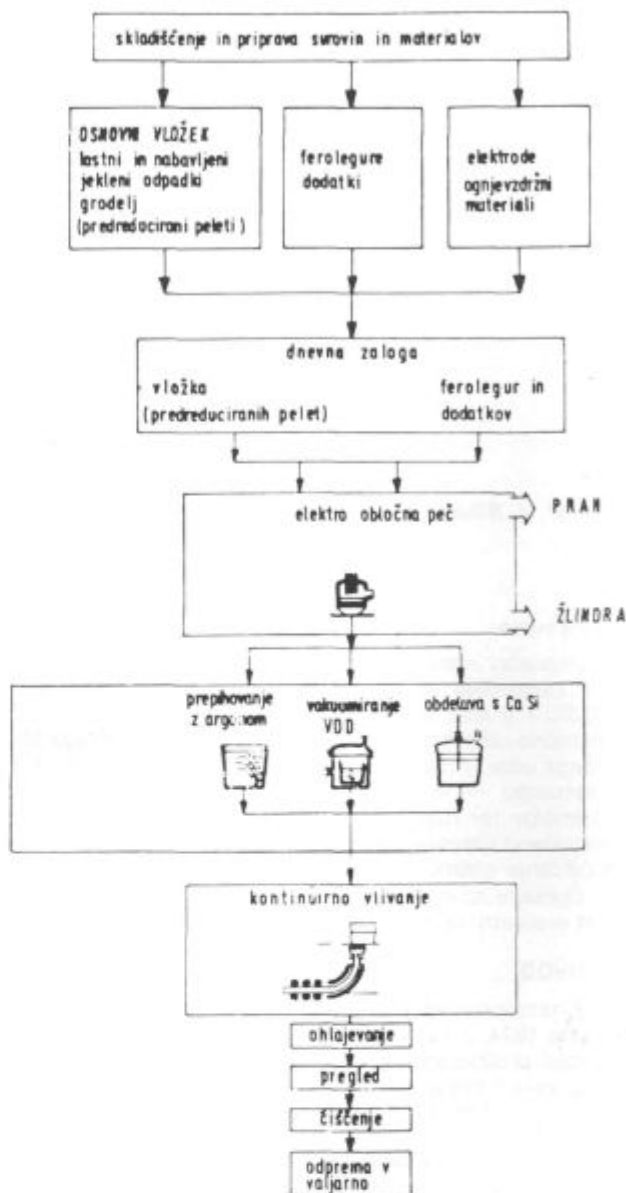
3. Področje vliivanja s:

- halo vlivališča z vrtljivim stolpom za prevzem tekočega jekla,
- hala konti liva,
- hala adjustaže 1,
- hala adjustaže 2.

Opis postopka

Področje taljenja

Osnovni vložek, lastni in nabavljeni jekleni odpadki, staro železo in grodelj, se skladišči v skladišču vložka na Jesenicah, skupaj za obe jeklarni. Po sortiranju se nalaga v štiriosne železniške vagoni, nosilnosti 60 t in prepelje v halo vložka na Belo, kjer stoji jeklarne 2.



Slika 3.

Shema tehnološkega postopka

Fig. 3

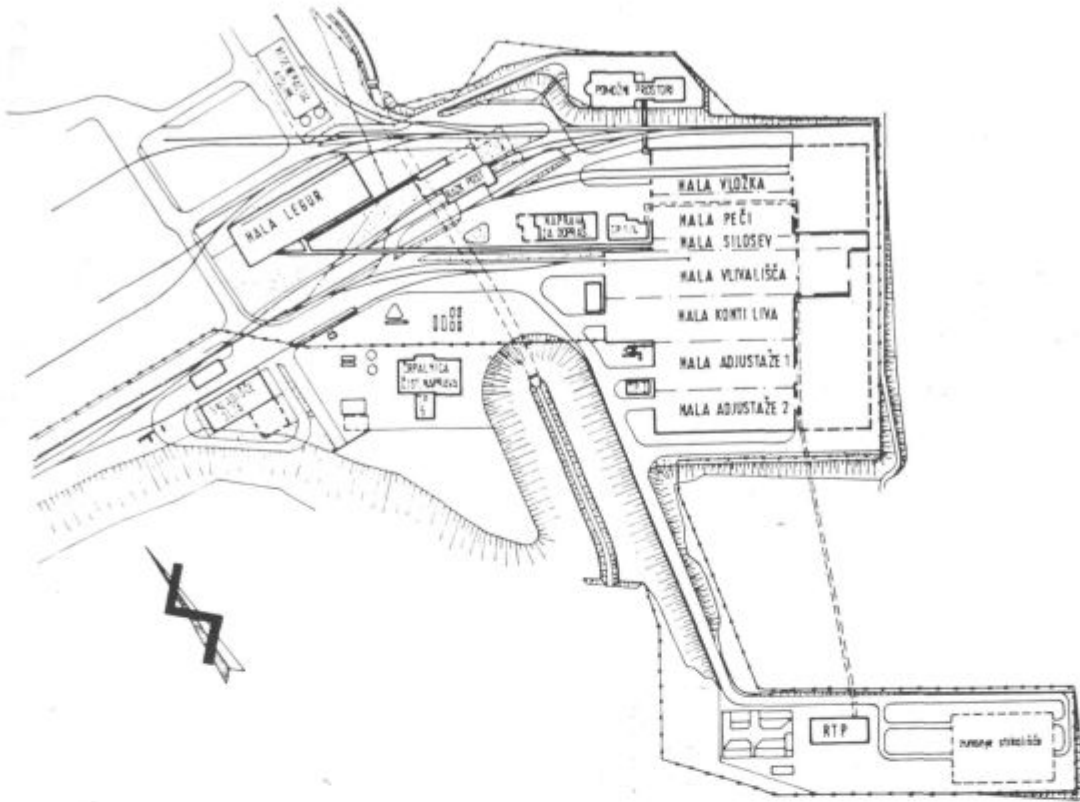
Scheme of the technological process

Ferolegure, dodatki, elektrode, ognjestalni materiali se skladiščijo v hali legur. Dovoz je mogoč z železnico in s tovornjaki. S sistemom transportnih trakov jih transportirajo v halo silosov. Nekateri dodatki, kot apno, apnenec, jedavec, ruda in peleti, se skladiščijo v silosih razkladalne postaje in od tam transportirajo v halo silosov z istim sistemom transportnih trakov.

Predvidena je tudi možnost uporabe predreduciranih pelet ali briket za redčenje škodljivih elementov, kot so Cr, Cu, Ni v starem železu. Za skladiščenje le-teh je na zahodni strani hale legur predviden poseben prostor.

Dnevna zaloga vložka za 2 do 3 dni je v hali vložka. V hali silosov je dnevna zaloga dodatkov in legur za peč in za vakuumsko napravo.

Priljubljen osnovni vložek, to je staro železo, nakladamo v hali vložka s pomočjo mostnega žerjava

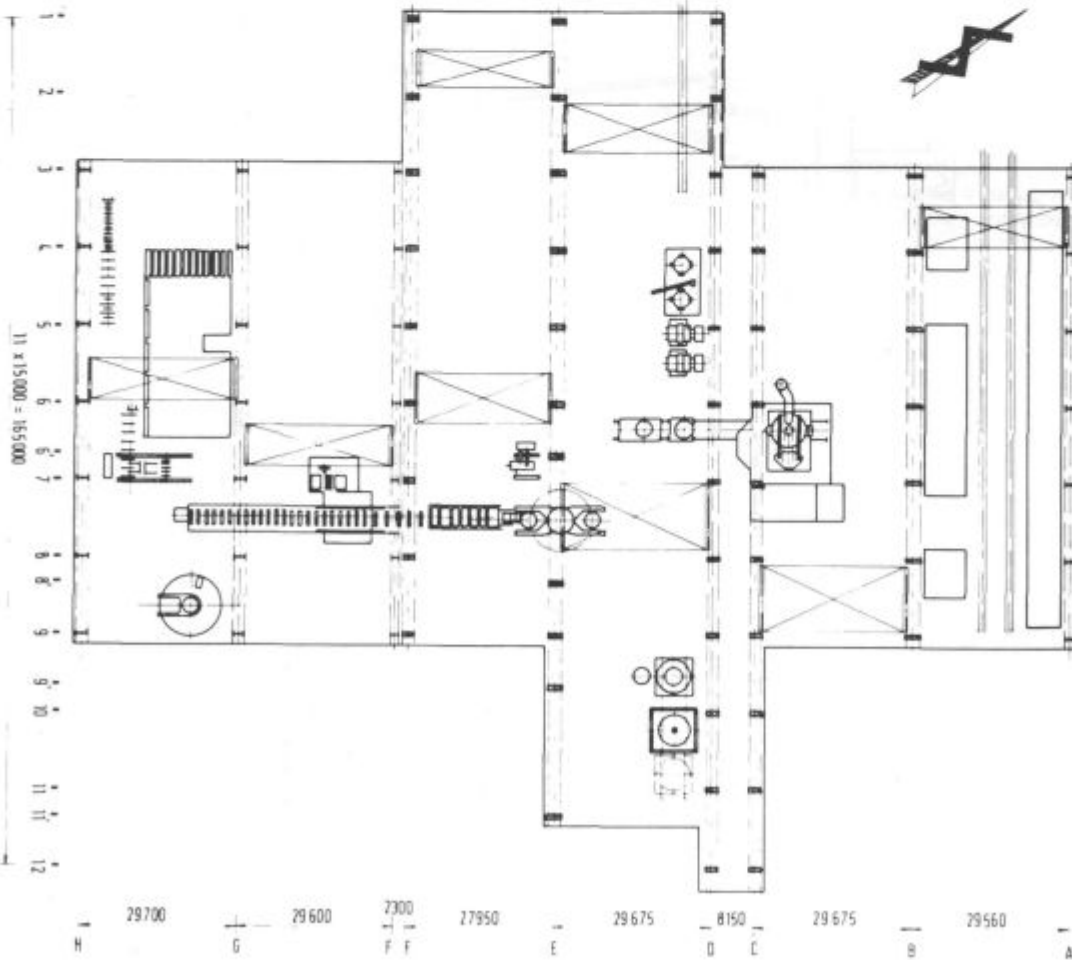


Slika 4.

