

# Dosežki Železarne Jesenice na področju sekundarne obdelave jekla

UDK: 669.187.26

ASM/SLA: D8n, D8p, D9s, 10—52

Joža Arh, V. Prešern

*Posodabljanje obstoječih postopkov za pridobivanje kvalitetnega jekla je postalo nujno. Zaostanek za razvitim svetom v jeklarski tehnologiji je bil že prevelik, tako ni- smo več mogli zadostiti zahtevam nekaterih kupcev po boljšem jeklu. Danes na Jesenicah v že preko 20 let stari elektrojeklarni lahko izdelamo kakovostno jeklo, ki po lastnostih ne zaostaja več za tujimi jekli. Kako to dosega- mo, je v kratkem opisano v pričujočem članku.*

## UVOD

Klasične izdelave jekla v eni sami stopnji, npr. v ki- sikovem konvertorju ali električni obločni peči, kjer je bil za izdelavo kvalitetnih jekel skoraj 80 let v rabi dvo- žilndrni postopek, v razvitem zahodnem svetu skoraj ne poznajo več. Vse neproduktivne postopke so zamenjali s hitrejšimi in boljšimi postopki, SM jeklarne s po nekaj pečmi so nadomestile elektrojeklarne z eno samo UHP ali super UHP pečjo. Električne obločne peči, pa tudi kisikovi konvertorji delajo, če gre za izdelavo kvalite- tnih jekel, le še po dupleks postopku.

Prva stopnja je le še taljenje, oksidacija in odfosfo- renje. V drugi stopnji pa jeklo rafinirajo, odžveplajo, le- girajo, degazirajo in nastavijo natančno livno tempera- turo.

Hiter razvoj kontinuirnega vlivanja v svetu, kar ve- lja za gredice, blume in slabe, in pa vedno širša uporaba teh polproduktov za izdelke z najstrožjimi zahtevami v pogledu raztezka, kontrakcije žilavosti pri nizkih tem- peraturah, izotropije mehanskih lastnosti, sposobnosti robljenja in podobno so terjali od jeklarjev vedno bolj zanesljivo proizvodnjo, kar je mogoče dosežati le s po- stopki ponovčne oziroma sekundarne metalurgije.

V Železarni Jesenice smo se zavedali, da je pri pre- usmeritvi Železarne v proizvodnjo vse bolj kvalitetnih jekel nujno potrebno uvesti tudi nekatere postopke po- novčne metalurgije.

Tako je konec leta 1982 začela obratovati naprava za vpihovanje CaSi in prašnatih materialov v jekleno talino v ponovci, leto dni kasneje pa VOD naprava za proizvodnjo nerjavnih jekel in drugih legiranih jekel. Ponovčna metalurgija je že danes integralni sestavni del proizvodnih stopenj v elektrojeklarni.

## NAČIN PROIZVODNJE JEKLA V ELEKTROJEKLARNI

Vsa sekundarna metalurgija, ki jo obravnavamo v tem članku, se izvaja le v elektrojeklarni. Jekla, ki so na- rejena v SM pečeh, ne moremo ločiti od žilndre, zato prava sekundarna metalurgija pri SM jeklu ni mogoča. Delno lahko vplivamo samo na odžveplanje, če pred prebodom damo na dno ponovce sintetično sestavljeno žilndrno mešanico, ki se v stiku z jeklom raztali in učin-

kuje na jeklo, dokler ne priteče lastna žilndra iz peči. Jeklo iz SM jeklarne bo ostalo v glavnem takšno, kakor je, do ukinitve te stare jeklarne.

V elektrojeklarni imamo dve enako veliki električni obločni peči, od katerih dela ena v sklopu z vakuumsko napravo VOD/VD in odliva 65 t jekla, druga pa v sklo- pu z napravo za vpihovanje CaSi ali sintetičnih žilnder v talino jekla v ponovci in odliva 75 t jekla.

Shemo proizvodnih postopkov kaže slika 1.

Na peči 1, ki dela v sklopu z vakuumsko napravo, izdelujemo tiste vrste jekel, pri katerih je v drugi stopnji nujno potrebna VOD ali VD obdelava jekla. Sem spa- dajo nerjavna jekla vseh vrst, ki jih izdelujemo po VOD postopku, jekla za elektro pločevino (dinamo), ki jih iz- delujemo po VOD/VD postopku zaradi razogljčenja, in na pline občutljiva legirana jekla, ki jih izdelujemo po VD postopku, da zmanjšamo količino vodika v je- klu.

Preko 80 % vseh šarž iz peči 1 naredimo po dupleks postopku EO peči — VOD oziroma VD postopku.

