

Razvoj tehnologije proizvodnje jekel v slovenskih železarnah

UD 669.04

ASM/SLA: D 1, W

Jože Arh, S. Čop, Železarna Jesenice*
V. Macur, V. Rac, Železarna Ravne
S. Senčič, G. Manojlovič, Železarna Štore

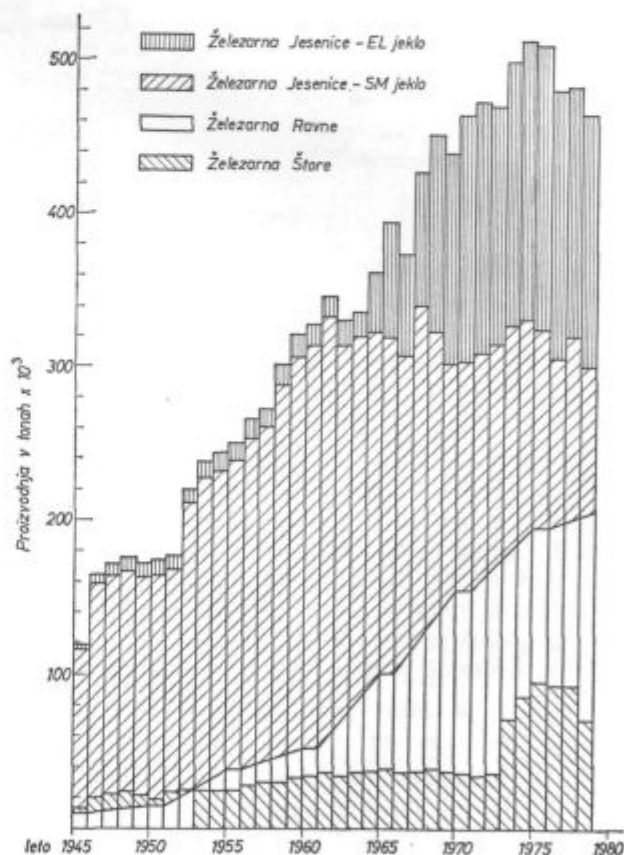
UVOD

Minilo je šele 130 let, odkar je Bessemer v svoji znameniti hruški prvič dobil iz tekočega grodlja tekoče jeklo. S to iznajdbo se je začela industrijska revolucija, katere osnova so bile vedno večje količine jekla na trgu. Naj vas spomnim na to, da so leta 1870 na svetu proizvedli le 0,5 milijona ton jekla, letos (1980) pa naj bi ga po prognozah proizvedli že ca. 800 milijonov ton.

Razvoj tehnologije pridobivanja jekla je bil posebno hiter v zadnjih 30 letih po drugi svetovni vojni, ko se z razvojem kisikovih konvertorskih postopkov začel hitra rast proizvodnje jekla, pa tudi storilnosti agregatov. Značilen za šestdeseta in sedemdeseta leta pa je razvoj posebnih postopkov, s katerimi jeklo oplemenitimo zunaj peči v ponvi. Sem štejemo razne postopke vakuumske metalurgije, pretaljevanje jekla pod žlindro, sekundarno metalurgijo in še druge specialne postopke.

Obdelava jekla zunaj peči v ponvi

Perrinov postopek, ki je znan že skoraj pol stoletja, štejemo za začetek obdelave jekla v ponvi. Uveljavil se je le v nekaterih jeklarnah, predvsem na vzhodu. V petdesetih in šestdesetih letih je doživela nesluten razvoj vakuumska metalurgija, potem ko so bile dane možnosti proizvodnje vakuuma v industriji. Prednosti obdelave jekla

