

## Tehnologija izdelave jekla v jeklarni II

UDK : 669.187.4

ASM/SLA: D5, 1—73, D5g

Joža Arh, S. Čop

Opisan je celotni tehnološki postopek za različne skupine jekel, ki jih lahko izdelujemo na enak način. Naštete so tudi naprave za proizvodnjo jekla, ki jih bomo imeli v novi jeklarni, kakor UHP električne obločne peči, stojišči za rafinacijo jekla v ponovci, TN naprava, VOD/VAD naprava in kontiliv.

V posebnih časovnih diagramih je prikazan ritem dela obeh peči skupaj z drugimi napravami in le enim kontilivom pri izdelavi najbolj značilnih vrst jekel. Izračunana je celotna kapaciteta nove jeklarne. Posebno so poudarjene zahteve, ki izvirajo iz moderne tehnologije do obzidave peči, obzidave ponovc, nujnost ločenja žlindre od jekla kot osnovnega pogoja za vso nadaljno metalurgijo v ponovci in nazadnje nujnost kontinuirnega vli-vanja v sekvenci.

### 1. UVOD:

Tehnologija izdelave jekla je danes v principu lahko popolnoma drugačna, kot je bila še pred desetletji. Klasično čiščenje jekla suspenzij nekovinskih vključkov iz taline s pomočjo CO kot produktom reakcije med ogljikom in kisikom, ki s seboj odnaša nekovinske delce, ni več nujno potrebno. Talino je mogoče očistiti tudi zunaj peči v ponovci z intenzivnim izpiranjem le-te z inertnimi plini, pri čemer se največ rabi argon. Takšno tehnologijo je prvič uvedel v proizvodnjo D. Ameling v Hamburger Stahlwerke (1) in v novi elektro-jeklarni železarne Thyssen Niederrhein v Oberhausnu.

UHP električne obločne peči, ki so za to tehnologijo posebno primerne, so postale res le samo talilni agregati. V peči je treba vložek le še raztaliti in odstraniti fosfor in ogljik in talino dovolj segreti za nadaljne operacije zunaj peči. Vse drugo se naredi v ponovci, to pa je rafinacija, od-

žveplanje, nastavev kemične sestave in temperature. Se lažje gre, če so električni peči priključene naprave za ogrevanje jekla v ponovci. Da je takšna tehnologija mogoča, smo dokazali že sami z uvedbo skrajšane tehnologije izdelave dinamo jekel.

Ta nova tehnologija je vezana pravzaprav na en sam pogoj: oksidno pečno žlindro je treba ločiti od jekla. Konvertorji in električne obločne peči so zato najbolj primerni agregati. V konvertorjih je to ločenje znano, v EO pečeh pa se uveljavlja praksa, da se manjši del jekla z žlindro enostavno zadrži v peči, oziroma, da se v ponovco odlije le določena količina jekla. V peči pač raztalimo večjo količino jekla, kot jo rabimo, žerjavi pa morajo biti opremljeni z napravami za tehtanje.

Hidravlika za nagibanje peči pa mora biti grajena tako, da je mogoče pospešeno nagibanje peči nazaj.

Takšna tehnologija je praktično izvedljiva pri vseh ogljikovih jeklih, če pa imamo poleg EO peči še napravo za ogrevanje jekla v ponovci, pa lahko izdelujemo tudi malolegirana jekla.

Jeklarne, ki danes tako delajo, imajo priključene TN ali podobne naprave za odžveplanje in modifikacijo nekovinskih vključkov s CaSi v ponovci.

### 2. PROIZVODNI PROGRAM JEKLARNE 2:

Navajamo proizvodni program jeklarne 2, ki je objavljen v investicijskem programu.

Tab. 1 Proizvodni program jeklarne 2

Praksa kaže, da bomo morali biti strožji le pri vsebnostih žvepla pri malolegiranih in ogljikovih jeklih, in sicer je potrebno znižati maksimalno dovoljeno mejo v vsaki kvalitetni skupini za 0,005 %. Največja dovoljena količina žvepla pri kvalitetni skupini 3.2 in 3.1 je tako maks. 0,010 % S.