## NERJAVNA JEKLA

Za izdelavo nerjavnih jekel sta v razvitem zahod- nem svetu in na Japonskem v rabi dve glavni poti, in si- cer:

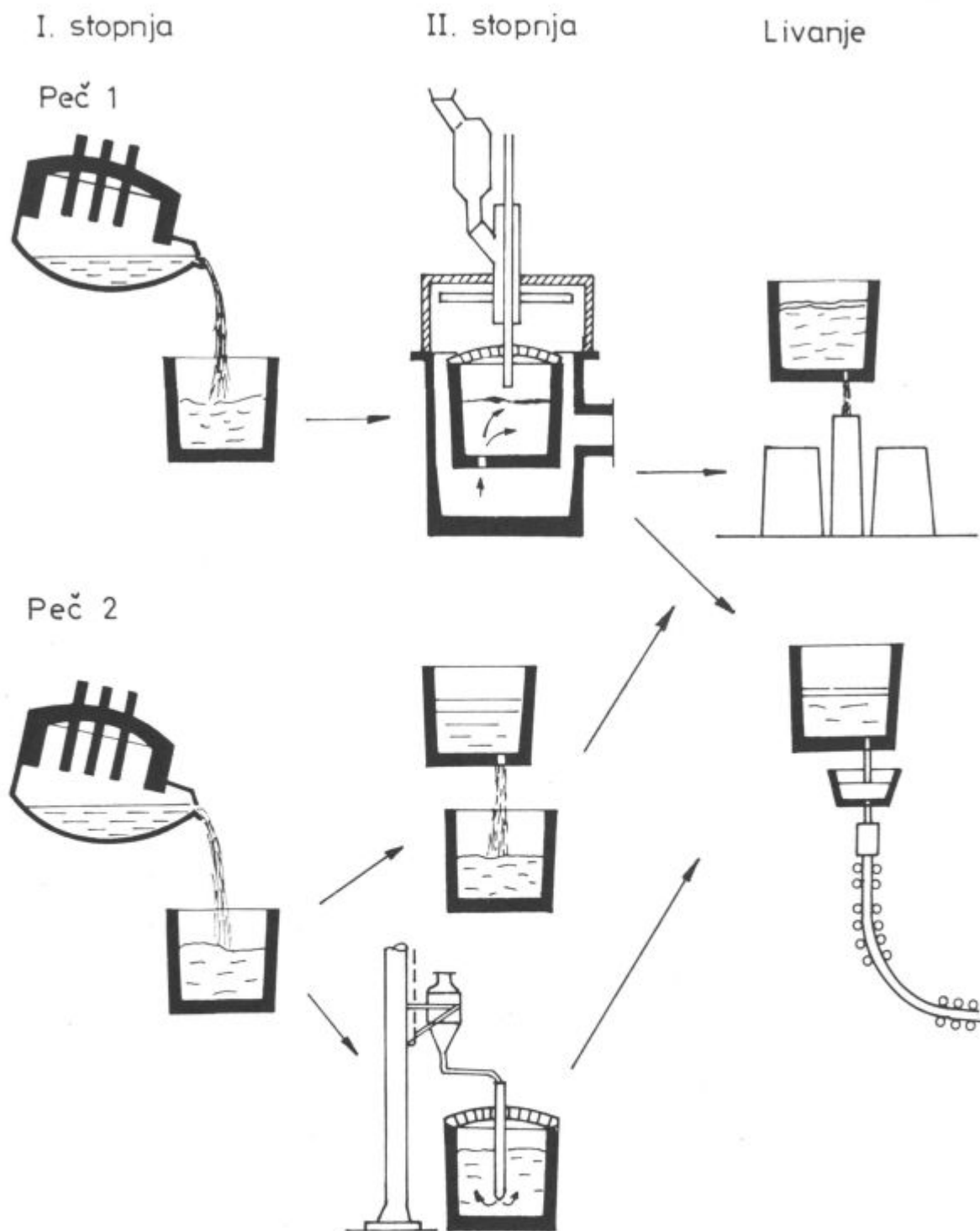
- I. EO peč — AOD konvertor — kontinuirno vliva- nje
- II. EO peč — VOD postopek — vlivanje v kokile ali kontinuirno.

Uporaba AOD konvertorja je za proizvodnjo ner- javnih jekel upravičena le, kadar je nerjavno jeklo ma- sovni proizvod, ki ga proizvajamo dan na dan.

Pri manjši količinski proizvodnji in zelo različnih kvalitetah, ki jo lahko proizvedemo v nekaj serijah na mesec, kar velja tudi za Železarno Jesenice, je primeren le VOD postopek, ker je ta univerzalen in uporaben pri izdelavi vseh drugih vrst jekel.

VOD postopek je znan od leta 1965. Razvili so ga prav za izdelavo nerjavnih jekel. V železarni Jesenice iz- delujemo nerjavna jekla po tem postopku od julija 1984 dalje. Prednosti, ki so znane o tem postopku iz tuje lite- rature, smo lahko takoj potrdili z lastnimi izkušnjami. Te so tolikšne, da si danes drugačnega načina proizvo- dne ni mogoče predstavljati. Naj jih nekaj navedemo:

1. uporaba cenejšega vložka — lastni legirani od- padki + FeCr carbure + staro železo;
2. enostavna in hitra izdelava v peči s prebodnimi temperaturami od 1640 do 1700 °C;
3. enostavna izdelava v ponovci v VOD komori z najvišjimi temperaturami po oksidaciji do 1700 °C;
4. visok izkoristek kroma pri VOD postopku, ki znaša okrog 97 %;
5. zelo majhna potreba po FeCr suraffine za korek- turo analize;



Slika 1  
 Shema proizvodnje jekla v elektro jeklarni 5  
 Fig. 1.  
 Scheme of the production of steel in the electric steel plant

6. visok izkoristek titana pri jeklih, legiranih s titanom (70—80 %);

7. možnost izdelave jekel z majhno vsebnostjo C pod 0,03 %;

8. doseganje majhnih vsebnosti žvepla, saj dosegamo do 0,001 % S;

9. boljše delovne razmere — lažje, fizično manj naporno delo.