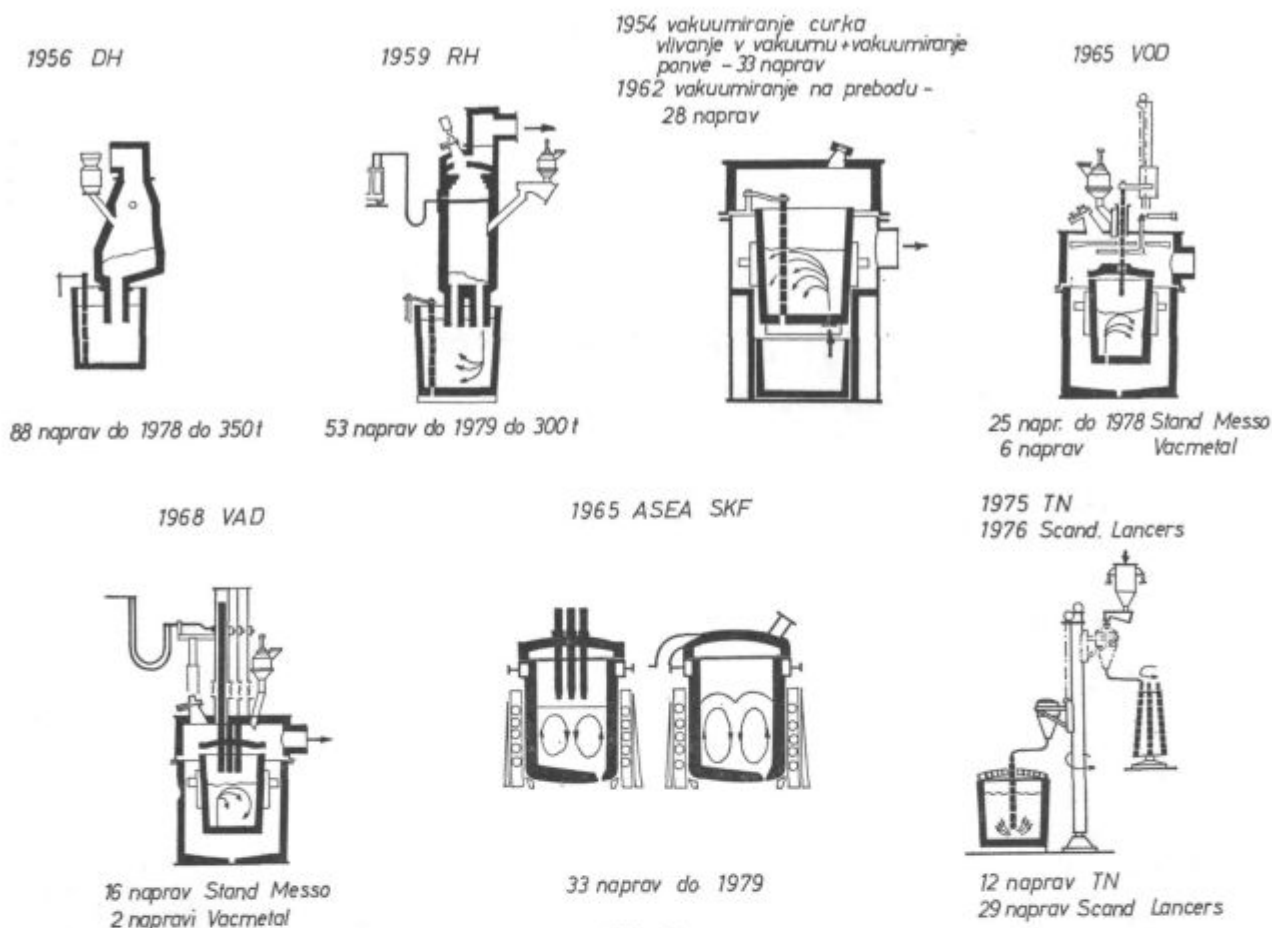


Slika 1

Pregled rasti proizvodnje jekla v slovenskih železarnah od l. 1945 do 1979

* Uvodno predavanje na XXVII. jesenskem posvetovanju strokovnjakov črne in barvne metalurgije ter livarstva Slovenije v Portorožu 9. 10. 1980.

pri nizkem pritisku so tolikšne, da so se razvili številni postopki tudi za obdelavo masovnih vrst jekel.



Slika 2
Pregled postopkov vakuumske in sekundarne metalurgije

Nadaljnji napredek je bil dosežen v šestdesetih letih z uvedbo mešanja, oz. izpiranja jekla z argonom, v glavnem zaradi homogenizacije temperature in sestave, kar je pripomoglo k uspešnemu uvajanju kontinuirnega livanja. Prvi AOD konvertor je začel obratovati aprila 1968 v ZDA.

V sedemdesetih letih pa se je razvila takoimenovana sekundarna ali ponovna metalurgija, pri kateri z vpihovanjem CaSi, CaCz in drugih sintetičnih žilindrnih mešanic dosegamo odlične metalurške rezultate, kakor visoko stopnjo dezoksidacije in odžveplanja, visoko čistočo, spremembo sestave nekovinskih vključkov in s tem zvezane odlične fizikalne in druge uporabne lastnosti.