Tabela 1

| Kvalitetne skupine | Vrsta jekla                                                                                                                          | Ton              |                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
|                    |                                                                                                                                      | očiščeni slabi   | surovo jeklo     |
| 3.2                | Jeklo za elektro pločevino<br>maks. 0,01 % C, maks. 0,008 % S z dodatkom Al                                                          | 95.000           | 101.600          |
| 3.3                | Nerjavno jeklo<br>Avstenitno z maks. 0,03 % C (20.000)<br>Avstenitno z maks. 0,06 % C ( 7.000)<br>Feritno z maks. 0,005 % S (13.000) | 40.000           | 42.700           |
| 3.1                | Maloogljično nesilicirano elektrotehnično jeklo z maks. 0,01 % C                                                                     | 28.000           | 30.000           |
| 3.2                | Mikrolegirano konstrukcijsko jeklo<br>Malolegirano jeklo (jekla za cementacijo in poboljš.)                                          | 60.000<br>35.000 | 64.000<br>37.400 |
| 2.2                | maks. 0,025 % S 20.000 t                                                                                                             |                  |                  |
| 3.2                | maks. 0,010 % S 15.000 t                                                                                                             |                  |                  |
| 3.1                | Jeklo za globoki vlek<br>maks. 0,05 C 9.000 t<br>maks. 0,01 % C 10.000 t<br>Ogljikova jekla                                          | 19.000<br>73.000 | 20.300<br>78.000 |
| 2.1                | maks. 0,025 % S 30.000 t                                                                                                             |                  |                  |
| 3.1                | maks. 0,020 % S 20.000 t                                                                                                             |                  |                  |
| 3.1                | maks. 0,010 % S 23.000 t                                                                                                             |                  |                  |
| S k u p a j        |                                                                                                                                      | 350.000          | 374.000          |

### 3. SHEMA TEHNOLOŠKEGA POSTOPKA:

Tehnologija izdelave jekla mora biti prilagojena kvalitetnemu programu jeklarne in iz tega izhajajočim zahtevam. Pri izbiri tehnologije, ki smo jo v principu določili že pred izbiro naprav, smo uporabljali vse doslej znane tehnološke dosežke in lastne izkušnje pri proizvodnji jekel iz našega kvalitetnega programa.

Mnenja smo in logično je, da je aplikacija naj-novejših tehnoloških, pa tudi znanstvenih dosežkov pri izdelavi jekel iz tako širokega in kvalitetnega programa, kot je naš, nujno potrebna, da si za naslednja desetletja zagotovimo kvalitetno in ceneno proizvodnjo. Tehnologija izdelave jekel mora vedno slediti kvalitetnim in ekonomskim pokazateljem.

#### 3.1 Naprave za izdelavo jekla v jeklarni 2

Za izdelavo jekla bodo v jeklarni naslednje naprave:

1. 2 električni obločni peči za proizvodnjo 85 t tekočega jekla, moči 40/48 MVA,

2. stojišče za prepihanje jekla z argonom za korekturo sestave in temperature pri vsaki peči,

3. stojišče za sekundarno metalurgijo s TN napravo,

4. VOD/VAD naprava za oksidacijo, degazacijo, legiranje in ogrevanje jekla v vakuumu.

Za vlivanje pa:

ena enožilna kontinuirna livna naprava za slabe, debeline 140 do 250 mm in širine 800 do 1600 mm, krožnoločna  $R = 10,5$  m.

#### 3.2 Shematski prikaz izdelave posameznih kvalitetnih skupin:

Celotni kvalitetni program lahko razdelimo na pet kvalitetnih skupin, in sicer:

- nerjavna jekla,
- jekla za elektro pločevino,
- maloogljično jeklo za nesilicirano elektro pločevino z maks. 0,01 % C in jekla za specialni globoki vlek
- mikrolegirana jekla  
malolegirana jekla  
ogljikova jekla
- jekla za globoko vlečenje

Jekla iz vsake skupine bomo izdelovali po enakem tehnološkem postopku. Poudariti moram, da smo se pri postavitvi tehnološke sheme držali načela, da je obdelava jekla v vakuumu potrebna le za degazacijo, za oksidacijo nerjavnih jekel in za razogljichenje jekel za globoko vlečenje in elektro pločevino, za vse druge tehnološke operacije, kakor odžveplanje, korekturo kemične sestave, oziroma legiranje pa se bomo posluževali cenejših tehnoloških postopkov, kakor je TN postopek obdelave jekla z argonom in ogrevanje jekla v VAD enoti za nastavitev natančne temperature livanja.

### 4. SESTAVA VLOŽKA IN VPLIV LE-TEGA NA KVALITETO JEKLA:

Po klasičnih merilih mora biti vložek sestavljen tako, da imamo ob raztalitvi na razpolago dovolj ogljika, da se talina v času oksidacije očisti nekovinskih suspenzij.

V vložek zato dodajamo ogljik, v glavnem kot karburit, ker vsebuje najmanj škodljivega žvepla. Boljši je grodelj, ker je dodatek ogljika bolj zanesljiv, in s tem obenem redčimo škodljive spremljajoče elemente, kakor Cu, Cr, Ni, Sn.

V sodobni tehnologiji pa ogljik za čiščenje taline ni več nujno potreben, ker, kot smo rekli že v uvodu, talino lahko očistimo v ponovci.