Postopek sam je podrobno opisan v 2. številki Železarskega zbornika 1986 l.

Naj navedem le, da smo nominalno proizvodnjo, to je planirano mesečno količino dosegli že po šestih me-

secih od začetka izdelave nerjavnih jekel. V prvi polovici leta 1985 je mesečna proizvodnja sicer še močno nihala, vendar le zaradi pomanjkanja FeCr carbure na našem tržišču. Od septembra 1985 dalje pa se giblje okrog povprečja, ki je blizu 1800 t surovega jekla na mesec, feritnih, avstenitnih, martenzitnih in v ognju odpornih vrst jekel.

Večjih kvaliteten problemov ni. Če ocenjujemo kvaliteto jekla skozi vsebnost žvepla v končni analizi, potem je ta v povprečju zelo dobra. Iz porazdelitve žvepla za 354 izdelanih šarž vidimo, da odstopa le manjše število šarž, kjer je za višjo vsebnost žvepla kriva neustrezna sestava žlindre kot posledica previsoke vsebnosti Si na začetku oksidacije ali prevelik odgor Si v času redukcije; glej sl. 2!

Kemično sestavo najbolj tipičnih vrst nerjavnih jekel, ki jih izdelujemo, prikazujemo v tabeli 1.

Železarna Jesenice izdeluje celotno paleto vseh vrst nerjavnih jekel — feritnih, avstenitnih, martenzitnih v ognju odpornih ventilskih, nerjavnih jekel za elektrodno žico do nerjavnih avtomatnih jekel po JUS in DIN standardih.

**DINAMO JEKLO**

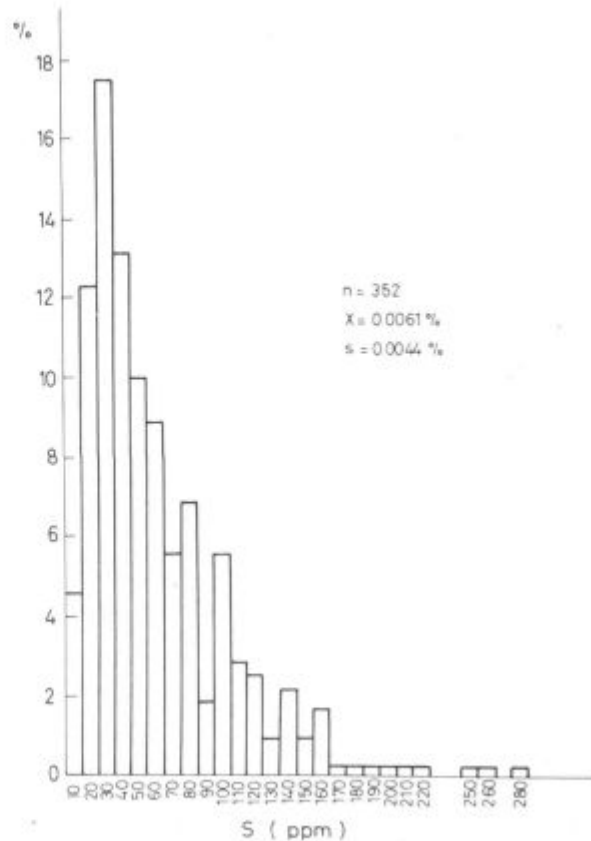
Dinamo jeklo izdelujemo v jeklarni 1 še na oba načina, to je po novem dupleks postopku EO peč — VOD in starem klasičnem načinu z oksidacijo v peči in rafinacijo v ponovci, ker je pač kapaciteta VOD naprave premajhna, da bi prevzela celotno proizvodnjo dinamo jekla.

Klasični način izdelave dinamo jekla je prvi pri nas uvedeni dupleks postopek, kjer celotno legiranje in odžveplanje izvršimo v ponovci. Žlindro pa odstranimo s tem, da jeklo prelijemo tako, kot kaže sl. 1 za peč 2. Prednost tega postopka je odlično razžveplanje v ponovci, tudi preko 90 %, ker nastaja žlindra z ugodno kemično sestavo, tipa 60% CaO, 30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10% CaF<sub>2</sub>, in visoko sulfidno kapaciteto (S v žlindri je nad 1 %). Slaba stran pa je visoka vsebnost ogljika, ker pač razogljčenje brez zniževanja p<sub>co</sub> ni mogoče.

Izdelava dinamo jekla po VOD postopku je podrobno opisana v Železarskem zborniku števil. 2 1985 in števil. 3 1986<sup>2)</sup>.