Razpored hal

Fig. 4

Lay out of buildings



Slika 5.

Glavne hale z vrisanimi proizvodnimi napravami

Fig. 5

Main buildings with drawn equipment

20/10 ton v košare, te pa s posebnim prečnim vozom prepeljemo v halo peči. Voz ima vgrajeno napravo za tehtanje košare. Z mostnim žerjavom 80/32 ton košaro nato stresemo v peč.

V hali peči stoji tudi posebna naprava za predgrevanje starega železa v košari s plinom. Namen tega predgrevanja je v glavnem odtajati ostanke ledu, da ne bi prišlo do eksplozije v peči.

Dodatke in legure iz dnevnega skladišča v hali silosov dovajamo v peč skozi peto odprtino v oboku preko sistema vibracijskih dozatorjev, tehtalnih bunkerjev, transportnih trakov in drč.

V električni obločni peči vložek raztalimo, odstranimo fosfor, znižamo ogljik v željene analize meje ter šaržo segrejemo na potrebno temperaturo pred prebodom.

Peč, ki ima ekscentrični prebod, omogoča izlitje jekla brez žindre. Jeklo odlijemo v ponovco, ki je na posebnem vozu. Voz ima vgrajeno napravo za tehtanje količine jekla.

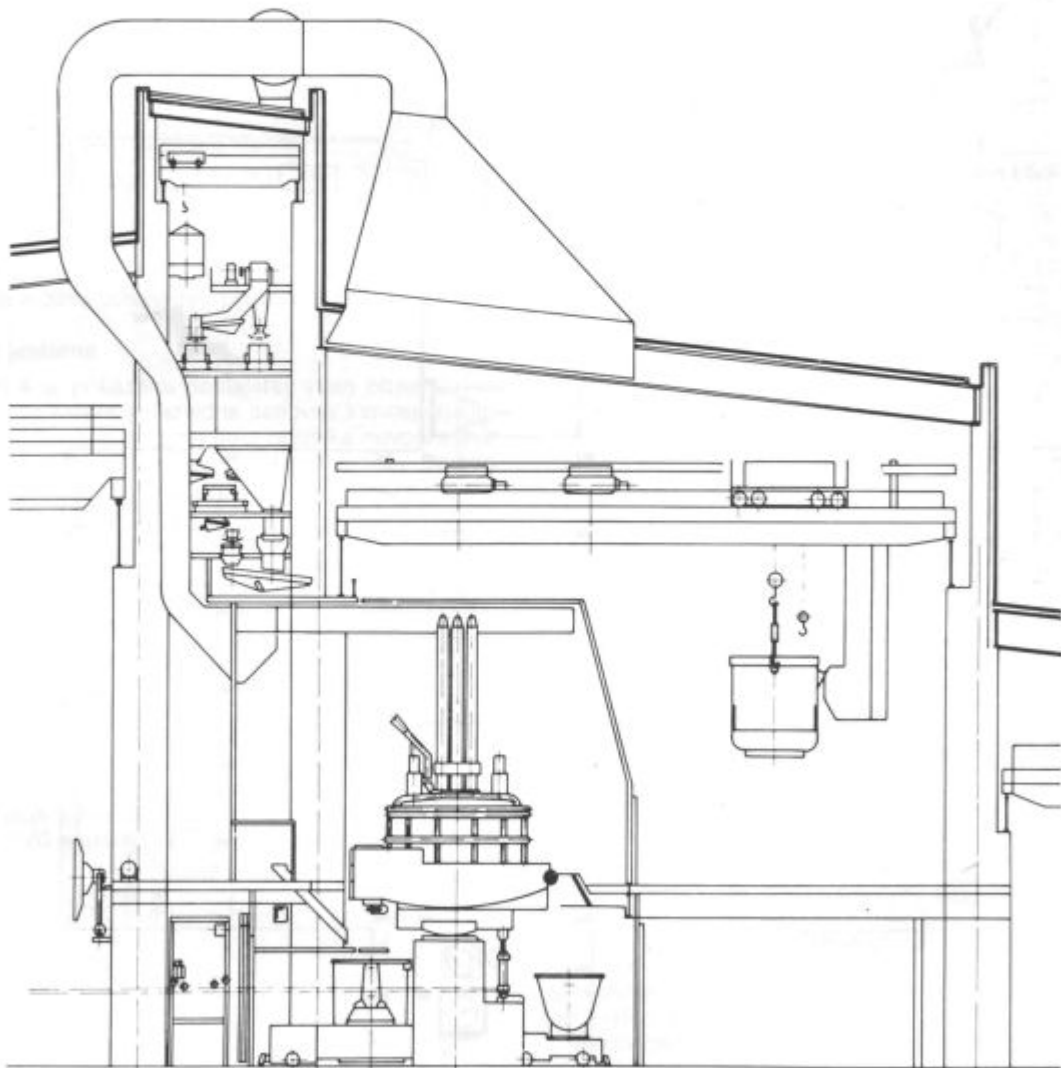
Žindra v času taljenja in oksidacije odteka preko praga v ponovco za žindra, ki je prav tako na posebnem vozu.

V hali peči stoji UHP električna obločna peč s premerom 5,8 m in močjo transformatorja 60 MVA, ki je zgrajena za odlivanje 85 t tekočega jekla.

Karakteristični podatki peči so navedeni v tabeli 2.

Tabela 2:

Dobavitelj:	Mannesmann Demag
Tip peči:	85 EBT 5,8/60
Premer kotla:	5800 mm
Premer elektrod:	600 mm
Premer delilnega kroga:	1300 mm
Teža odlitega jekla:	85 t
Nagibanje peči:	hidravlično
Regulacija elektrod:	hidravlična
Nagib peči:	za prebod 12/15° za posnemanje žindre 10°



Slika 6.

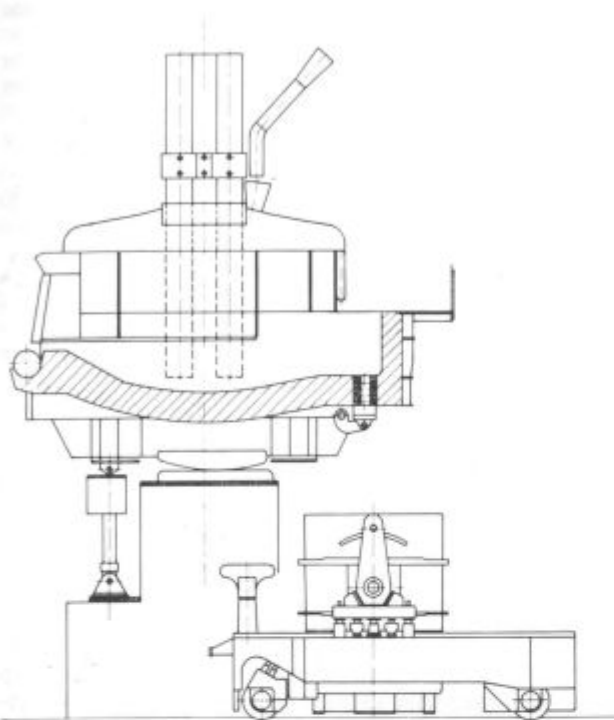
Prečni presek hale v peči z UHP-EO pečjo in halo silosov

Fig. 6

Cross section of the building with the UHP EA furnace and of the building with bunkers

Peč ima ekscentrični prebod. Za takšen tip peči smo se odločili spomladi leta 1983, ko je bila na Danskem šele nekaj mesecev v obratovanju prva takšna peč.

Prečni presek skozi halo peči je prikazan na **sliki 6**.



Slika 7.

Shema peči z ekscentričnim prebodom

Fig. 7

Scheme of the furnace with eccentric tapping

Prednosti ekscentričnega preboda so za dupleks postopek zelo pomembne (**slika 7**). Glavna je ta, da odlijemo jeklo brez žilindre. Prebod je hiter, 1,5 do 2 minuti, zato je izguba temperature manjša kot pri klasični peči. Konstrukcija peči je zaradi manjšega nagibanja enostavnejša. V peči ostane del jekla in žilindre. Ta pri naknadnem taljenju ščiti dno peči pred poškodbami z elektrodami, kar se sicer pri UHP peči lahko zgodi zaradi hitrega taljenja.

UHP peči so močan izvor hrupa. Da je možno delo v okolju peči, je peč postavljena v posebno zvočno izolirano komoro, ki se odpira le, kadar se peč zaklada ali kadar ne dela. Na ta način je hrup v delovnem okolju znižan na 80 do 85 dB-A. Širjenje hrupa v bivalno okolje pa je omejeno s posebno gradnjo hal.

Tudi skladišče vložka je v zaprti hali, ki je zvočno izolirano.