Razlogi za hiter razvoj postopkov obdelave jekla v ponvi pa so:

- s prenosom metalurških operacij iz peči v ponev lahko dosežemo povečanje produktivnosti proizvodnih agregatov,

- v UHP električnih obločnih pečeh ni smotno voditi rafinacije pri majhni moči, pa se zato jeklo dokonča v ponvi,

- kvalitetne zahteve so vedno strožje in jim mnogokrat lahko zadostimo le s posebnimi postopki,

- kontinuirno livanje ima majhen raztros temperature livanja, nižje vsebnosti žvepla v jeklu in predvsem dobro livnost,

- pri izdelavi nerjavnih jekel po klasičnem postopku pride do velikega odgora kroma, z oksidacijo v vakuumu pa dosežemo visok izkoristek kroma, ožje analize meje in večjo ponovljivost rezultatov,

- uvedba bazičnih ognjestalnih materialov za obzidavo ponovc in drsnega zapirala je olajšala obdelavo jekla v ponvi.

Razvoj tehnologije pri nas

Tehnologija izdelave jekel je v vsaki železarni več ali manj odvisna:

- od proizvodnega programa, to je od vrste jekel, ki jih daje na trg,
- od razpoložljivih surovin, oziroma od vrste vložka,
- od stanja razvoja v svetu in
- od lastnega razvoja, oziroma lastnih izkušenj.

Slovenske železarne v preteklih 35 letih niso mogle vedno slediti tehnološkemu napredku v proizvodnji jekla, ki je bil, kakor nam je znano,

v letih po drugi svetovni vojni izredno hiter. Metalurgi se sicer trudimo slediti naglemu napredku, vendar nam objektivne okoliščine to mnogokrat onemogočajo.

Zadnjih nekaj let pa je opazen premik k bolj sodobni tehnologiji, ki jo bodo uvedli v železarni Ravne z rekonstrukcijo obeh jeklarn, v železarni Store z dograditvijo druge elektroobločne peči in še ene kontinuirne livne naprave in z gradnjo nove jeklarne na Jesenicah.

Proizvodni program slovenskih železarn

Značilno za proizvodni program slovenskih železarn je, da težijo vedno bolj k proizvodnji kvalitetnih jekel. Le za železarno Ravne lahko rečemo, da je bila že od začetka tako usmerjena in je danes naš največji proizvajalec plemenitih jekel, medtem ko sta bili železarni na Jesenicah in v Štornjah v letih po vojni predvsem proizvajalca masovnih vrst jekel.

Proizvodni program železarne Jesenice

Kvalitetna skupina	Nova jeklarne vrsta jekla	(Pločevina in trakovi) proizvodnja v tonah
3.2	jeklo za elektro pločevino dinamo z maks. 0,01 % C in maks. 0,008 % S z dodatkom Al	86000 t
3.3	nerjavno jeklo avstenitno z maks. 0,03 % C avstenitno z maks. 0,06 % C feritno z maks. 0,05 % C	35000 t 16000 t 7000 t 12000 t
3.1	maloogljično jeklo za nesilicirano elektro pločevino z maks. 0,01 % C	28000 t
3.2	mikrolegirana konstrukcijska jekla	60000 t
	malolegirana jekla	40000 t
2.2	z maks. 0,025 % S	12000 t
3.2	z maks. 0,020 % S	18000 t
3.2	z maks. 0,015 % S	10000 t
3.1	jekla za globoko vlečenje pomirjeno z Al pod 0,05 % C pod 0,01 % C	40000 t 20000 t 20000 t
	ogljikova jekla	61000 t
2.1	z maks. 0,025 % S	30000 t
3.1	z maks. 0,020 % S	20000 t
3.1	z maks. 0,015 % S	11000 t
s k u p a j :		350000 t

Stara jeklarne

Po izgradnji jeklarne 2 bosta v sedanji jeklarni obratovali 60- in 70-tonski peči, ki bosta odlivali jeklo na kontilivu za gredice