Glavne značilnosti VOD postopka so:

- enostavna izdelava v peči,
- doseganje majhnih vsebnosti ogljika pod 0,015 % C in s tem povečanje kapacitete linije za razogljčenje hladno valjanih trakov,



Slika 2  
Porazdelitev žvepla v končni analizi pri nerjavnih jeklih  
Fig. 2.  
Distribution of sulphur in the final analysis in stainless steel

— boljša livnost jekla in z njo povezani boljši izkoristek pri valjanju,

— visoka stopnja odžveplanja. Ta je sicer zelo dobra, vendar ne dosega tiste pri klasični izdelavi, predvsem iz razloga, ker je mešanje pri prelivanju jekla mnogo bolj intenzivno, kot pa je lahko v VOD komori.

VOD postopek omogoča tudi izdelavo nesiliciranega jekla ali jekla brez aluminija za elektro pločevino z majhno vsebnostjo ogljika, kot sta Remag in Elmag, pri katerih je vsebnost ogljika pod 0,010 %.

Tabela 1: Kemična sestava nekaterih tipičnih vrst nerjavnih jekel

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Nb
ACROM 10	0,08	0,40	0,40			22,0	—	0,30	
extra	0,12	0,60		0,035	0,025	24,0		0,50	
Acroni 11	0,05	0,40	1,30			17,5	8,5	—	
extra	0,07	0,75	1,50	0,035	0,020	19,0	9,5		
Acroni 11	<	0,40	1,30			17,5	10,0		
NC	0,03	0,75	1,50	0,035	0,020	19,0	11,5		
Acroni 11	0,05	0,50	1,25			17,5	9,5	5 × C	10 × C
Ti/Nb	0,08	0,75	1,75	0,035	0,020	19,0	10,5		
Acron 19	0,10	0,50	0,80			24,0	19,0		
	0,15	0,75	1,00	0,035	0,020	26,0	21,0		
Acrom 2									
Acrom 4									
Acroni	<								
19/9 NC	0,02								

Tabela 2: Kemična sestava jekel za elektro pločevino

	C	Si	Mn	P	S	Al	v %
Si — jeklo	<0,015	0,90	0,20	0,040	0,010	0,250	
		-1,70	-0,30	-0,080		-0,350	
Si — jeklo	<0,015	1,50	0,20	0,030	0,010	0,250	
		-2,80	-0,30			-0,350	
Remag	<0,010	0,05	0,20	0,010	0,020	0,020	
			-0,25			-0,050	
Elmag	<0,010	0,25	0,25	0,090	0,020	0	
		-0,35	-0,40	-0,120			

Tabela 3: Vsebnost C in S v končni analizi

Delo v ponovci	n	C v %		S v %	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
Klasično legir. odžveplanje	216	0,037	0,005	0,0058	0,0036
VOD razogl., + legir. + odžvepl.	115	0,011	0,003	0,008	0,003

Tipično kemično sestavo jekel za elektro pločevino iz programa železarne Jesenice kaže tabela 2.

V tabeli 3 prikazujemo vsebnost C in S v končni analizi za šarže, izdelane v prvem polletju 1986.

### Rezultati proizvodnje dinamo jekla

#### Odžveplanje jekla

Klasična izdelava v EO peči z legiranjem in rafinacijo v ponovci

Kakor smo že navedli, je stopnja odžveplanja pri tem postopku z rafinacijo oziroma odžveplanjem v ponovci zelo visoka in končno žveplo, kakor kaže tabela 3, nizko. Razlog za visoke stopnje odžveplanja je ugodna sestava žlindre, ki nastane iz dodanega apna in jedavca v ponovco, in glinice ( $Al_2O_3$ ), ki nastane pri odgoru aluminija. Značilno za tako nastalo žlindro je visoka sulfidna kapaciteta, kar kaže slika 3<sup>2)</sup>. Pomembno pa je intenzivno mešanje jekla in žlindre pri prelivanju ob vpihovanju argona skozi dno s ca. 200–300 l/min.

Primer:

Šarža št. 143624

Vsebnost S v peči pred prebodom 0,032 %

Vsebnost S v končni analizi 0,006 %

Stopnja odžveplanja 81 %

Porazdelitev žvepla  $\frac{(s)}{S} = 206$

Analiza žlindre:

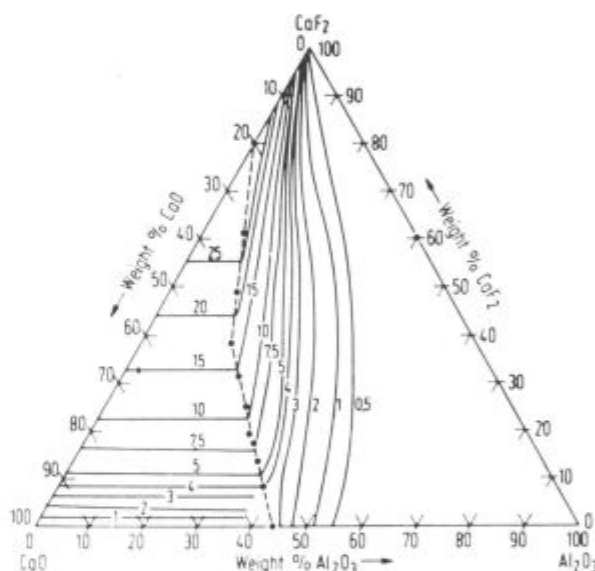
SiO<sub>2</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FeO Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MnO CaO MgO Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CaF<sub>2</sub> S  
2,14 32,40 0,20 0,08 0,15 39,4 9,98 0,07 11,32 1,24 %