Proizvodnja jekla je zvezana z nastajanjem velike količine dimnih plinov, še posebno v času taljenja in oksidacije s kisikom. Tedaj je vsebnost prahu okrog 25900 mg v 1 m³ teh plinov. Po zakonskih določilih je v delovnem okolju največja dovoljena koncentracija 15 mg prahu v m³, če je prah manj škodljive sestave. Osrednji objekt, ki zagotavlja omejitve emisij do dopustne meje, je odpraševalna naprava.

Zajem plinov s prahom iz peči je izveden na tri načine, in sicer: direktno odsesavanje na oboku peči, z nabo v strehi hale nad pečjo in iz komore okrog peči, kar je najnovejša izvedba. Vroči plini se iz peči vodijo po vodo-

hlajenem kolenu in cevovodu, kjer se ohladijo na okrog 650 °C v ciklon, da se loči grobi prah. Plini s preostalim prahom se nato mešajo s plini, odsesanimi preko nape, in se ohladijo na okrog 120 °C. Ta temperatura je primer- na za vrečaste filtre, pri višjih temperaturah pa se avto- matično uravnava hlajenje s svežim zrakom. Celotna količina odsesanih plinov je razdeljena na dva ventilatorja s skupno zmogljivostjo 650.000 m³/h. Prah se peletizira in odlaga na deponijo.

Področje sekundarne metalurgije

Sekundarna obdelava jekla v ponovci je najbolj pomembna za kakovost izdelanega jekla. Za obdelavo jekla v ponovci imamo postavljeni dve napravi, in sicer:

- TN napravo za obdelavo jekla s prašnatimi materiali, pri čemer lahko vpihujemo različne materiale, od katerih sta največ v rabi CaSi in taljene sintetične žilindre in
- Vakuumska naprava tipa VOD/VD.

Obe napravi za sekundarno obdelavo jekla stojita skupaj v podaljšku hale vlivališča, kar je razvidno s **sli- ke 5**. Ponovco z jeklom prenesemo od peči z mostnim žerjavom 160/30 ton na eno izmed naprav, odvisno od izbranega načina obdelave jekla.

Možni so trije različni načini izdelave jekla:

— enostavna homogenizacija in čiščenje taline na stojšču za prepihanje jekla z argonom. V stojšču je namenjeno za korekturo kemične sestave in nastavitve pravilne temperature jekla pred livanjem.

— Obdelava jekla na istem stojšču po TN postopku z vpihovanjem CaSi in sintetične žilindre z namenom odžveplati jeklo, modificirati nekovinske vključke, korigirati kemično sestavo in temperaturo jekla pred livanjem.

Ferozilne in drugi kovinski in nekovinski dodatki pridejo iz skupnih silosov, ki so postavljeni nad vakuumsko napravo.

— Obdelava jekla v vakuumski napravi po VOD ali VD postopku. Obdelava jekla v vakuumski komori pri znižanem tlaku je najbolj široko uporabljen tehnološki postopek. Možne so naslednje tehnološke operacije:

1. degazacija, združena z dezoksidacijo in odžveplanjem pri znižanem tlaku pco (VD). Ta postopek uporabljamo pri izdelavi konstrukcijskih jekel;
2. razogljčenje jekla pri jeklih za globoko vlečenje in za elektrotehnične razmere z legiranjem in odžveplanjem;
3. izdelava nerjavnih jekel z oksidacijo C pri znižanem tlaku pco po VOD postopku.

Tabela 3:

Karakteristike vakuumske naprave

Dobavitelj:	Mannesmann Demag Hüttentechnik
Velikost:	90 t
Tip:	VOD/VD
Vakuumske črpalke:	2 vodni črpalke 4 parni ejetorji
Kisikovo kopje:	vodno hlajeno O ₂ maks 1800 Nm ³ /h
Para:	tlak 10 bar
Poraba:	oksidacija (VOD) 8, 4 t/h degazacija (VD) 6, 8 t/h degazacija (VD)
Poraba argona:	2 N m ³ /h
Poraba hladilne vode:	3 kondenzatorji — 60 m ³ /h vodni črpalke — 36 m ³ /h

SESALNA OBMOČJA

oksidacija	1000—180 mbar
	180— 80 mbar
	80— 40 mbar
oksidacija pri nizkem tlaku	50— 13 mbar
	40— 4 mbar
globoki vakuum	4— 0,7 mbar

Sesalna kapaciteta črpalk je velika. Pri degazaciji se doseže globoki vakuum pod 1 mbar že po 5 minutah evakuiranja, pri razogljčenju pa po 8 minutah.

Tabela 4:

Karakteristike TN naprave za vpihovanje prašnih materialov

Dobavitelj:	Mannesmann Demag Hüttentechnik
Tip:	TN
Volumen tlačne posode:	1700 l
posoda stoji na tehtnici	
Kopje monolitno —	
aluminatno	
Hitrost pihanja:	20 do 50 kg/min.

Naprava ima štiri enokubične silose za štiri različne materiale.

Naprave za legiranje

Za VOD in TN napravo imamo skupni legirni sistem, ki je postavljen nad vakuumsko napravo. Imamo dve skupini po 8 silosov. Prvih 8 se polni preko sistema transportnih trakov. Volumen le-teh je $4 \times 15 \text{ m}^3$ in $4 \times 5 \text{ m}^3$. Za mikrolegiranje namenjeni silosi od 9 do 16 imajo volumen 4 m^3 . Polnimo jih s šaržirnimi zaboji, prostornine 2 m^3 . Pod vsako skupino silosov se nahaja tehtalni silos, da lahko odzvamemo natančne količine posa-

meznih legur. Tehtalni silos 1 je montiran na prevoznem vozu, tehtalni silos 2 pa je stacionaren. Odvisno od izbrane legure zapelje tehtalni silos 1 avtomatično pod odgovarjajoči vmesni silos, nato pa zapelje nad predpisani položaj za praznjenje.

Registracija dodatkov se avtomatično vnaša v računalnik in nato na šaržirni karton, ki ga piše računalnik.

4. Predvidena pa je tudi metoda injektiranja CaSi in mikrolegiranih dodatkov ter aluminija v obliki oplašenih žic.

Shema teh postopkov sekundarne obdelave jekla v ponovci je prikazana na **sliki 3**.

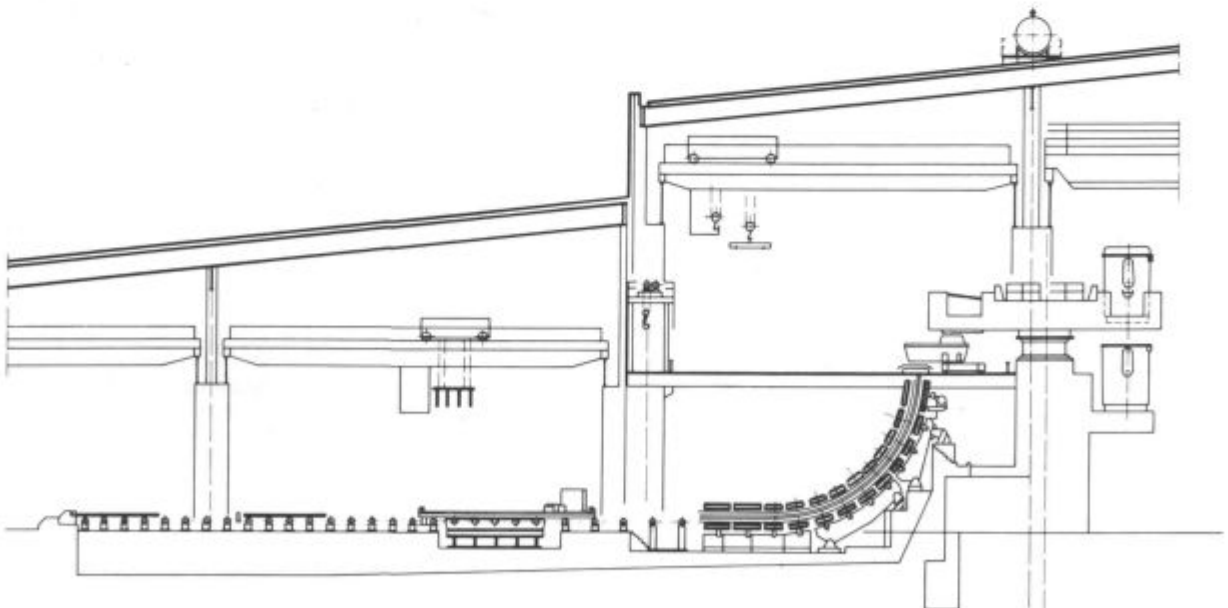
Karakteristični podatki naprave za kontinuirno vlivanje pa so prikazani v **tabeli 5**.

Tabela 5:

Karakteristike KL naprave

Dobavitelj:	Mannesmann Demag Hüttentechnik
Tip naprave:	krožno ločna — enožilna za vlivanje slabov
Premer krožnega loka:	10,5 m
Kapaciteta vmesne ponovce:	11,5 t
Metalurška dolžina:	21570 mm
Izmere slabov:	debelina 160, 200 in 250 mm širina od 800 do 1600 mm dolžina do največ 5,9 m maks 1,5 m/min.
Hitrost livanja:	

Jeklo teče iz glavne ponovce v vmesno ponovco (tundish), zaščiteno s keramično cevjo ob dodatku argona, tako da je v največji meri preprečena reoksidacija curka jekla. Hitrost livanja je odvisna od formata in od vrste jekla in se giblje od 0,9 do 1,3 m/min. Mrzla gredica se potem, ko pride žila iz vlečnega in ravnalnega stroja, avtomatično odpne. Razrez poteka avtogensko.