Kvalitetna skupina	Vrsta jekla	Proizvodnja
2.1	jekla za žičnike	14100 t
2.1	kvalitetna ogljikova jekla	32000 t
3.1	plemenita ogljikova jekla	36600 t
3.1	jekla za patentiranje	35000 t
2.2	avtomatna jekla	31700 t
3.1	jekla za elektrodno žico (EO)	21500 t
3.2	jekla za žico za varjenje (VAC + EPP 2)	10150 t
2.2	vzmetna jekla	3300 t
3.3	nerjavna jekla	600 t
3.2	gredice za prodajo	7800 t
s k u p a j :		192750 t

Proizvodni program železarne Ravne

(razdeljen po kvalitetnih skupinah, vzeto iz investicijskega programa)

Kvalitetna skupina	Vrsta jekla	Proizvodnja v tonah	
2.	kvalitetna jekla		32000 t
2.1	ogljikova konstrukcijska jekla	14600 t	
2.2	legirana konstrukcijska jekla	17400 t	
3.	plemenita jekla		223000 t
3.1	ogljikova konstrukcijska jekla	31300 t	
3.2	legirana konstrukcijska jekla	121800 t	
3.3	visokolegirana konstrukcijska jekla	8400 t	
3.4	ogljikova orodna jekla	6500 t	
3.5	legirana orodna jekla	26100 t	
3.6	visokolegirana orodna jekla	11000 t	
3.7	brzorezna jekla	2500 t	
3.8	nerjavna jekla	15400 t	
s k u p a j :			255000 t

Proizvodni program železarne Štore

(srednjeročni program do l. 1985)

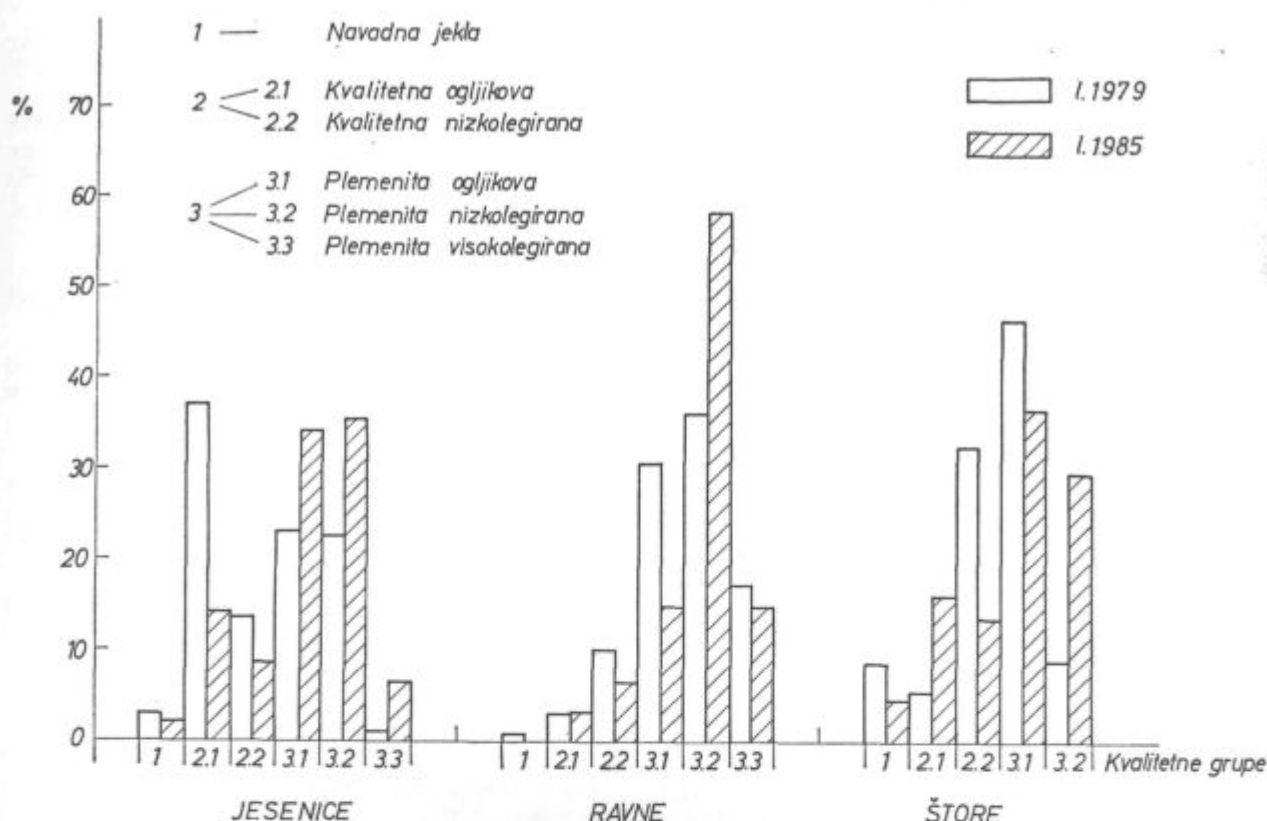
Kvalitetna skupina	Vrsta jekla	Proizvodnja
1.	navadna ogljikova jekla	10000 t
2.1	kvalitetna ogljikova jekla	35000 t
3.1	plemenita ogljikova jekla	80000 t
2.2	jekla, legirana z Mn do 1,5 % Č. 0562, Č. 0563	10000 t
2.2 + 3.2	vzmetna jekla	40000 t
3.2	nizkolegirana jekla (za cementac. + poboljšanje) kovaška ind.	45000 t
s k u p n o :		220000 t