Pač pa je določena količina ogljika potrebna, zato da z intenzivnim kuhanjem v času oksidacije odstranimo iz jekla dušik. Nekatere vrste jekel morajo imeti malo dušika. Sem v prvi vrsti spadajo jekla za globoko vlečenje in druga ogljikova jekla.

V jeklarni 2 bomo morali za redčenje škodljivih spremljajočih elementov bolj uporabljati reducirane pelete. Delo z večjo količino reduciranih

peletov od 40 do 70 % pa daje zaradi posebnosti pri taljenju — peneča žilindra in stalno kuhanje — jeklo z majhno vsebnostjo dušika.

Le tako lahko danes tudi v električnih obločnih pečeh izdelujemo kvalitetna jekla za globoko vlečenje, primer Sidbec — Dosco Kanada ali kvalitetna ogljikova jekla za patentirano žico, kot to delajo v Hamburger Stahlwerke.

#### Pregled sestave vložka po kvalitetnih skupinah

| Vrsta jekla                                                                | Kvaliteta vložka                                              |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Nerjavna jekla                                                             | Lastni odpadki, čisti vložek za redčenje fosforja, FeCr, FeNi |
| Silicijeva jekla za elektro ploč., jekla za nesilicirano elektro pločevino | Lastni odpadki + staro železo, navadne trgovske kvalitete     |
| Mikrolegirana jekla malolegirana jekla                                     | lastni odpadki, trgovsko staro železo, železova goba          |
| Ogljikova jekla                                                            | lastni odpadki, staro železo, železova goba do 40 %           |
| Jekla za globoko vlečenje, navadna in specialna                            | lastni odpadki železova goba do 70 %                          |

Kolikšen bo dejanski delež železove gobe, oziroma reduciranih pelet ali briket, bo odvisno od možnosti uvoza tega materiala.

#### 5. Kapacitete naprav in način dela:

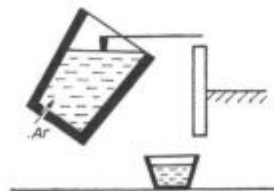
Talilni čas, in s tem zvezana kapaciteta EO peči, je odvisen od specifične moči transformatorjev. Pri moči transformatorjev 40/48 MVA in 85 ton tekočega jekla znaša talilni čas 73 minut.

##### 1. Nerjavna jekla

##### UHP - EOP

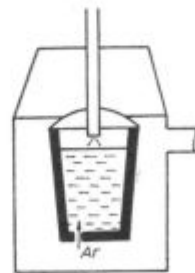


taljenje + oksidacija  
do 0,4 % C



posnemanje žilindre

##### VOD (TN)



oksidacija  
razagličanje  
redukcija žilindre  
odžveplanje  
korektura sestave  
in temperature

##### KL



livanje

Slika 1

Shematski prikaz izdelave nerjavnih jekel

#### 5.1 Nerjavna jekla:

Sem štejemo predvsem avstenitna in feritna nerjavna jekla, bodisi z zelo nizko vsebnostjo ogljika pod 0,03 % ali navadno vsebnostjo ogljika od 0,04 do 0,06 %.

Nerjavna jekla lahko delamo zaradi dolge obdelave jekla v VOD napravi le na eni peči.

Druga peč lahko izdeluje le jekla, ki ne zahtevajo vakuumske obdelave. Glej sliko 2.

Delo v peči: 35 minut popravilo + zakladanje  
73 minut taljenje  
40 minut oksidacija  
20 min. redukcija žilindre  
5 min. prebod

TAP-TAP = 163 min. 2 uri 43 min.

Delo v VOD: 117 minut

Vlivanje + priprava KL: 73 minut (54 + 19)

Ritem dela določa peč, v kateri izdelujemo nerjavna jekla. Druga, v kateri izdelujemo nelegirano jeklo, lahko kljub krajši izdelavi šarže naredi enako število šarž kakor prva.

Letna proizvodnja = 42.700 t tekočega jekla

Število šarž na leto = 42.700 t : 85 t = 502

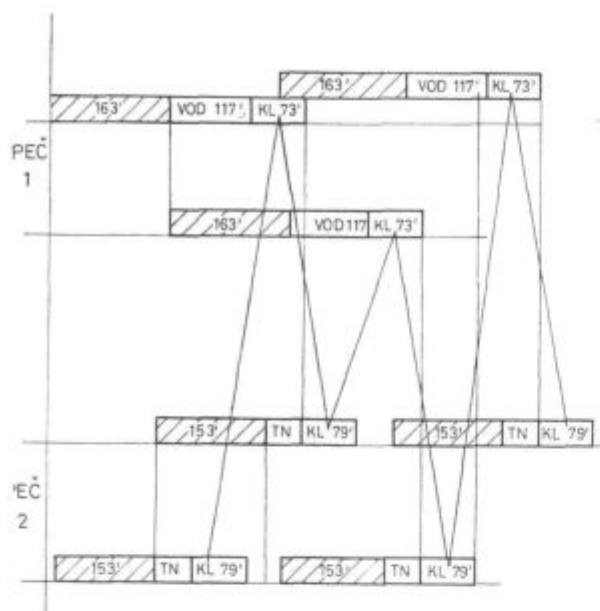
Število potrebnih proizvodnih dni v letu = 502 šarž/leto : 8,8 šarž/dan = 57

Potek vlivanja je ugoden. Med vlivanjem posameznih šarž je še ca 12 minut neizkoriščenega časa, oziroma je ta na razpolago za pripravo kontiliva.