Izdelava dinamo jekla po dupleks postopku EO peč — VOD

Podobno kakor pri klasični izdelavi, tudi v VOD komori pri legiranju v ponovci nastaja zaradi odgora aluminija določena količina  $Al_2O_3$ . Z dodatki apna in jedavca ( $CaF_2$ ) ali apna in kremenca ( $SiO_2$ ) želimo vplivati na kemično sestavo žlindre tako, da bo sulfidna kapaciteta največja. Pri tem nastajata dva tipa žlindre, in sicer:

1. tip  $CaO - Al_2O_3 - CaF_2$
2. tip  $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$

Sl. 4 kaže porazdelitev žvepla med žlindro in jeklom za žlindre, tipa  $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$ .<sup>2)</sup>



Slika 3  
Sulfidna kapaciteta žlindre sestave  $CaO - Al_2O_3 - CaF_2$   
Fig. 3.  
Sulfide capacity of slag of the  $CaO - Al_2O_3 - CaF_2$  type

Težave, ki nastopajo pri nastajanju optimalne sestave žlindre, so:

1. Količina  $Al_2O_3$ , ki nastaja pri legiranju, ni vedno enaka, odvisna je od preostalega kisika v jeklu po razogljčenju in količine oksidov FeO in MnO v žlindri. Navadno je premajhna za nastajanje optimalne sestave žlindre z visoko sulfidno kapaciteto.

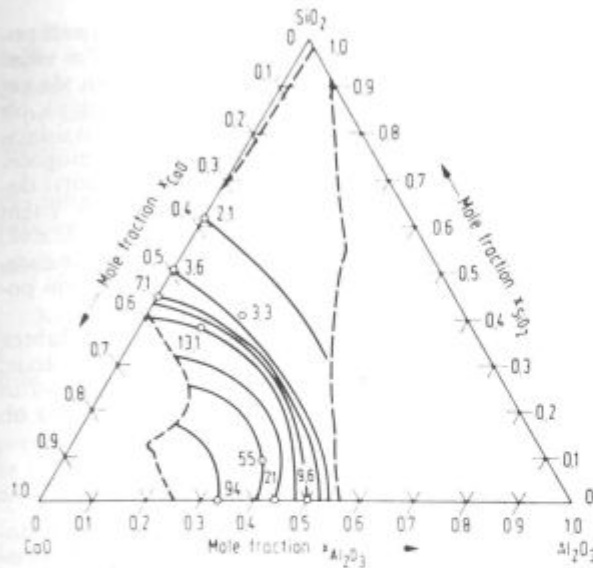
2. Zadostne količine  $SiO_2$  pri drugem tipu žlindre ni mogoče dosegati, ker se  $SiO_2$  ob prisotnosti Al v vakuumu reducira na Si in  $Al_2O_3$ .

Da bi zmanjšali porabo deficitarnega jedavca, se je dobro obnesel tak način dela, pri katerem 1/2 dodatka jedavca nadomestimo z enakim utežnim delom kremenčevega peska.

Primer:

Tip žlindre  $CaO - Al_2O_3 - CaF_2$

Nepravilna sestava žlindre



Slika 4  
Porazdelitev žvepla med žlindro in jeklom za žlindre sestave  
CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub>

Fig. 4.  
Distribution of sulphur between slag and steel melt for slags of  
the CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub> type

Šarža št. 11 6394

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	S
0,74	17,9	0,82	0,08	0,10	69,4	2,15	0,09	7,03	0,283%

stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 70\%$

porazdelitev žvepla  $\frac{(S)}{S} = 19$

Žlindra vsebuje premalo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in CaF<sub>2</sub>, sprejemljivost žlindre za žveplo ni dovolj velika.

Pravilna sestava žlindre:

Šarža št. 15 3192

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	S
1,60	17,1	1,70	0,26	0,33	47,5	7,36	0,22	12,65	-0,463

stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 92\%$

porazdelitev žvepla  $\frac{(S)}{S} = 463$

#### Tip žlindre CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — CaF<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>

šarža št. 11 7209

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	S
3,68	29,6	0,86	0	0	51,57	6,92	0,20	4,82	1,40%

stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 83\%$

porazdelitev žvepla  $\frac{(S)}{S} = 233$

šarža št. 11 7559

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	S
3,90	3,43	0,20	0,07	0,01	46,7	6,46	0,19	5,66	0,470%

stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 81\%$

porazdelitev žvepla  $\frac{(S)}{S} = 94$

Zaradi dezoksidacijskih in redukcijskih procesov pri legiranju uporaba vnaprej sestavljenih žilndrskih mešanice ne daje najboljših rezultatov.

Ker pa žlindra nima vedno optimalne kemične sestave, je raztros stopnje odžveplanja precejšen.