Oglejmo si sedaj še kvalitetni program slovenskih železarn po kvalitetnih skupinah, izražen v procentnih deležih za leto 1985 in primerjalno z letom 1979 v tabeli in sliki.

Železarna	Leto	Kvalitetna skupina					
		1	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3
Jesenice	1979	2,64	36,94	13,67	22,95	22,95	1,25
	1985	2,0	14,0	8,6	34,0	35,0	6,4
Ravne	1979	0,6	5,4	10,0	30,4	35,8	17,2
	1985	—	5,7	6,8	14,8	58,0	14,7
Štore	1979	7,85	5,15	32,42	45,79	8,79	—
	1985	4,5	16,0	13,6	36,4	29,5	—
Nikšič	1979	1,87	12,09	9,47	22,2	54,3	2,04

Iz tabele in slike je razvidno, da vse Železarne planirajo v svojih programih velik porast proizvodnje plemenitih jekel.

Železarna Jesenice v vseh treh skupinah plemenitih jekel, železarni Ravne in Štore pa predvsem pri plemenitih nizkolegiranih jeklih.



Slika 3

Kvalitetni program slovenskih železarn po kvalitetenih skupinah v procentnih deležih za leto 1985 v primerjavi z letom 1979

Stanje metalurških proizvodnih naprav

Železarna Jesenice

SM jeklarna praznuje letos devetdeseto obletnico obstoja. Ima 6 peči, od katerih sta le dve sodobno grajeni. Starejše štiri so bile zgrajene v letih 1932 do 1937. Od teh so tri v tako slabem stanju, da zahtevajo temeljito obnovo ali opustitev. Dotrajane so tudi vse ostale naprave, konstrukcije, žerjavne proge in žerjavi. Obnavljanje vseh teh naprav ekonomsko ni več utemeljeno, zato je gradnja nove jeklarne nujnost.

V elektrojeklarni imamo dve električni obločni peči, zgrajeni l. 1965 in 1968. Peči stojita v podaljšku SM jeklarne. Ker sta pečna in tudi livna hala ozki, je zaradi omejenega prostora modernizacija le težko izvedljiva.

Od lani je v obratovanju nova 5-žilna naprava za kontinuirno vlivanje gredic 135 mm kvadrat.

Železarna Ravne

Jeklarna I ima:

— eno 5-tonsko EO peč zgrajeno 1952 z nepomičnim pokrovom in ročnim zakladanjem.

— eno 10-tonsko EO peč od l. 1954 — teža šarže 14 ton

— eno 25-tonsko EO peč od l. 1962, teža šarže 32 t

— dve visokofrekvenčni indukcijski peči, kapacitete 0,5 in 1,5 t, ki pa delata le za livarno

— eno vakuumsko napravo za degazacijo jekla v ponovci, ki sprejema jeklo od 25-tonske peči in degazira jeklo za kovaške odkovke.