**Slika 8.**

Prečni presek naprave za kontinuirno vlivanje

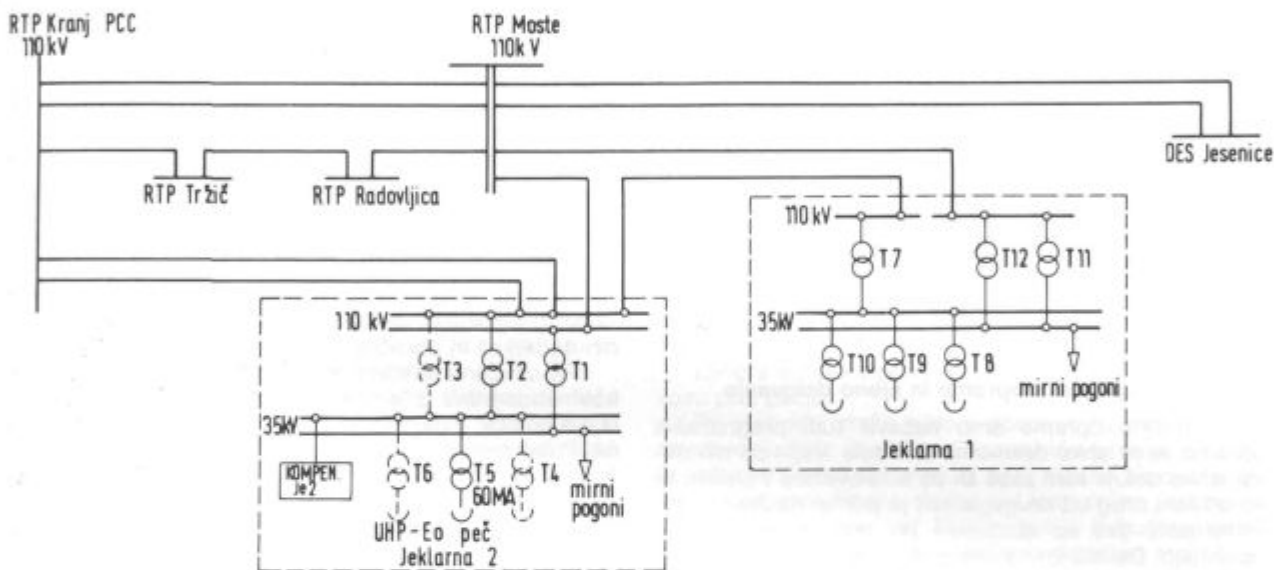
Fig. 8

Cross section of the continuous casting set-up

ELEKTROENERGETSKI OBJEKTI JEKLARNE 2

Pred izgradnjo jeklarne 2 je bila konična moč Železarnice Jesenice 51,5 MW. Po izgradnji jeklarne 2 se je ta moč povečala za 47 MW na skupno 98,5 MW. Te moči obstoječe električno omrežje ni bilo sposobno prenesti od izvorov energije do porabnikov na Jesenicah. Na osnovi študije, ki jo je napravil elektroinstitut Milan Vidmar v Ljubljani, smo 110 kV električno omrežje za napajanje Železarnice Jesenice rekonstruirali in ojačali.

Zgradili smo nov dvosistemski 110 kV daljnovod iz RTP 400/110 Okroglo — Jeklarne 2, ki služi za napajanje elektropeči v jeklarni 2, v vzanknem podaljšku pa še elektropeči ASEA in Lectromelt na Jesenicah. Za napajanje mirnih pogonov v jeklarni 2 pa smo vzankali v jeklarne 2 en obstoječi 110 kV daljnovod Moste—Jesenice, kar kaže **slika 9**.

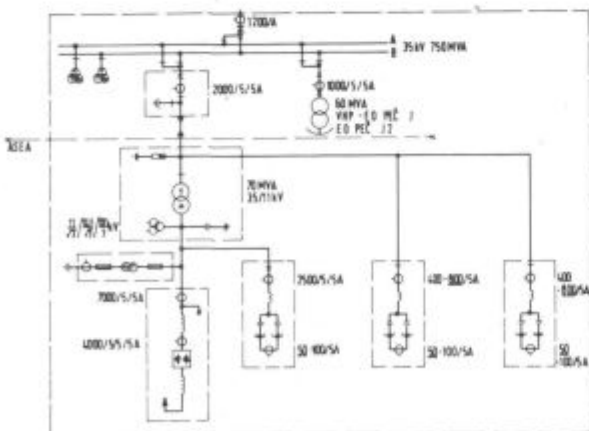


Slika 9.

Stikalna shema z električno energijo

Fig. 9

Switch system for electric energy



Slika 10.

Stikalna shema z električno energijo

Fig. 10

Switch system for electric energy

V jeklarni 2 smo zgradili naslednje elektroenergetske objekte:

1. *Razdelilno transformatorsko postajo 110/35/5 kV z dvosistemskimi zbiralkami na vseh treh napetostnih nivojih.* En sistem 110 kV zbiralk je preko transformatorja 75 MVA, 110/35 kV in 35 kV zbiralk za nemirne pogoje uporabljen za napajanje elektropeči s transformatorjem 60 MVA, 35/0,64 kV. Na iste 35 kV zbirake kot elektropeč je priključena tudi naprava za kompenzacijo jalove energije.

Drugi sistem 110 kV zbiralk je uporabljen za napajanje mirnih pogonov preko transformatorja 40 MVA, 110/35 kV. Na ta mirni 35 kV sistem sta priključena dva transformatorja po 10 MVA, 35/5 kV in dvojna zveza z obstoječo RTP Bela. Transformatorja 10 MVA, 35/5 kV služita za napajanje vseh pomožnih naprav na 5 kV in 0,4 kV napetostnem nivoju v jeklarni 2.

2. Sistem transformatorskih postaj 5/0,4 kV.

Za napajanje vseh pogonov na nizkonapetostnem nivoju 0,4 kV smo zgradili 5 transformatorskih postaj 5/0,4 kV. Locirane so v centru posameznih skupin porabnikov. V njih je vgrajenih 17 kosov transformatorjev 5/0,4 kV, moči 1 MVA.

3. Kompenzacija jalove energije

Elektropeč je velik porabnik jalove energije. Študija o napajanju jeklarne 2 z električno energijo, ki jo je izdelal elektroinstitut Milan Vidmar v Ljubljani, je pokazala, da bi jeklarne 2 brez naprave za kompenzacijo jalove energije povzročala nesprejemljive motnje ostalim porabnikom električne energije, ki so priključeni v skupni točki RTP Okroglo.

Zato smo zgradili dva sistema za kompenzacijo jalove energije. Prvi, statični sistem, je zgrajen na 5 kV zbiralkah v RTP 110/35/5 kV in služi za kompenzacijo vseh porabnikov na 5 kV in 0,4 kV napetostnem nivoju. Sestoji iz treh enot po 2,5 MVar. Vsako enoto vklapljammo s svojim stikalom glede na potrebe jalove energije. Drugi sistem je dinamični in služi za kompenzacijo jalove energije elektropeči, kar kaže **slika 10**. Ta sistem se avtomat-

sko prilagaja potrebam jalove energije elektropeči. Njegova skupna moč je 90 MVAR. Razdeljena je v tri grupe, tako da kompenzira tudi drugo, tretjo in četrto višjo harmonsko komponento jalove energije.

NALOGE RAČUNALNIKA V JEKLARNI

Računalniško vodenje procesov jeklarnah, kakor tudi vodenje skupne porabe električne energije je dandanes nujno za racionalno poslovanje. Zato smo pri projektu jeklarne 2 predvideli tudi uporabo računalnika v stari elektrojeklarni — jeklarni 1.

Za računalniško vodenje smo nabavili vso potrebno aparaturno in programsko opremo.

Kratek opis strojne opreme

Za uspešno procesno vodenje je bilo potrebno nabaviti naslednjo računalniško opremo: dva glavna računalnika Digital-ova PDP 11/44, pet Allen Bradley-evih računalnikov PLC-3 (logičnih programiranih avtomatov), terminale, tiskalnike in komunikacijske naprave.

Dva računalnika sta nabavljena zato, da ob izpadu enega delo prevzame drugi. Zato je nabavljena tudi posebna komunikacijska oprema, ki to omogoča.

Pet programiranih logičnih avtomatov je nabavljenih zato, da nadzirajo in vodijo posamezne agregate, to so vse tri peči, kontiliv in vakuum. To so izvršilni organi procesnega računalnika. Na agregate so priklopljeni z digitalnimi in analognimi vhodno-izhodnimi karticami.

To je bil kratek opis nabavljene strojne opreme, ki pa brez programske opreme nič ne pomeni.

Opis programske opreme in njeno delovanje

S strojno opremo smo nabavili tudi programsko opremo, ki jo lahko delimo na štiri dele. Vsak od teh delov lahko deluje sam zase ali pa so povezani v sistem in so odvisni drug od drugega, kot je primer na Jesenicah. Posamezni deli so razdeljeni po tem, katere naloge opravljajo. Delimo jih na energetske del, ki ga pokriva Q-VAR, na metalurški del, ki ga pokriva AVTOMET, na kemijski del, ki ga pokriva AVTOKEM, in na komunikacijski del, ki dejansko omogoča delovanje celotnega sistema.