## SEKUNDARNA METALURGIJA

Pod tem pojmom razumemo vso obdelavo jekla v ponovci, ki poteka pri normalnem zračnem tlaku, in ne v vakuumski komori, in katere glavni namen je odžveplanje jekla. Pretežno gre za obdelavo jekla s CaSi in raznimi sintetičnimi žilndrskimi mešanici, katerih osnova je CaO, in so bodisi taljene ali aglomerirane, ali mešanice prašnice prašnatih osnovnih materialov, kakor CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>.

Osnovni pogoj za učinkovito sekundarno obdelavo je, da iz jekla odstranimo črno oksidno žlindro, oziroma da je talina prekrita s močno bazično rafinacijsko žlindro z majhno količino kovinskih oksidov, kot so FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Le-ti se namreč v času obdelave reducirajo in negativno vplivajo na proces odžveplanja in modifikacije nekovinskih vključkov, če jih je v žlindri preveč, ker porabljajo aluminij in kalcij.

Ta pogoj je pri nas izpolnjen pri jeklu, ki ga naredimo v električni peči.

Drugi pomemben pogoj pa je bazična obzidava ponovce. Ker uporabljamo le še bazično obzidane ponovce, tudi s te strani ni omejitev za učinkovito obdelavo jekla v ponovci.

Naprava za vpihanje CaSi in sintetičnih žilndr

Konec leta 1982 je začela poskusno obratovati doma zgrajena naprava, tipa Polysis (ZRN). Napravo je projektiral konstrukcijski biro »Inženiring Bled«. Ta tip naprav, za katere je značilna zelo kratka pot iz tlačne in mešalne posode skozi kopje v talino, deluje zelo zanesljivo, z zelo majhno porabo transportnega plina, s čimer je zagotovljeno zelo mirno mešanje, kar pomeni, da je možna obdelava jekla pri skoraj polnih ponovcah.

Glavne karakteristike:

Volumen tlačne posode	500 l
hitrost pihanja	15—30 kg/min.
količina nosilnega plina	ca. 20 l/kg
tlak v posodi	5 bar
notranji premer kopja	10 mm Ø

Cilji obdelave jekla z vpihavanjem CaSi in sintetičnih žilndr in uporabljeni materiali

Napravo smo postavili predvsem z namenom izboljšati livnost jekel za kontinuirno livanje, za kar smo izključno uporabljali CaSi. Z razvojem te veje metalurgije pa so se spremenili cilji obdelave jekla s CaSi. Danes je glavni namen obdelave jekla s kalcijem doseči visoko stopnjo odžveplanja in modifikacijo nekovinskih vključkov, da zagotovimo sposobnost robljenja pri jeklih za trakove in izotropne lastnosti pri jeklih za debele pločevino.

Visoke stopnje odžveplanja je pri bazično obzidanih ponovcah mogoče dosežati že s samim mešanjem jekla s sintetičnimi žilndrami v ponovci, bodisi med prebodom, pri prelivanju jekla iz ponovce v ponovco ali z intenzivnim mešanjem z argonom po prebodu v zaprti ponovci. V tem primeru so za samo modifikacijo nekovinskih vključkov potrebne le še manjše količine mnogo dražjega CaSi.

Za vpihovanje uporabljamo poleg CaSi kot osnovnega materiala še sintetično sestavljene žilindrne mešanice, taljene ali aglomerirane. Preproste mešanice posameznih prašnatih komponent, kot CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub> oziroma SiO<sub>2</sub> rabimo za odžveplanje v ponovci med prebodom.

Pregled uporabljenih materialov kaže tabela 4.

Naziv	Sestava
CaSi Wacker S 3002	Ca = 30 %, Si = 60 %, zrno 0—0,5 mm taljena, CaO + MgO = 50 %, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 50 %, zrno 0—0,9 mm
Flomac 147	aglomerat, MgO = 50 %, CaO = 20 %, Al = 14 %, F = 5 %, zrno do 1,7 mm
Desulfin	mešanica CaO/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /CaF <sub>2</sub> = 60:30:10, odnosno CaO/CaF <sub>2</sub> = 60/20

Tehnologija vpihovanja se v principu razlikuje po tem, kakšen je njen namen. Če želimo izboljšati livnost jekla za kontinuirno livanje, potem rabimo le CaSi v količini 1 kg/t. Večje količine vpihanega CaSi imajo lahko za posledico preveč topnega kalcija v jeklu, ki povzroča premočno erozijo drsnih plošč zapirala in prodor jekla na takem mestu.

Kadar je naš namen odžveplati jeklo in modificirati nekovinske vključke, potem uporabljamo, odvisno od kemične sestave jekla in končnega cilja, bodisi CaSi ali sintetične žilindre ali mešanice sintetične žilindre s CaSi.

Vsebnost Si v jeklu je omejitveni faktor za uporabo CaSi, zato s CaSi obdelujemo le tiste vrste jekel, kjer je količina Si v takih analiznih mejah, da lahko vpihamo 1,5 do 2 kg CaSi/t, kar je po naših izkušnjah potrebno za doseganje žvepla pod 0,006 %.

Pri jeklih z omenjeno vsebnostjo Si do 0,10 oziroma do 0,20 % samo CaSi ni mogoče več uporabiti. Za obdelavo takih jekel (npr. jekla za masivno preoblikovanje v hladnem ali jekla za nekatere posebne namene) lahko uporabimo le materiale, ki ne vsebujejo Si, kot je taljena sintetična žilindra Wacker S 3002 ali Flomac firme Fosco.