Druga peč, ki dela nelegirana jekla, ima zaradi krajše obdelave v peči še 10 minut časa v rezervi, kar je tudi ugodno.

Fig. 1

Schematic presentation of stainless steel manufacturing



Slika 2

Prikaz trajanja posameznih faz izdelave nerjavnega jekla od električne obločne peči, VOD ali TN naprave do kontinuirnega vlijavanja, usklajeno za obe peči

Fig. 2

Duration of single phases in stainless steel manufacturing from electric arc furnace, VOD and TN equipment to continuous casting, harmonized for both furnaces

Neugodno pri tem načinu dela pa je, da peči delata paralelno, torej talita obe hkrati, kar lahko povzroča močnejše redukcije in izpade proizvodnje.

## 2. Jekla za elektro pločevino

3. Malaogljino jeklo za nesilicirano elektro pločevino max 0.01%C  
Jeklo za specialni globoki vlek max 0.02%C

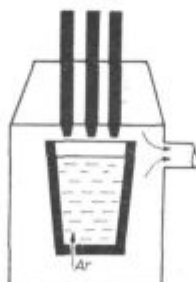
UHP - EOP

VAD

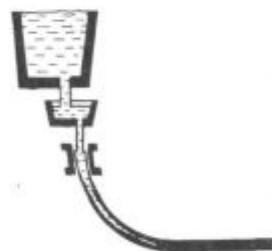
KL



taljenje + oksidacija  
do 0.04%C



Razogljčenje < 0.01%C  
legiranje  
odžveplanje < 0.01%S  
korektura temperature



livanje

Slika 3

Shematski prikaz izdelave jekel za elektro pločevino legirano s silicijem in brez silicija in jekel za specialni globoki vlek

Fig. 3

Schematic presentation of manufacturing steel for electrical sheets, with and without silicon, and special deep drawing steel

## 5.2 Jeklo za elektro pločevino:

Sem spadajo jekla z manj kot 0,02 % C od 1,5 do 2 % Si.

Delo v peči:

- 73 minut taljenje
- 35 minut popravilo + zakladanje
- 40 minut oksidacije pregrevanje
- 5 minut prebod

TAP-TAP = 153 minut — 2<sup>h</sup> 33 min.

Delo v VOD: 70 min.

Vlivanje + priprava KL: 80 min (61 + 19)

Število izdelanih šarž na dan je odvisno od časa vlijavanja. Pri tem čas obdelave jekla v VOD napravi ne sme biti daljši od časa vlijavanja + priprave za naslednje vlijavanje. Glej sliko 3.

Posamično vlijavanje

Število šarž na dan = 1440 min : 80 min = 18

Lastna proizvodnja 101.600 t

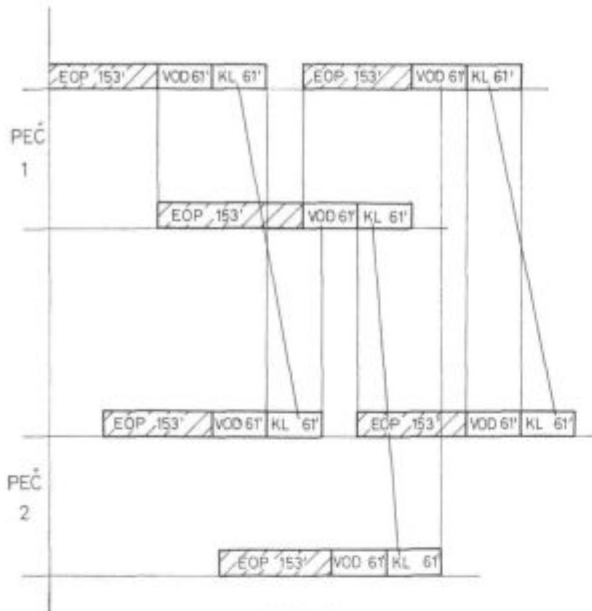
Število šarž na leto 101.600 t : 85 t = 1.195

Število potrebnih proizvodnih dni v letu za EKC = 1195 : 18 = 66,4

Sekvenčno vlijavanje

Sekvenčno vlijavanje dveh šarž je možno le, če je čas obdelave jekla v VOD krajši ali enak času vlijavanja, to je 61 minut.