Elektrojeklarna

— dve 40-tonski EO peči od l. 1968 in 1970

Oddelek elektropretaljevanje pod žlindro

— prva je bila zgrajena 1973,

kvadratni bloki 240 do 400 mm

okrogli bloki 250 do 500 mm

teža bloka do 2 t

— druga je v gradnji

okrogli blok 500 do 1000 mm

teža bloka do 36 t

Železarna Štore

SM peč je prenehala obratovati decembra 1978

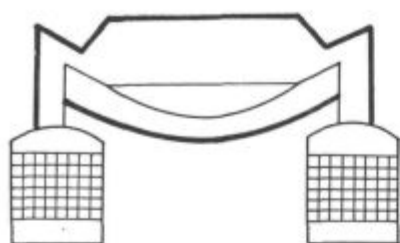
Elektro jeklarna

— 1973 je bila zgrajena 40-tonska EO peč 12,5 MVA in kontiliv

za gredice 100 in 140 mm kv.

— 1979 je bila zgrajena 50-tonska EO peč 36 MVA

ŽELEZARNA JESENICE



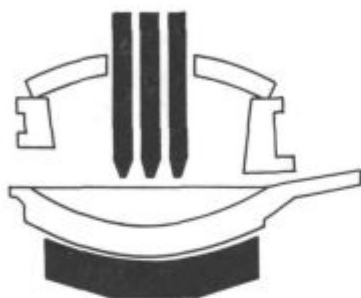
SM jeklarna

1x45t

1x55t

2x70t

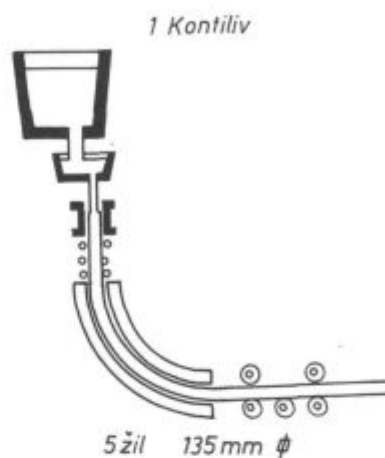
2x80t



Elektrojeklarna

1x60t

1x70t



1 Kontiliv

5 žil 135mm ϕ

ŽELEZARNA RAVNE

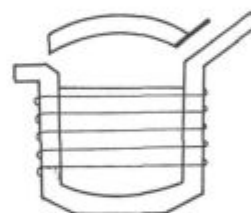


Jeklarna I

1x5t

1x15t

1x25t



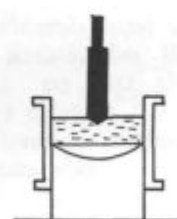
1x0.5t

1x1.5t



Jeklarna II

2x40t



2t

400 x 400 mm

36t

500 - 1000 ϕ mm

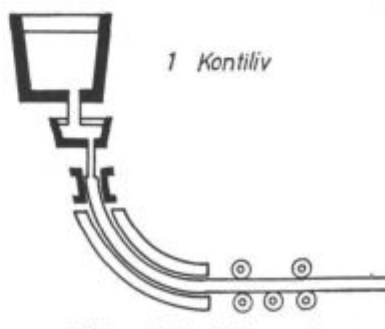
ŽELEZARNA ŠTORE



Jeklarna

1x40t

1x50t (UHP)



1 Kontiliv

4 žile 100 - 140mm ϕ

Slika 4
Stanje metalurških proizvodnih naprav v slovenskih železarnah

Tehnologija izdelave jekla danes

Tehnologija izdelave jekla je še v vseh slovenskih železarnah zastarela. Če izvzamemo SM postopek, ki ga imamo že za zgodovino, potem je postopek izdelave v vseh slovenskih železarnah podoben.

V rabi sta enožilni in dvožilni postopek, kar je odvisno od maksimalne dopustne količine žvepla in od stopnje legiranja.

Navadna ogljikova jekla lahko izdelujemo po enožilnem postopku. Vendar je teh jekel tako malo v proizvodnem programu, da ta postopek ni pomemben.

Kvalitetna in plemenita jekla pa je treba zaradi nizkega odstotka žvepla in zaradi prihranka legiranih elementov izdelovati po dvožilnem postopku.

Posebnost predstavlja izdelava jekla za elektro pločevino, in to zato, ker se zahteva zelo nizka vsebnost ogljika (pod 0,03 %) in nizka vsebnost žvepla (pod 0,010 %), pa tudi zato, ker zavzema ta proizvodnja skoraj celotno kapaciteto ene EO peči.