ENERGETSKI PAKET — Q-VAR

Ta del programske opreme sestavlja dva dela: programi za nadziranje konične porabe energije in programi za dovod energije v peč.

Potrebna strojna oprema so programirani logični avtomati (PLC-3) in vhodno-izhodne kartice na pečeh in v razdelilni transformatorski postaji.

Da lahko nadziramo in omejujemo porabo konične vrednosti energije, so potrebne meritve električne energije na posameznih pečeh in poraba za celotno tovarno. V programe pa vnesemo omejitve, ki nam jih narekuje pogodba z elektrogospodarstvom Slovenije (EGS). Omejevanje energije je postavljeno na fiksno periodo 15 minut. Če v tem času poraba presega dovoljeni odzvem, računalnik sam prične odklapljati peči. Vrsten red odklapljanja je takšen, da naredimo najmanj škode na tekoči šarži. Odklapljamo tisto peč, ki je v danem trenutku porabila najmanj energije.

S tem smo dosegli, da so peči odklopljene veliko krajši čas, kot je to lahko nadziral človek. Tu sta bila dva problema; človekova ocena, kdaj odklopiti agregat, in komunikacijski problem, telefoniranje na peč.

Pri nadzoru in dovajanju energije v peč za taljenje vložka in doseganju prehodne temperature moramo imeti na razpolago naslednje podatke: količino dovede-

ne električne energije, količino vpihanega kisika, težo vložka in dodatkov, izmerjene temperature, podatke o toplotnih izgubah in diagrame taljenja za različne vrste vložka.

Program izračuna potrebno energijo za taljenje posamezne košare in s pomočjo diagrama taljenja samodejno vodi taljenje. Talilec mora vklopiti peč, ker te funkcije računalnik nima zaradi varnostnih ukrepov, nato prevzame delo računalnik. Spreminja stopnje transformatorja in ob približevanju koncu taljenja posamezne košare pošilja sporočila. Na koncu taljenja košare peč tudi ustavi z dvigom elektrod. Talilca in žerjavovodjo opozarja na novo zakladanje in na konec taljenja, ko je potrebno izmeriti temperaturo in vzeti prvi vzorec. V času oksidacije in rafinacije sproti izračunava temperaturo in čas, ki je predviden do preboda.

S temi programi omogočamo zmanjševanje specifične porabe električne energije in elektrod. To dosežemo s tem, da računalnik forsira intenzivno taljenje. Ogrevanje taline pa vodi na takšni stopnji transformatorja, da ne povzroča prevelikega sevanja obločnega plamena na stene in s tem zmanjša izgube. Poleg tega pa opozarja talilca, kdaj je talina ogreta na prehodno temperaturo in ni običajnega pregrevanja taline. S temi programi standardiziramo način dela na peči.

METALURŠKI PAKET — AVTOMET

Ta del programske opreme sestavljajo trije večji sklopi programov: izračun sestave vložka, izračun legirnih dodatkov in poročila.

Pri izračunu sestave vložka ne potrebujemo podatkov neposredno iz jeklarne, ker programi v glavnem delajo s podatki v datotekah. Vendar pa morajo biti te ažurne. V datotekah moramo imeti podatke o vrstah, sestavi, količini in ceni vložka, enake podatke o legurah in jeklih ter podatke o naročenih kvalitetah.

Program računa sestave vložnih materialov glede na razpoložljivo količino in ceno materialov in glede na sestavo jekla, ki je naročeno. Ko je izračun gotov in izračunani materiali pripravljene za zakladanje v peč, se ažurirajo vse datoteke.

Pri izračunu dodatkov v peč potrebujemo obvezno tudi podatke iz kemijskega laboratorija. Po prvi analizi nam izračuna dodatke karburita in FeMn, če sta potrebna za pravilno sestavo prve analize, in količino kisika, ki ga moramo vpihati v talino, da izvedemo pravilno oksidacijo. Po oksidaciji pa nam izračuna dodatke ferolegur. Pri izračunu ferolegur imamo dva načina izračuna: predlegiranje za elemente, ki ne odgorevajo, in končno legiranje, ki je razdeljeno na dodatke v peč in ponovco.

Pri legiranju program vedno jemlje tiste legure, ki so na skladišču in ki so za izdelavo določene kvalitete najcenejše. Zato je dobro, če imamo na zalogi večkomponentne legure, ker so običajno cenejše.

Poročila, ki jih ti programi dajejo, so saržni karton in poročilo o stanju zalog ferolegur.

S tem paketom programov omogočamo talilcu lažje delo, ker za izračun skrbi računalnik. Druga prednost je, da je raztros kemičnih analiz jekel veliko ožji in je možno s statističnimi analizami ugotavljati, kakšne spremembe so potrebne za doseganje boljših mehanskih lastnosti. Poleg tega se spremeni struktura porabe legirnih elementov, saj večino legur poskušamo dobiti v jeklo preko legiranega vložka in ne preko čistih in dragih ferolegur. Namesto dragih čistih ferolegur. Namesto dragih čistih ferolegur se uporabljajo cenejše, večkomponentne legure.

KEMIJSKI PAKET — AVTOKEM

S tem manjšim programskim paketom skrbimo, da v jeklaro pošiljamo kemične analize. Za poslani vzorec naredimo na spektrometru analizo in to pošljemo v jeklaro brez prepisovanja. Tako je podatek veliko bolj zanesljiv in istočasno dobi talilec na ekran odstopanja od analiznega predpisa. Tako po vsaki analizi ve, ali je analiza že v meji in kakšno je nadaljnje delo.

Za potrebe kemijskega laboratorija računalnik naredi poročila in jih izpiše na tiskalniku. S tem omogočimo opuščanje ročnega pisanja različnih knjižic in statistik.

Za vsemi tremi sklopi programov stoji program, ki je nekakšen stimulator poteka na peči. Program se imenuje FURNACE TRACKING. S pomočjo tega programa omogočimo, da posamezne sklope programov povežemo v neko celoto. Podatki se prenašajo iz enega področja na drugega in procesno vodenje resnično postane procesno.

KOMUNIKACIJSKI PAKET

Vsak ta program zase ne bi pomenil nič, če jih ne bi uspeli povezati z dobavitelji podatkov (PLC-3, terminalni in spektrometer). Za to povezavo skrbijo trije komunikacijski programi, NET-13, WKEenn in TIP.

NET-13 je komunikacijski program, ki povezuje procesni računalnik s PLC-3 računalniki. Komunikacija teče v obe smeri, kar je potrebno, če želimo proces voditi zares računalniško.

Program oskrbi procesni računalnik z vsemi potrebnimi podatki, ki se po obdelavi vračajo kot ukazi, ki jih PLC-3 s pomočjo izhodnih kartic izvrši.

WKEenn komunikacijski programi skrbijo, da teče povezava med procesnim računalnikom in računalniki, ki se nahajajo ob spektrometrih. S to povezavo oskrbimo celotni sistem s kemičnimi analizami brez pretipkavanja. S tem dosežemo bolj zanesljive podatke in prihranimo veliko truda ljudem pri prepisovanju analiz.

TIP ni ravno komunikacijski program, ker ga uporabljamo zgolj za povezavo terminalov v mrežo menijev. Program skrbi za pravilno izvajanje posameznih nalog na terminalu in omogoča enostavno uporabo procesnega

računalnika pri uporabnikih. Delo z meniji je enostavno in ne zahteva posebnega predznanja uporabnikov. Poleg tega pa štiti sistem, ker preko menijev ni možno vstopati v druge naloge, kot so napisane v meniju.

Sistem procesnega računalnika, ki je postavljen na Jesenicah, resnično omogoča procesno vodenje. Sam sistem ni narejen tako, da bi bil zaprt, ampak se je mogoče s spremembami v programih in z novimi programi razširiti in spremeniti, da ustreza zahtevam jeklarne.

Shematski prikaz programske opreme računalnika na Jesenicah je prikazan na sliki 11.

KRATEK OPIS POSTOPKA IZDELAVE ŠARŽE

Elektroobločna peč

Potem, ko je založena prva košara, računalnik po posebnem programu vodi taljenje v peči. Računalnik izračuna za težo posamezne košare potrebno količino energije in da signal, preden je ta energija porabljena, da pripravijo naslednjo košaro za zakladanje. Ko je izračunana energija porabljena, dvigne elektrode in odpre obok.

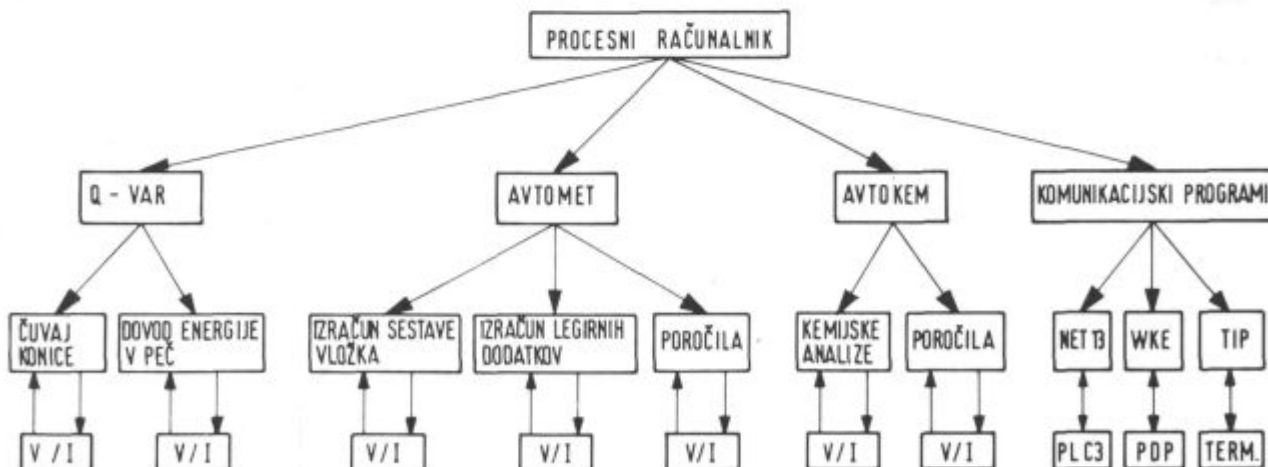
Ko je taljenje končano, to je po prvi meritvi temperature, računalnik sam preklopi v fazo rafinacije in vodi segrevanje taline do željene prebodne temperature.