V vsaki peči lahko naredimo 9,4 šarže/dan — glej časovni diagram, v obeh pečeh 18,8 šarže/dan.



Slika 4

Prikaz trajanja posameznih faz izdelave jekla za elektro pločevino v električni obločni peči, VOD napravi in kontinuirnega vlivanja, usklajeno za obe peči

Fig. 4

Duration of single phases in manufacturing steel for electrical sheets from electric arc furnace, VOD equipment to continuous casting, harmonized for both furnaces

Število proizvodnih dni v letu za EKC =  $1.195 : 18,8 = 64,0$

Sekvenčno vlivanje treh ali več šarž ni možno, ker je čas izdelave v peči predolg za 36 minut.

Ugodno pri izdelavi EKC jekel v obeh pečeh je, da so talilni časi med seboj premaknjeni in da obe peči talita skupaj le cca 35 min.

4. a) ali b): mikrolegirana jekla in malolegirana jekla  
b) ogljikova jekla

UHP - EOP

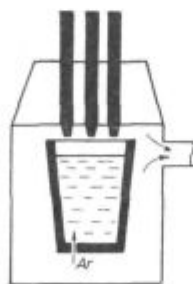
VAD

TN

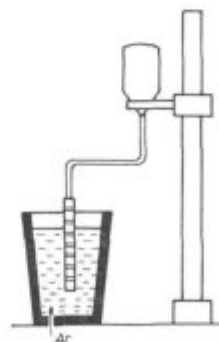
KL



a) taljenje + oksidacija  
b) taljenje, oksidacija, legiranje  
prebod brez žilindre



a) degazacija + legiranje  
odžveplanje  
ogrevanje



b) odžveplanje  
modifikacija nekovinskih vključkov



livanje

Slika 5

Shematski prikaz izdelave mikrolegiranih, malolegiranih in ogljikovih jekel

Fig. 5

Schematic presentation of microalloyed, low-alloyed, and carbon steel manufacturing

### 5.3 Maloogljčno nesilicirano jeklo za elektro pločevino in jeklo za specialni globoki vlek:

V obeh primerih gre za jekla, ki naj imajo manj kot 0,02 % C in manj kot 0,010 % S brez Si, pomirjena z Al. Čas izdelave v peči je enak kakor pri silicijevem jeklu, čas obdelave v VOD je lahko krajši od siliciranega jekla, ker odpade legiranje.

Ta jekla lahko izdelujemo in vlivamo posamično ali v sekvenci po dve šarži.

#### Posamično vlivanje

Število šarž na dan 18.

Letna proizvodnja skupna 50.000 t.

Število šarž na leto  $40.700 \text{ t} : 85 \text{ t} = 478$

Število proizvodnih dni v letu =

$= 478 \text{ šarž/leto} : 18 \text{ šarž/dan} = 26,6$

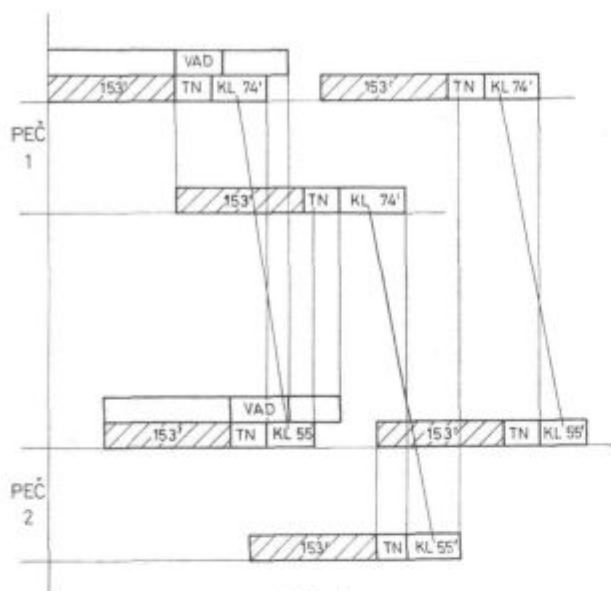
#### Sekvenčno vlivanje

Možno je sekvenčno vlivanje dveh šarž, enako kot pri EKC jeklih. V vsaki peči lahko naredimo 9,3 šarže/dan ali v obeh 18,6 šarže/dan. Število potrebnih proizvodnih dni v letu je  $478 : 18,6 = 25,7$ .

### 5.4 Mikrolegirana jekla, malolegirana jekla, ogljikova jekla in konstrukcijska jekla:

Poleg mikrolegiranih visokotrdnih jekel spadajo v to skupino malolegirana in ogljikova jekla za cementacijo in poboljšanje. Način izdelave bo za vse tri vrste jekel v principu enak. Jeklo bomo izdelali v peči po enožilindrnem postopku in ga nato dodelali, to je rafinirali in odžveplali na TN napravi s CaSi. Za večino jekel bo ta postopek zadosten.