Na Jesenicah smo s postavitvijo obeh velikih električnih obločnih peči, še posebno pa z dograditvijo nove hladne valjarne na Beli počasi, toda vztrajno spreminjali kvalitetni program, tako da danes zahtevam tega programa z jeklarskega stališča nismo več kos.

V Štorah je tehnologija izdelave jekla v glavnem pogojena z načinom vlivanja na kontinuirni livni napravi. Jekla za odprto vlivanje ne smejo vsebovati aluminija, so torej pomirjena le s silicijem. Postopek je zato nekakšna modifikacija dvožilnega postopka. Vendar pa ta način izdelave in vlivanja ne daje jeklu najboljših lastnosti, zato prav odprto vlivanje gredic zahteva obdelavo jekla zunaj peči, če naj naredimo res kvalitetno jeklo.

Zahteva po novi modernejši tehnologiji

Že sedanji proizvodni program v vseh treh slovenskih železarnah zahteva novo, modernejšo tehnologijo. Tega se jeklarji zavedamo že precej let. Samo prizadevanja za uvedbo vakuumske metalurgije na Jesenicah trajajo že enajst let. Resnica je, da smo jeklarji vedno naleteli na gluha ušesa, da smo bili bolj na stranskem tiru.

Nerjavna jekla, silicirana in nesilicirana, jekla za elektro pločevino, jekla za kvalitetni globoki vlek, jekla z izotropnimi mehanskimi lastnostmi, z zagotovljeno sposobnostjo robljenja, jekla za kovaške bloke, vsa plemenita nizko in visoko legirana jekla, še posebno pa tista kvalitetna in plemenita jekla, ki jih vlivamo kontinuirno, zahtevajo moderno vakuumsko in sekundarno metalurgijo. Tako pa je tudi usmerjen naš bodoči proizvodni program, kar nazorno kažejo programi po-

sameznih železarn in tabela, kjer primerjamo spremembe kvalitetnega sortimenta v letu 1985 z letom 1979.

Cilji bodočega razvoja

Te cilje lahko razdelimo na proizvodne in na kvalitetne.

Proizvodni cilji:

- povečanje storilnosti, oziroma proizvodnje talilnih agregatov z uvedbo UHP peči in s tem, da se prenese rafinacija iz peči v ponev;
- povečanje izkoristka legiranih elementov, predvsem kroma z oksidacijo v vakuumu in drugih elementov z legiranjem v vakuumu;
- izboljšanje livnih lastnosti jekel, ki vsebujejo aluminij;
- povečanje jeklarskega in valjarskega izkoristka z uvedbo kontinuirnega vlivanja v Štorah in na Jesenicah;
- zmanjšanje izmečka z uvedbo vakuumske in sekundarne metalurgije.

Kvalitetni cilji:

- izdelava jekel z nizko vsebnostjo ogljika (jekla za elektro pločevino za globoko vlečenje LC in ELC nerjavna jekla);
- nizka koncentracija plinov v jeklu (vodik pod 2 ml/100 g — odprava vodikovega žarjenja kovaških blokov);
- izboljšana čistoča jekla (kisik okoli 20 ppm, manjša količina in velikost nekovinskih vključkov);
- izboljšana plastičnost jekla;
- izboljšanje mehanskih lastnosti.

Kako bomo dosegali te cilje?

Železarna Jesenice:

Zgraditev nove elektro jeklarne s kapaciteto 350.000 ton ob opustitvi proizvodnje SM jekla.

Oprema:

- dve 80 t UHP EO peči s transformatorjem 45 MVA,
- ena VOD/VAD naprava,
- TN ali podobna naprava za sekundarno metalurgijo,
- en kontiliv za slabe.

V stari jeklarni:

- postavitev VOD naprave,
- postavitev naprave za uvajanje CaSi,
- Vložek: uporaba metaliziranih peletov

Železarna Ravne:

Z modernizacijo jeklarne bi dosegli povečanje proizvodnje od sedanjih ca. 200.000 ton na 255.000 ton.

Oprema:

- nova 5-tonska EO peč s pomičnim pokrovom in zakladanjem s košaro,

- nova EPŽ naprava bo dvignila skupno proizvodnjo od sedanjih 1300 ton na 4300 ton letno,
- mehanizacija dodajanja žlindrotvornih dodatkov in ferolegur,

- vpihovanje žlindrotvornih dodatkov in karburita,

- 2 napravi za vakuumiranje z ogrevanjem,

- Boforsov sistem slačenja ingotov,

- in druge pomožne naprave.