Pri taljenju si pomagamo z vpihovanjem kisika, predvsem za rezanje ostankov strega železa ob vratih. Potem, ko je raztaljeno z vpihovanjem C v žlindro, skrbimo za tvorjenje peneče žlindre.

Pomembno za delo v peči je zadeti pravilno vsebnost ogljika pri tistih vrstah jekla, ki jih v vakuumu razogljčimo, ter segrevanje taline na pravilno temperaturo.

Žlindra odteka v ponev za žlindro, ki je na posebnem vozu pod pečjo.

Pri preobodu izteče jeklo v ponovco na vozu, ki služi za prevoz v halo vlivališča. Ekscentrični prebod omogoča ločenje žlindre od jekla. V peči ostane še ca. 15 ton jekla in ostanek žlindre. Kadar peč izpraznimo, imamo na ponovci vso žlindro. Več žlindre, kot je dopustno, priteče iz peči tudi, kadar je prebodna odprtina močno izrabljena. V teh primerih je potrebno posneti žlindro iz ponovce, preden gre jeklo v nadaljnjo sekundarno obdelavo.



Slika 11.

Schema procesnega računalnika in povezave

Fig. 11

Scheme of process computer and connections

Obdelava jekla v ponovci

Obdelava jekla v ponovci je najpomembnejši del izdelave jekla. Od pravega dela po odlitju jekla je odvisna stopnja odžveplanja in splošna čistoča, ki je za kvaliteto slaba, in dalje valjanca, izredno pomembna.

Vse šarže obdelamo v vakuumski napravi, kjer jeklo rafiniramo. Glavni način obdelave je degazacija z odžveplanjem, pri jeklih za globoko vlečenje in elektrotehnične namene pa tudi razogljčenje. Tiste vrste jekel, pri katerih je zahtevana majhna vsebnost žvepla in imajo sposobnost robljenja, po degazaciji obdelamo še na TN napravi s CaSi, da zagotovimo modifikacijo nekovinskih vključkov.

Končna faza vsake sekundarne obdelave jekla v ponovci je nastavitev pravilne temperature pred livanjem. Potem, ko je dosežena željena temperatura, pokrijemo talino z izolacijskim pepelom in ponovco s pokrovom, da zmanjšamo izgube temperature med vlivanjem.

Vlivanje

Kontinuirno vlivanje slabov je normalen način vlivanja. Kontinuirno vlivanje zagotavlja visok jeklarski izkoristek, pa tudi kvaliteta jekla je boljša, ker je curek jekla ves čas zaščiteno pred reoksidacijo z okoliškim zrakom s keramično zaščitno cevjo ob dodatku argona od ponovce do vmesne ponovce in dalje z izlivkom do kokile.

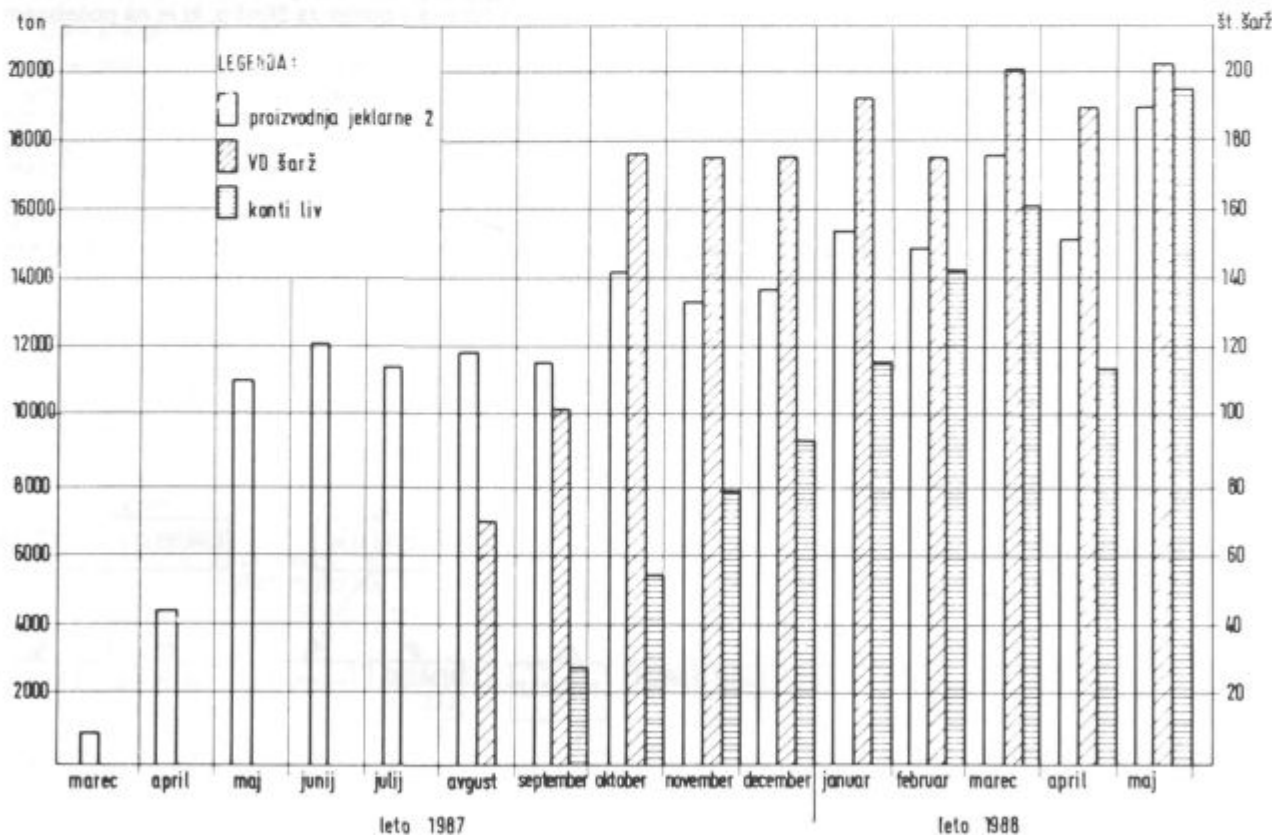
PROIZVODNI IN KVALITETNI REZULTATI

V času naše obravnave je poteklo 10 mesecev od začetka obratovanja vakuumske naprave in 9 mesecev od začetka obratovanja naprave za kontinuirno livanje ter 14 mesecev od začetka obratovanja EO peči.

Proizvodni kazalniki so za naše razmere dobri. Zagon in obratovanje UHP-EO peči, ki je v veliki meri avtomatizirana in računalniško vodena, zahteva drugačen odnos do dela proizvodnih delavcev, pa tudi vzdrževalcev teh naprav, kot pa smo ga bili vajeni na starih pečeh. Peč z visoko storilnostjo zahteva hitro ukrepanje ob okvarah, mrtvi časi naj bodo čim krajši. Tako eni kot drugi so si morali nabrati potrebnih izkušenj. Največ težav je bilo na sami peči, pa tudi na kontilivu, kjer je potrebno vsa dela opraviti z veliko natančnostjo in vestnostjo. Vakuumska naprava je mnogo enostavnejša, poleg tega smo imeli dovolj izkušenj že s staro napravo, ki je tej podobna, zato ni povzročala nobenih zastojev v proizvodnji. Količinska proizvodnja je bila manjša tudi zaradi nezadostne nakladalne zmogljivosti enega samega žerjava v starem železu.

Kako se je gibala proizvodnja po mesecih, je razvidno s **slike 12**.

Kvaliteta jekla je bila, dokler smo delali jeklo brez prave sekundarne obdelave v ponovci, nezadovoljiva, s precej izmečka zaradi različnih jeklarskih napak, ki so se



Slika 12.

Gibanje proizvodnje Jeklarne 2

Fig. 12

Output results of the steel plant

pokazale pri valjanju bram v slabe, kot trganje površine, razpoke in lusnine.

Z zagonom vakuumske naprave v začetku avgusta 1987, ki smo jo zelo hitro usposobili za obratovanje, so se kvalitetni kazalniki bistveno izboljšali. Polno obratovanje je bilo odvisno od dotoka delavcev iz plavža in SM jeklarne, ki smo ju postopoma ukinjali. Od septembra dalje pa je naprava v pogonu na štiri izmene.

Kot merilo za kakovost jekla smo jemali vsebnost žvepla v končni analizi. Že v avgustu 1987 je bila povprečna vsebnost žvepla na vseh vakuumsko obdelanih šaržah 0,0059 %, v septembru pa 0,0063 %.

Kako se je gibal vsebnost žvepla pri nekaterih značilnih skupinah jekel od oktobra 1987 dalje, je razvidno iz **tabele 6**.