Tiste vrste malolegiranih in mikrolegiranih jekel, ki so občutljiva na pline (vodik) in jih je treba degazirati, bomo dodelali v VAD napravi,



Slika 6  
Prikaz trajanja posameznih faz izdelave mikrolegiranih, malolegiranih in ogljikovih jekel v električni obločni peči, TN napravi odnosno VAD napravi in kontinuirnega vlivanja

Fig. 6

Duration of single phases in microalloyed, low-alloyed, and carbon steel manufacturing from electrical arc furnace, TN or VAD equipment to continuous casting

kjer poleg degazacije in dezoksidacije lahko jeklo legiramo in ogrejemo na potrebno livno temperaturo.

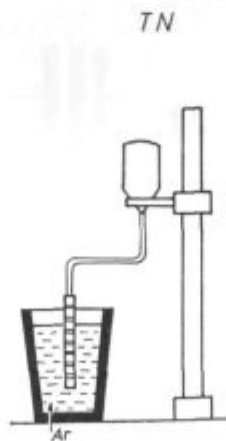
Delo v peči: 35 minut popravilo + zakladanje  
73 minut taljenje  
30 minut oksidacije + probe  
5 minut prebod

TAP — TAP: 155 minut

5. Jeklo za globoko vlečenje  $C=0,05\%$



taljenje + oksidacija



odžveplanje



livanje

Slika 7

Shematski prikaz izdelave jekel za globoko vlečenje

Delo v TN napravi: 30 minut  
Delo v VAD napravi: 50 minut  
Vlivanje + priprava KL:  $55 + 19 = 74$  minut

Tudi pri teh vrstah jekel je mogoče odliti dve šarži v sekvenci, pri ugodni kombinaciji VAD in TN postopka pa celo tri šarže v sekvenci, pri čemer je treba prvi dve šarži zadrževati v VAD napravi, tretjo pa izdelati pospešeno v TN napravi. Po tem pa se sekvenca pretrga, ker je delo v peči predolgo.

Število šarž/dan =  $1440 \text{ min} : 153 \text{ min} = 9,4 \times 2 = 18,8$

Letna proizvodnja: 179.400 t

Število šarž/letno:  $179.400 \text{ t} : 85 \text{ t} = 2.110$

Potrebno število proizvodnih dni v letu:

$2.110 \text{ šarž/leto} : 18,8 \text{ šarž/dan} = 112,3$

### 5.5 Jekla za globoko vlečenje s ca. 0,05 % C

Jekla za globoko vlečenje izdelujejo dandanes v glavnem konvertorske jeklarne, največ seveda v LD, medtem ko se dajo narediti najbolj kvalitetna jekla po OBM-postopku s pihanjem kisika skozi dno, pri katerem se da doseči najnižje vsebnosti dušika, tudi do 10 ppm.

Večino teh jekel so doslej izdelali kot ne-pomirjena, z vedno hitrejšim uvajanjem kontinuiranega vlivanja pa prevladujejo z aluminijem pomirjena jekla za globoko vlečenje.

Uporaba reduciranih peletov v elektro jeklarnah pa omogoča izdelavo tudi takih jekel, ki smejo imeti le malo dušika, kamor v prvi vrsti spadajo jekla za globoko vlečenje.

Železarna Sidbec Dosko v Kanadi, kjer v dveh UHP električnih obločnih pečeh izdelujejo taka jekla s 100 % uporabo reduciranih peletov, je tipičen primer za to.

Fig. 7

Schematic presentation of deep drawing steel manufacturing

Predvidevamo, da bi ta jekla izdelovali v obeh pečeh hkrati, kar bi nam omogočilo sekvenčno vlivanje dveh šarž. Jeklo bo treba odžveplati v TN napravi. V poštrev pride tudi dezoksidacija v VAD napravi.

Vedeti moramo, da spadajo jekla za globoko vlečenje med kvalitetna jekla in da zahteve po dobrih vlečnih, oziroma plastičnih lastnostih opravičujejo dezoksidacijo jekla v vakuumu. Čas obdelave v TN ali VAD napravi pa je enak.