Prednost teh materialov je v tem, da jih rabimo v količini 2 do 3 kg/t, pri čemer so časi obdelave daljši kot pri samem CaSi, kar je za končni rezultat ugodno. Kalcij aluminatno žilindro Wacker S 3002 rabimo predvsem za odžveplanje, za modifikacijo pa dodajamo CaSi v količini 0,7 kg/t.

Najnižje vsebnosti žvepla v končni analizi je mogoče dosegati le s postopnim odžveplanjem, to je v peči, med prebodom in nato še z vpihovanjem v ponovci.

Za učinkovitost obdelave sta poleg uporabljenega materiala in časa obdelave pomembna zlasti sestava žilindre na talini, ki naj sprejema produkte obdelave in pomaga pri odžveplanju, stopnja dezoksidacije taline, ter preprečitev reoksidacije med vpihovanjem.

Če žilindre ne posnamemo, je treba skrbeti za dobro redukcijo žilindre v peči. Z dodatkom apna in jedavca v ponovcu poskrbimo za večjo bazičnost žilindre, večji del žilindre pa skušamo zadržati v peči. Pri maloogljčnih jeklih — visok FeO v žilindri — posnamemo žilindro v peči pred prebodom.

#### Prikaz rezultatov

Sekundarna obdelava jekla z namenom odžveplati in dezoksidirati jeklo v ponovci se vse bolj širi, in sicer na račun skrajševanja rafinacije jekla v peči. Po tem postopku dela peč 2, kot je razvidno s slike 1. Pri nekate-

rih maloogljčnih vrstah jekla smo rafinacijo v peči popolnoma opustili in jo prenesli v ponovco. Pri višjeogljčnih jeklih pa traja rafinacija le toliko časa, da zademo ogljik z ogljičenjem na golo, če je ogljik ob raztalitvi prenizek, da bi ga lahko ulovili med oksidacijo. Naš cilj je skrajšati delo v peči, kolikor je le mogoče. Da bi to dosegli, mora biti vsebnost C ob raztalitvi dovolj visoka, da ogljičenje na golo ne bo potrebno. V tem primeru bo pri ogljičnih jeklih proces lahko zelo kratek. Le pri legiranih jeklih (Si, Mn, Cr, Ni in drugih) je zaradi natančnega zadetka kemične sestave dvožilindrni postopek še potreben.

Obseg sekundarne obdelave je odvisen od zahtev glede dovoljene največje vsebnosti žvepla, modifikacije, nekovinskih vključkov, vsebnosti aluminija, livnosti in čistoče jekla, in seveda od začetne vsebnosti žvepla ob raztalitvi.

#### Gibanje žvepla

Končno žveplo je vedno rezultat posameznih stopenj odžveplanja, to je odžveplanja v peči, med prebodom in z vpihovanjem sredstev za odžveplanje.

Če naj bo v končni analizi pod 0,005 % S, potem je to mogoče dosegati le s postopnim odžveplanjem, tako da so posamezne stopnje odžveplanja dovolj velike.

Odžveplanja v peči na tem mestu ne bomo posebej obravnavali, odvisno pa je v glavnem od količine in bazičnosti žilindre ter reaktivnosti apna.

#### Odžveplanje v ponovci med prebodom

Razen pri avtomatnih jeklih, ki jih med prebodom legiramo z žveplom pri vseh drugih vrstah jekla, dodajamo na dno ponovce mešanico apna in jedavca v količini 8 kg/t jekla. Stopnja odžveplanja se giblje od 50 do 70%.

Zelo dobre rezultate se da dosegati z rabo taljene sintetične žilindre tipa CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wacker Chemie S 3002), ki skupaj z dodatkom apna in jedavca daje žilindro z visoko sulfidno kapaciteto.

#### Primer:

Šarža št. 143550, kvalitete NB 43  
Sintetična žilindra + apno + jedavec = 550 kg (7kg/t)

Stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 72\%$  (brez mešanja taline)

#### Sestava žilindre:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	S
19,3	14,5	1,16	0,30	1,30	45,3	13,0	0,05	4,34	0,370

#### Končna analiza jekla:

C	Si	Mn	P	S	Al
0,16	0,54	1,59	0,017	0,007	0,031 %

#### Odžveplanje v ponovci z vpihovanjem prašnatih materialov v talino

Ta način odžveplanja uporabimo:

— pri vseh šaržah, ki jih vlivamo na kontilivu, pri čemer je glavni namen zagotovitev dobre livnosti in dodatno odžveplanje. V ta namen uporabljamo v glavnem CaSi, od 0,9 do 1,2 kg/t. Stopnja odžveplanja se giblje do 50%.

Pri jeklih z omejeno vsebnostjo Si, kot je jeklo za patentirano žico s Si maks. = 0,25 %, uporabljamo mešanice sintetične žilindre in CaSi.