Tabela 6: Gibanje vsebnosti žvepla pri nekaterih značilnih skupinah jekel

Mesec	Štev. šarž	VD šarž	
avgust 87	167	68	$S_w = 0,0059\%$ za VD šarže
september 87	162	114	$S_w = 0,0063\%$ za VD šarže
			dinamo Elmag konstr. Č 0148 jekla
oktober 87	198	178	n 63 51 68 x 0,0067 0,014 0,009 % S 0,0032 0,005 0,006 %
november 87	179	176	n 52 13 59 X 0,0068 0,015 0,0075 % S 0,0034 0,006 0,0056 %
december 87	176	176	n 54 41 71 X 0,007 0,017 0,011 % S 0,0035 0,0056 0,007 %

V **tabeli 7** pa je prikazan pregled končnih analiz nekaterih značilnih vrst jekel od januarja do aprila.

Vsebnost žvepla je bila že od začetka obratovanja VD/VOD naprave zelo nizka. To gre predvsem na račun dinamo jekla, ki se ga zaradi visoke vsebnosti Si da laže odžveplati. Zelo majhne vsebnosti S se da dosežati tudi pri konstrukcijskih jeklih in še posebno pri jeklih, legiranih z Mn kot je Č 0562 in sorodna jekla.

Nekaj višje vsebnosti žvepla imamo pri jeklu za globoko vlečenje, ki jih v vakuumu razogljčujemo in so pomirjena le z aluminijem. Vendar vsebnost žvepla tudi pri teh jeklih postopoma pada, kar skušamo dosežati z uporabo sintetičnih žilindrih mešanice, ki dajejo žilindro z večjo sulfidno kapaciteto.

Da je kvaliteta izdelanega jekla zelo dobra, dokazuje tudi kvaliteta površine in notranje homogenosti slabov kontinuirno vlitega jekla. Površina kontinuirno vlitih slabov je praktično brez napak, tako da omogoča direktno zakladanje v potisno peč brez vmesnega čiščenja.

Notranjo homogenost preiskujemo pri vsaki šarži na ploščicah, ki so odrezane prečno na slab z Baumanovimi odtisi ali, če je potrebno, z luženjem ploščic. Izvidi kažejo, da je kvaliteta v povprečju zelo dobra. Napake, kot središčna poroznost, se kažejo pri zelo majhnem deležu šarž. To dokazuje, da je tehnologija izdelave jekla dobra in da tudi pri vlišanju ne delamo napak.

Problem dušika v jeklu

Vsebnost dušika je zelo pomembna pri jeklih za globoko vlečenje, ker povišuje mejo raztezanja.

Dušik je v jeklu mogoče zniževati le s CO reakcijo. Čim več bo ogljika v talini pred oksidacijo, manj bo duši-

Tabela 7: Pregled končnih analiz nekaterih značilnih vrst jekel

	Januar 1988:										Februar 1988:										Marec 1988:										April 1988:									
	C	Si	Mn	P	S	Al	C	Si	Mn	P	S	Al	C	Si	Mn	P	S	Al	C	Si	Mn	P	S	Al	C	Si	Mn	P	S	Al										
Č 0361	n 2	X 0,099	0,579	0,355	0,027	0,018	0,068	0,196	0,353	0,016	0,013	0,059	0,249	0,363	0,017	0,010	0,014	0,03	0,008	0,007	premalto šarž																			
	S 0,028	0,45	0,091	0,014	0,021	0,035	0,093	0,05	0,002	0,013	0,014	0,03	0,03	0,03	0,008	0,007	0,014	0,03	0,008	0,007																				
RSt 37-2	n 36	X 0,078	0,186	0,34	0,014	0,0013	0,066	0,139	0,336	0,013	0,010	0,074	0,093	0,332	0,012	0,006	0,013	0,102	0,078	0,005	0,004	22																		
	S 0,024	0,104	0,058	0,005	0,008	0,022	0,13	0,031	0,006	0,004	0,013	0,102	0,078	0,005	0,004	0,013	0,102	0,078	0,005	0,004	0,083 0,118 0,354 0,11 0,008 0,627 0,116 0,036 0,002 0,025																			
Elmag	n 14	X 0,021	0,32	0,39	0,097	0,012	0,032	0,34	0,39	0,094	0,018	0,017	0,034	0,45	0,103	0,014	0,009	0,046	0,034	0,013	0,003	13																		
	S 0,034	0,059	0,076	0,009	0,003	0,052	0,05	0,136	0,035	0,007	0,052	0,05	0,136	0,035	0,007	0,009	0,046	0,034	0,013	0,003	0,019 0,308 0,42 0,096 0,011 0 0,012 0,036 0,035 0,024 0,005																			
Č 0148	n 19	X 0,011	0	0,231	0,012	0,016	0,054	0,022	0	0,269	0,009	0,014	0,075	0,014	0	0,235	0,012	0,012	0,071	premalto šarž																				
	S 0,008	0,067	0,005	0,008	0,030	0,028	0,022	0	0,123	0,002	0,004	0,060	0,006	0,02	0,004	0,035	0,02	0,004	0,035																					
Č 0147	n 11	X 0,016	0	0,185	0,011	0,019	0,048	0,012	0	0,217	0,009	0,016	0,023	0,019	0	0,232	0,011	0,011	0,038	premalto šarž																				
	S 0,011	0,068	0,005	0,009	0,028	0,004	0,032	0,003	0,003	0,014	0,020	0,060	0,006	0,083	0,004	0,006	0,026	0,083	0,004	0,006	0,026																			
Dinamo	n 54	X 0,011	1,0-2,0	0,26	0,024	0,009	0,223	0,013	1,0-2,0	0,257	0,029	0,011	0,219	0,014	1,0-2,0	0,263	0,026	0,007	0,217	0,011	1,0	58																		
	S 0,004	0,078	0,005	0,006	0,072	0,005	0,046	0,020	0,005	0,067	0,004	0,036	0,007	0,004	0,058	0,003	0,004	0,058	0,003	2,0	0,04	0,259 0,022 0,007 0,248 0,005 0,003 0,058																		
Č 0562	n 13	X 0,156	0,34	0,114	0,020	0,004	0,156	0,349	1,255	0,016	0,005	0,044	0,059	0,085	0,004	0,003																								
	S 0,056	0,129	0,374	0,009	0,004	0,056	0,129	0,374	0,009	0,004	0,056	0,129	0,374	0,009	0,004	0,056	0,129	0,374	0,009	0,004																				

ka v njem. Talina mora kuhati do preboda. To pomeni, da moramo odliti jeklo nepomirjeno. Vsebnost dušika še dalje pada med razogljčevanjem v vakuumu. Zato, da bi dosegli dovolj majhne vsebnosti N v jeklu za globoko vlečenje, mora biti več kot 0,40 % C v jeklu ob raztalitvi. Potem pa to jeklo v vakuumu še dalje razogljčujemo do pod 0,010 %, s čimer še dalje znižujemo dušik.

Vsebnost dušika se giblje v zelo širokem razponu od 30 pa do 110 ppm, pri čemer znaša srednja vrednost za dinamno jeklo 45 ppm, za ostale vrste jekel pa 68 ppm.

Izkoristki

Kontinuirno vlivanje zagotavlja znatno višji izkoristek jekla od vlivanja v kokile. Razmere v pogledu izkoristka jekla so se v Železarni močno izboljšale, odkar je napra-

va za kontinuirno livanje v polnem obratovanju, to je od januarja 1988 dalje.

Primerjavo izkoristkov za star način vlijanja v kokile in za kontinuirno livanje podajamo v tabeli 8 za izkoristek tekočega jekla pri valjanju od brame direktno v toplo valjani trak ter iz kontinuirno vlitoga slaba v toplo valjani trak.

Tabela 8: Primerjava izkoristkov pri starem načinu livanja in kontinuirnem livanju

Način vlijanja	Izkoristek v %
Tekoče jeklo — blok (brama)	93—94 %
tekoče jeklo — KL slab	95 %
brama — toplo valjan trak direktno	84 %
KL slab — toplo valjani trak	96—97 %

ZUSAMMENFASSUNG

In Jesenice stand das Siemens-Martin Stahlwerk schon seit Jahre 1890. Mit der Ausnahme der zwei 80 t Öfen die in den Jahren 1953 bzw. 1958 gebaut wurden waren alle anderen vier Öfen veraltet und vollkommen ausgenutzt. Die Idee über den Austausch des SM Verfahrens durch die Gewinnung von Stahl in Elektrolichtbogenöfen entstand in den siebziger Jahren. Die Produktionskosten im alten SM-Stahlwerk waren zu hoch. Die braunen Gase aus den hohen Schornsteinen haben die Umgeung zu stark verunreinigt, was nicht mehr zulässig war.

Die Entwicklung leistungsfähiger Elektrostahlwerke und besonders die schnelle Entwicklung der Stranggiestechnik haben die Entscheidung über den Bau eines Elektrostahlwerkes in Jesenice beschleunigt. Wichtig war noch die grosse Entfernung der Rohstoffe, die Einfuhr von Energie — Koks und die hohen Transportkosten für die grossen Rohstoffmengen.

Die Orientierung des Hüttenwerkes Jesenice für die Produktion von Qualitätsstählen war durch SM Stahl nicht möglich. Für die Produktion von nichtrostenden Stählen, Stählen für elektrotechnische Zwecke, von niedriglegierten, mikrolegierten und Kohlenstoffstählen mit hohem Reinheitsgrad können nur Lichtbogenöfen in Zusammenhang mit den Anlagen für die Sekundärbehandlung von Stahl angewendet werden.