Delo v peči: 150 minut

Delo v TN ali VAD napravi: 30 minut

Vlivanje + priprava:  $54 + 19 = 73$  minut

Število šarž/dan:  $1440 \text{ min} : 150 \text{ min} = 9,6 \times 2 = 19,2$  šarže

Letna proizvodnja: 9700 t

Število šarž/letno:  $9700 \text{ t} : 85 \text{ t} = 114$

Potrebno število proizvodnih dni v letu:  
 $114 \text{ šarž/leto} : 19,2 \text{ šarž/dan} = 6$

### 5.6 Skupna kapaciteta:

Za planirano proizvodnjo potrebujemo v navedenih pogojih naslednje število proizvodnih dni:  
 $66,4 + 26,6 + 57 + 112,3 + 6 = 268,3$

Navedeno število 268,3 proizvodnih dni potrebujemo za proizvodnjo 350.000 t surovega jekla, oziroma očiščenih slabov ob idealnih razmerah. Na razpolago pa imamo po odštetu praznikov, hladnih in vročih remontov 300 delovnih dni. Faktor izkoriščenosti bo moral znašati  $268,3 : 300 = 0,894$ , to je precej visok, da bomo planirano proizvodnjo tudi dosegli.

## 6. LOČENJE JEKLA IN ŽLINDRE:

Najbolj pomemben pogoj za nadaljno obdelavo jekla v ponvi je, da ločimo žlindro od jekla. Zato je na razpolago več možnosti, kot je posnemanje žlindre v peči ali posnemanje žlindre v ponvi ali ločenje žlindre od jekla med prebodom.

Posnemanje žlindre v peči je možno le, če so peči opremljene z induktivnimi mešalci. Velike UHP peči navadno mešalcev nimajo. Razen tega je posnemanje žlindre zamudna operacija in ne pride v poštev.

Več je v rabi posnemanje žlindre iz ponovce. Predvsem je ta način v rabi pri nerjavnih jeklih, ki jih izdelujemo z oksidacijo v vakuumu.

Pri masovnih jeklih, ki jih dalje obdelujemo, bodisi samo na stojišču za argon ali po NT postopku, pa se uveljavlja način ločenja žlindre od jekla med prebodom. Poznamo tri velike elektro jeklarne, kjer zanesljivo delajo na ta način. To so Hamburger Stahlwerke, Thyssen Niederrhein v Oberhausnu in TEKSID v Torinu.

Pri tem načinu enostavno zadržijo del jekla in žlindro, ki je še ostala po oksidaciji v peči tako,

da peč potem, ko so odlili določeno količino jekla, pospešeno dvignejo nazaj. Peči so zato posebej prirejene.

Mnenja sem, da bi morali tako tehnologijo osvojiti tudi v jeklarni 2. Prav gotovo je to najbolj enostaven način, ki omogoča najhitrejši tempo dela pri najmanjši izgubi temperature.

Prebodna odprtina mora za to tehnologijo ležati globlje, kot je to pri naših pečeh danes, tako da sočasen iztok žlindre z jeklom sploh ni možen. Prebodno odprtino je v tem primeru potrebno zapirati podobno, kot to delamo v SM pečeh.

## 7. OGNJESTALNA OBZIDAVA PEČI:

Tehnologija, kakršno smo opisali, je izvedljiva le, če jeklo odlijemo dovolj vroče, to je z zadostno rezervo temperature za nadaljno obdelavo jekla v ponovci. To ne velja le za tista jekla, ki jih dalje obdelujemo v VAD napravi, ker tam jeklo lahko ogrejemo.

Temperature jekel v peči so praviloma nad  $1700^{\circ}$ . Res, da so temperaturne obremenitve v peči kratkotrajne, pa vendar zahtevajo posebne materiale, večinoma na osnovi krommagnezita in ogljika.

V stenah so normalno vodno hlajeni paneli.

Vođno hlajeni so tudi že oboki.

## 8. PONOVCJE — NAČIN ZAPIRANJA IN OBZIDAVA:

Jeklo se zadržuje v ponovcih tudi po uro ali dve in tudi več, preden sploh začnemo vlivati. Jasno je, da je možen en sam način zapiranja, in to z drsnimi zapirali.

Vse ponovce morajo biti opremljene s kamni za preprihovanje z argonom. Ker mora ta sistem preprihovanja zanesljivo delovati, sta navadno v dnu kar dva argonska kamna.

Obzidava je lahko le bazična, in to keramično vezani dolomit, ker bomo delali jekla z zelo nizkimi ogljiki, ali krommagneziti. V poštrev pride tudi aluminatna obzidava v kombinaciji z magnezitno v žlindrni coni, in to za vsa jekla z izjemo nerjavnih.

Računamo, da bodo naše domače industrije, kot so Magnohrom, Gostivar in Šamot osvojile večino teh materialov. Sedanji rezultati so obetavni.

## 9. VLIVANJE:

Iz ekonomskih in tehnično-tehnoloških razlogov bi bilo zaželeno, da bi odlili čimveč jekla v sekenci. Vedeti moramo, da so livni materiali, kot n. pr. potopljeni izlivki, zelo dragi, da so uvoženi in da je štednja mogoča le s sekvenčnim vlivanjem.

Tehnično-tehnološki problemi pri pogonu, oziroma na začetku vlivanja tudi niso zanemarljivi. In če upoštevamo še izkoristek jekla, je zahteva po sekvenčnem vlivanju utemeljena.