Vložek:

- uporaba metaliziranih peletov

Železarna Štore:

V srednjeročnem razvojnem načrtu 1981—1985 so predvidene naložbe, s katerimi bi povečali proizvodnjo od sedanjih ca. 95.000 ton na 220.000 ton, izboljšali bi kvaliteto izdelkov in zmanjšali fizični napor delavcev.

Oprema:

- nova kontilivna naprava za blume 240 mm kv.,

- naprava za vakuumiranje z ogrevanjem,

- naprava za uvajanje CaSi v jeklo,

- povečanje moči EO peči od 12,5 na 25 MVA,

- škarje v pripravi vložka,

- mehanizirano dodajanje žlindrotvornih dodatkov in ferolegur,

- in druge pomožne naprave.

Perspektive nadaljnega razvoja

Jeklarska industrija pri nas in v svetu, z izjemo Japonske, postaja neakumulativna, dobički so vedno manjši, mnogim grozijo izgube. Razlogi za to so vedno višje cene surovin in energije in visoki stroški za delovno silo. Če se zgledujemo pri Japoncih, ki so vodilni na področju proizvodnje jekla, potem je zanje značilno, da imajo najnižjo porabo energije na tono proizvoda, največjo storilnost na moža in uro, najmodernejša naprave, visoko kompjuterizirano vodenje naprav in da jim uspeva s stalnim izboljševanjem tehnologije, spremembami v konstrukciji in zboljševanjem stopnje izkorišćanja dvigati letno proizvodnjo za 3 do 5 %.

Investicije, ki že tečejo v železarni Ravne in ki jih bomo, upamo, uspeli izvesti v naslednjem srednjeročnem obdobju tudi v Štorah in na Jesenicah, zato ne bi smele povzročiti zastoja v nadaljnjem razvoju.

Razvoj bi moral iti predvsem v smeri:

- avtomatizacije proizvodnje v smislu zmanjševanja potrebe po delovni sili in povečanje storilnosti,

- uvajanja računalništva v vse veje proizvodnje s ciljem izboljšati enakomernost kvalitete in zmanjšati porabo surovin in energije,

- povečevanja deleža železove gobe in reduciranih peletov kot čistega vložka.

Vse večje pomanjkanje premoga za koksanje in draga proizvodnja koksa naj bi pospešila razvoj direktnih postopkov dolivanja jekla 1). S temi postopki naj bi se zmanjšala poraba energije za 20 do 30 procentov, znatno pa bi prihranili pri investicijskih stroških.

Bodočnost napovedujejo dolivanju jekla s plazmo. Integralne železarne so ekonomične, če proizvajajo vsaj 2 milij. ton letno. Jeklarne, ki bi proizvajale jeklo v pečeh na plazmo, pa bi bile ekonomične že pri 200.000 tonah letne proizvodnje, kar spet vodi do koncepta mini železarn. Poraba energije ca. 2000 kW na tono.

Napovedujejo ekstenzivno uvajanje kontinuirnega livanja in nadaljnji kvalitetni napredek na tem področju 2).

Samo radikalne spremembe tehnologije lahko zmanjšajo investicijske stroške, porabo energije in delovne sile in omogočijo uporabo cenejših surovin in zmanjšanje onesnaževanja okolja 1).

Zaključek:

Obraunavani pregled razvoja proizvodnje jekel v slovenskih železarnah kaže, da se našim jeklarjem le obetajo boljši časi. Končno smo prišli do spoznanja, da brez kvalitetnega jekla tudi ni kvalitetnih izdelkov. Žal so nas v novogradnje prisilile poleg zastarele tehnologije tudi vedno slabše razmere na trgu s surovinami in energijo. Specifično za nas velja omeniti tudi popolno nezanimanje za jeklarske poklice, ki jim doslej nismo znali dati veljave. Če bomo hoteli še govoriti o tradiciji slovenskega železarstva, bomo morali temu problemu posvetiti večjo skrb.

Literatura:

1. J. Szekely — Toward Radical Changes in Steelmaking Technology Review, February 1979 23—39
2. H. Hatzenbichler — Recent Developments in Continuous Steel Casting Steel Times April 1980, 284—290
Investicijski program Železarne Ravne
Investicijski program Železarne Jesenice