Für die geplante Jahresproduktion von 210.000 t Stahl ist ausgewählt worden:

— Ein UHP Lichtbogenofen mit Erkerabstich mit einer Kapazität von 85 t Flüssigstahl und 60 MVA Trafoleistung.

— VD/VOD Vakuumanlage für die Pfannenbehandlung von Stahl, und

— TN Anlage für die Sekundärbehandlung von Stahl durch CaSi und syntetische Schlacken,

— Stranggiessanlage für Brammen für die Breite von 800 bis 1600 mm und 160, 200 und 250 mm Dicke und grösster Länge von 5,9 m.

Das Stahlwerk ist am grünen Feld, Belško polje genannt aufgestellt worden, was aus Bild 1 und 2 ersichtlich ist.

Der Stahl wird nach dem Duplex Verfahren erzeugt wobei im Lichtbogenofen die Einschmelzung, die Entphosphorung und

die Überhitzung von Stahl auf die nötige Abstichtemperatur verläuft. Die Abstichttemperaturen schwanken abhängig von der Stahlsorte von 1720 bis 1760° C.

Die gesamte Stahlmenge wird an der Vakuumanlage nach dem VD bzw. VOD Verfahren, wenn nötig auch noch an der TN Anlage durch CaSi zur Modifikation von nichtmetallischen Einschlüssen behandelt. Es bestehen zwei Gründe für die konsequente Behandlung von Stahl nach dem VD/VOD Verfahren und zwar:

— Zusicherung eines hohen Reinheitsgrades von Stahl,

— ausreichende Homogenisierung von Stahl und Einstellung des Temperaturgleichgewichtes zwischen der Pfannenausmauerung und der Schmelze, wodurch eine genaue Einstellung der Giesstemperatur mit kleinster Überhitzung möglich wird.

Dies beides garantiert eine hohe Qualität der Stranggegossenen Brammen, sowohl der Oberfläche wie auch der Innenbeschaffenheit.

Der Lichtbogenschmelzofen ist am 13. 3. 1987 in Betrieb genommen worden. Für unsere Verhältnisse ist die Produktion mengenmässig schnell genug gewachsen.

Die Vakuumanlage ist Anfang August ohne Schwierigkeiten in Betrieb genommen worden, und die Stranggiessanlage Anfang September 1987.

Nach und nach wurden Schicht für Schicht eingeführt so wie die Arbeiter von der stillgelegten Betrieben — Hochofen und SM-Stahlwerk, nachgekommen sind.

Die Qualitätsparameter sind sehr gut sowohl in Hinsicht der Stahlqualität wie auch in Hinsicht der Ausnutzungsgrade beim Stranggießen und Walzen von Brammen.

In den nächsten Jahren ist die Aufstellung eines Pfannenofens geplant, wozu schon der Platz zur Verfügung steht. Die reine Stahlqualität wird damit noch weiter steigen können, die Zuverlässigkeit des Stranggiessens wird grösser und das Sequenzgiessen von zwei oder drei Schmelzen wird dadurch möglich.

SUMMARY

In Jesenice the old open-hearth-furnace plant operated since 1890. Two 80 ton furnaces were actually built in 1953 and 1958 but the other four were old and completely exploited. The idea to substitute the open-hearth process in steelmaking by electric arc furnaces appeared in the seventies. Steel production costs in the old open-hearth plant were too high, the flue

materials, import of coke, and high transport costs for a great amount of raw materials must be emphasized too.

Orientation of the Jesenice Ironworks into high quality products was not possible with the open-hearth furnaces. Only electric arc furnaces with equipment for secondary steel treatment in ladle enable the making of stainless, electrical, lowalloy-

ed, micro-alloyed, and high-purity carbon steels.

To achieve the planned yearly production of 210,000 ton steel, the following equipment was chosen:

- UHP electric arc furnace with capacity 85 tons molten steel, with eccentric tapping, having 60 MVA power,

- vacuum set-up of VD/VOD type for treating steel in ladle,

- TN equipment for treating steel with powdery materials (CaSi and synthetic slags),

- equipment for continuous casting of slabs, 800 to 1600 mm wide, and 160, 200, or 250 mm thick, and with lengths up to 5.9 m.

The steel plant was built anew, on Belško polje, as shown in Figs. 1 and 2.

Steel is manufactured by a duplex process where EAF is the melting set-up, used for dephosphorisation and to heat the melt so high that temperature drops during subsequent treatment in ladle are compensated. Tapping temperatures depending on steel qualities are between 1720 and 1760°C.

All steel is treated in the vacuum set-up by the VD or VOD gases from high stacks caused high pollution of the surroundings with brownish smoke which could not be tolerated.

Development of electric steelmaking plants with high capacities, and especially the fast development of the continuous casting process accelerated the decision to erect a new electric steelmaking plant in Jesenice. Further, remoteness of raw

process, but it can be additionally treated also in the TN set-up by CaSi if non-metallic inclusions must be modified. There are two reasons for consistent treatment of steel by the VD process:

- achievement of high steel purity, and
- sufficient homogenization of steel and achievement of temperature equilibrium between the ladle lining and melt which enables the accurate setting of casting temperature at low overheating.

This period ensures the high quality of continuously cast slabs in the regard of the surface quality and of the internal homogeneity.

Electric arc furnace started to operate on May 13, 1987. The output increased rapidly enough for our conditions.

The vacuum set-up was set in operation in the beginning of August without any problems. The equipment for continuous casting started to work in the beginning of September 1987.

Gradually shift groups of workers were introduced into new work as the workers came from the blast-furnace and the open-hearth plant where operation was closed down.

The quality parameters are very good in respect to the steel quality and yields in continuous casting and subsequent rolling.

In the future erection of ladle furnace is planned, and the place for it is already prepared. Thus the steel quality and reliability of continuous casting will be further improved, and a sequence casting of two or three heats will be enabled.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В промышленном городе Есенице (Словения) первая мартеновская печь сооружена 1890 года. С исключением двух печей объёма 80-ти тонн, которые были сооружены в 1953 и 1958 годах, это были стареющие печи вполне израсходованные. Мысль о изменении мартеновского процесса с получением стали в электрических дуговых печах возникла в семидесятых годах. Расходы производства стали в старом мартеновском цехе были слишком высокие, а отработавшие газы из высоких труб сильно загадили окрестность с буроватым дымом, свыше разрешенной меры. Развитие электрических дуговых печей высокопроизводительности, к этому ещё послешное развитие непрерывного литья ускорили заключение о постройке электросталеплавильного цеха в металлургическом заводе Железарна Есенице. К этому надо также добавить расстояние от сырья, т. е. подвоз кокса и высокие расходы для большого количества прочего сырья.

Устремление металлургического завода Железарна Есенице, что касается качества производства мартеновской стали также не была возможна, так как производство нержавеющей сталей, сталей для электротехнических назначений, малолегированных и микрелегированных, а также и малоуглеродистых сталей большой чистоты возможны только дуговые электрические печи с устройством для вторичной обработки стали в ковше.

Для запланированного годового производства стали веза прибл. 210.000 тонн мы выбрали:

- электрическую дуговую печь объёма 85-ти жидкой стали силы 60-ти мвт с эксцентрическим выпуском;

- вакуумная установка типа VD/VOD для обработки стали в ковше, также

- TN устройство для обработки стали с порошковыми материалами (CaSi и синтетический шлак);

- устройство для непрерывного литья слэббов в ширине 800 до 1600 мм и толщины 160, 200 и 250 мм, длины не более 5, 9 м.

Сталелитейный завод мы соорудили на зелёном поле, именованное Бельшко поле, что видно на рис. 1 и 2.

Производство стали ведётся дуплекс процессом, причём электродуговая печь служит только для плавления, для уда-

ления фосфора и для перегрева на температуру, которая должна так высока, чтобы покрывала потерю тепла во время вторичной обработки стали в ковше. Выпускные температуры находятся в зависимости от сорта стали от 1720-ти до 1760-ти °C.

Сталь, обработанное в вакуумном устройстве по VD способу, отн. по способу VOD, добавочно также ещё на TN устройстве с порошковатым CaSi а, если необходимо, также модификация неметаллических включений. Две причины способствуют последующей обработке стали VD способом, а именно:

- гарантируют высокую чистоту стали и
- удовлетворительную гомогенизацию и устанавливает температурное равновесие между облицовки ковша и расплава, что позволяет точно выполнить настройку температуры литья с небольшой разницей перегрева.

Этот период процесса гарантирует высокому качеству непрерывно отлитых слэббов не только что касается их поверхности, а их внутренней гомогенности.

Электрическая дуговая печь была введена в эксплуатацию 13. 3. 1987 года. Количество производства стали, что касается наших обстоятельств, довольно быстро увеличивалась.

Вакуумное устройство взято в эксплуатацию в начале месяца августа без всяких затруднений. Устройство для непрерывного литья введено в работу в начале месяца сентября того же года.

Постепенно мы вводили в работу смену за сменой рабочих из мартеновского и цеха доменной печи, в которых работа была прекращена.

Что касается качества показатели очень благоприятны, также прихода непрерывного литья и последующий прокатки.

В последующих годах у нас намерение соорудить ковшевые печи для которых уже приготовлено место. Таким образом мы ещё улучшить качество стали, увеличили надёжность непрерывного литья и дала возможность также последовательно выполнять литьё двух до трёх завалок.