Tako kot kažejo časovni diagrami, bomo imeli pri tem hude težave, kajti specifične moči trans-

formatorjev so le premajhne, da bi peči delale dovolj hitro, tudi za sekvenčno vlivanje več kot dveh šarž.

#### Literatura

1. D. Ameling, Radex Rundschau Heft 1/2-1981, str. 426

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Technologie der Stahlerzeugung im neuen Elektrostahlwerk welches in den nächsten Jahren in Jesenice gebaut wird, wird beschrieben. Die Basis bei der Auswahl der Technologie für das neue Stahlwerk waren: das zu erzeugende Qualitätsprogramm, die technologischen Leistungen in der Welt auf dem Gebiet der Stahlerzeugung, wie auch die Anforderungen des Marktes an diese Stähle und nicht zuletzt die reichen eigenen Erfahrungen, die wir mit der Erzeugung der Stähle aus dem angewendeten Qualitätsprogramm haben.

Im kurzen werden die Anlagen für die Stahlerzeugung und weitere Behandlung von Stahl in der Pflanze aufgezählt, wie zwei UHP Lichtbogenöfen, zwei Spülstände, eine TN Anlage für die Entschwefelung von Stahl und modifizierung von Einschlüssen, eine VOD/VAD Anlage und eine einsträngige Brammenstranggiessanlage.

Die VOD/VAD Anlage wird für die Erzeugung von nichtrostenden Stählen, für die Entkohlung von Dinamo Stählen und Sondertiefziehstählen, wie auch für die Entgasungsbehandlung der Wasserstoff empfindlichen Konstruktionsstähle angewendet. Für den grössten Teil der anderen vor allem Kohlenstoffstähle wird die Raffination und Entschwefelung in der Pflanze unter basischer Schlacke genügen. Nur für die höchsten Anforderungen wo extrem niedrige Schwefelgehalte und eine Modifizierung der Einschlüsse vor allem der sulfide verlangt werden, werden die Stähle einer TN Behandlung unterworfen.

Aus den Zeitdiagrammen ist der Arbeitsrhythmus der beiden Öfen vom Ofen bis zum Giessen und die Möglichkeit einer Sequenzgiess technik ersichtlich.

## SUMMARY

The technology of steel making in the new electrical steel plant which will be in the nearest future built in Jesenice is described. The basis for selection of the technology for the new steel plant was the quality program of steels being manufactured in the new plant as well as the technological achievements in the world in this field together with the demands of the market for these steels, and the extensive own experiences with that program.

Shortly the equipment is presented, i.e. two UHP electric arc furnaces, equipment for steel refining in ladle, TN set-up, VOD/VAD set-up, and one singlestrand continuous casting machine for billets.

VOD/VAD set-up was used for manufacturing stainless steel (oxidation in vacuum), steel for electrical sheets and special deep drawing due to decarburization, and still for those low-alloyed steels which must be degassed. For the majority of other steel, mainly for carbon steel, the refining and desulphurisation in the ladle will be sufficient, while for special demands the steel will be additionally treated in the ladle by CaSi to further reduce the sulphur content, and to modify non-metallic inclusions, mainly sulphides.

Special time sheets present the rhythm of operation of both furnaces till casting, and the possibility of the sequence casting.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дано описание технологии изготовления сталей в новом будущем сталеплавильном цехе, который будет построен и оборудован в следующих годах в металлургическом заводе Железарна Есенице. При выборе технологии для этого сталеплавильного цеха как основание послужила качественная программа сталей, которые будут изготавливаться в новом цехе, мировые технологические достижения в области производства стали, также требования на эти стали со стороны мирового рынка и, конечно, богатые собственные опыты, которые касаются этой программы. Кратко перечислены устройства с которыми будет оборудован этот сталеплавильный цех, а именно: две дуговые электрические системы UHP, устройство для рафинирования стали в ковше, TN устройство для продувания CaSi (система Thyssen-Niederrhein) устройство для вакуумного раскисления системы VOD/VAD приспособление одножильного непрерывного литья заготовок.

Посредством устройства VOD/VAD будет выполняться все производство нержавеющей сталей (окисление в вакууме), сталей для употребления в электрооборудовании и специальная глубоко-тянутая сталь вследствие обезуглероживания, также малолегированная сталь, которую надо дегазировать. Для большого числа остальных сталей будет достаточно рафинирование и обессеривание в ковше, или же в случае особых требований обработка с CaSi в ковше, с целью чтобы получить сталь с минимальным содержанием серы и выполнить модифицирование неметаллических включений, главным образом сульфидов.

На основании отдельных временных диаграмм приведена частота работы обеих печей, начиная от печи до разливки, а также возможность последовательной разливки стали.