**Primer:**

šarža št. 14 4537 kvaliteta PŽ 45

S pred pihanjem = 0,020 %

S po pihanju = 0,005 %

Sredstvo za odžveplanje 150 kg sint. žel. S 3002  
50 kg CaSi

čas pihanja 6 min.,  
teža šarže 75 t,

stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 75 \%$

**Končna analiza:**

C	Si	Mn	P	S	Al
0,48	0,26	0,69	0,015	0,005	0,035 %

Pri jeklih, ki ne vsebujejo Si, kot so jekla za masivno preoblikovanje v hladnem, JMP 5/10/15 ali EO (žica za elektrode), uporabljamo le sintetično žlindro S 3002 ali Flomag 147.

**Primer:**

šarža št. 14 4564 kvaliteta JMP 5

S pred pihanjem = 0,022 %

S po pihanju = 0,006 %

Sredstvo za odžveplanje 200 kg sintetične žlindre S 3002

Čas pihanja 10 minut.  
Teža šarže 78 t.

Stopnja odžveplanja  $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100 = 72 \%$

Meritev aktivnosti kisika v vmesni ponovci pri kontinuirnem livanju: 1563<sup>0</sup> + 168 mV, 1,54 ppm a<sub>o</sub>.

**Končna analiza:**

C	Si	Mn	P	S	Al
0,05	0,06	0,37	0,012	0,006	0,033 %

**Jekla za trakove z garantirano sposobnostjo robljenja**

Pri teh jeklih je poleg majhne vsebnosti S potrebna še modifikacija nekovinskih vključkov.

Pretežno so to konstrukcijska jekla vrste Č 0562 S, mikrolegirana finožrnata jekla in tudi ogljikova jekla Č 1731 za posebne namene.

Tehnologija sekundarne obdelave je utečena. Kakovost jekla, merjena z različnimi merili, kot je vsebnost žvepla, čistoča in mehanske lastnosti, je zelo dobra.

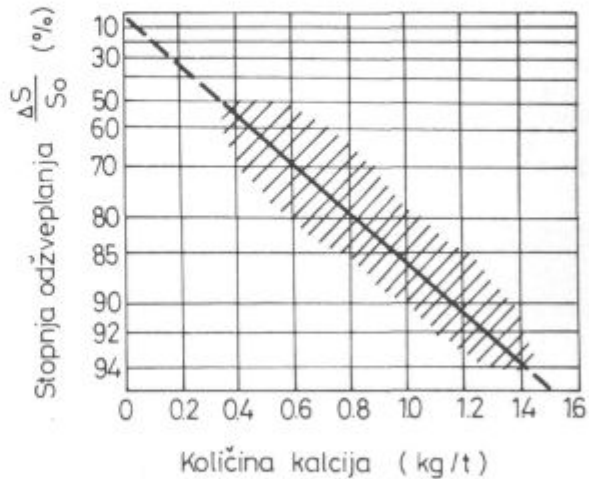
Povprečno vsebnost žvepla s stopnjo odžveplanja med prebodom in med sekundarno obdelavo kaže za vsa tri uporabljena sredstva; CaSi sintetična žlindra S 3002 in Flomag 147 tabela 5.

Tabela 5: Rezultati odžveplanja med prebodom in med sekundarno obdelavo

n	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	$\frac{S_1 - S_2}{S_1} \cdot 100$	S <sub>k</sub>	$\frac{S_2 - S_k}{S_2} \cdot 100$
	%	%	%	%	%
1	0,0215	0,012	44 %	0,0047	60,8 %

- 1 — vsebnost S pred prebodom
- 2 — vsebnost S po prebodu
- 3 — stopnja odžveplanja med prebodom
- 4 — vsebnost S v končni analizi
- 5 — povprečna stopnja odžveplanja med sekund. obdelavo
- n = število šarž

Za končno žveplo velja pri srednji vrednosti  $\bar{X} = 0,0047 \%$ , standardni odklon  $\sigma = 0,0017 \%$ . Najmanjša vrednost za S<sub>k</sub> = 0,002 % in največja je 0,007 %. Stopnja odžveplanja se giblje od 40 do 75 % in se v povprečju sklada s podatki iz literature 1) za 0,50 kg Ca/t, glej sl. 5. Raztros je sicer prevelik, vzrok pa je v glavnem neustrezna sestava pokrivne žlindre, ker žlindre iz ponovce ne posnemamo.



Slika 5 Stopnja odžveplanja v odvisnosti od količine vpihanega Ca

Fig. 5. Degree of desulphurisation on dependance of the amount of injected Ca

Še večjo vrednost dobi ta podatek, če končno žveplo primerjamo s končnim žveplom vseh šarž, narejenih v prvem polletju na peči 1 in 2 (izvzeta so avtomatna jekla, pri katerih je žveplo dodano).

Ta pregled, ki je prikazan v tabeli 6, kaže, kako visoka je kakovost dela na peči 1 in 2.

Tabela 6: Primerjava vsebnosti žvepla vseh šarž, narejenih v prvem polletju 1986

peč	n	S <sub>k</sub> v %	
		$\bar{X}$	$\sigma$
1. peč 1	620	0,008	0,005
2. peč 2	633	0,007	0,005
3. sek. obd.	56	0,0047	0,0017

- 1 — končno žveplo na peči 1
- 2 — končno žveplo na peči 2
- 3 — končno žveplo po sekundarni obdelavi

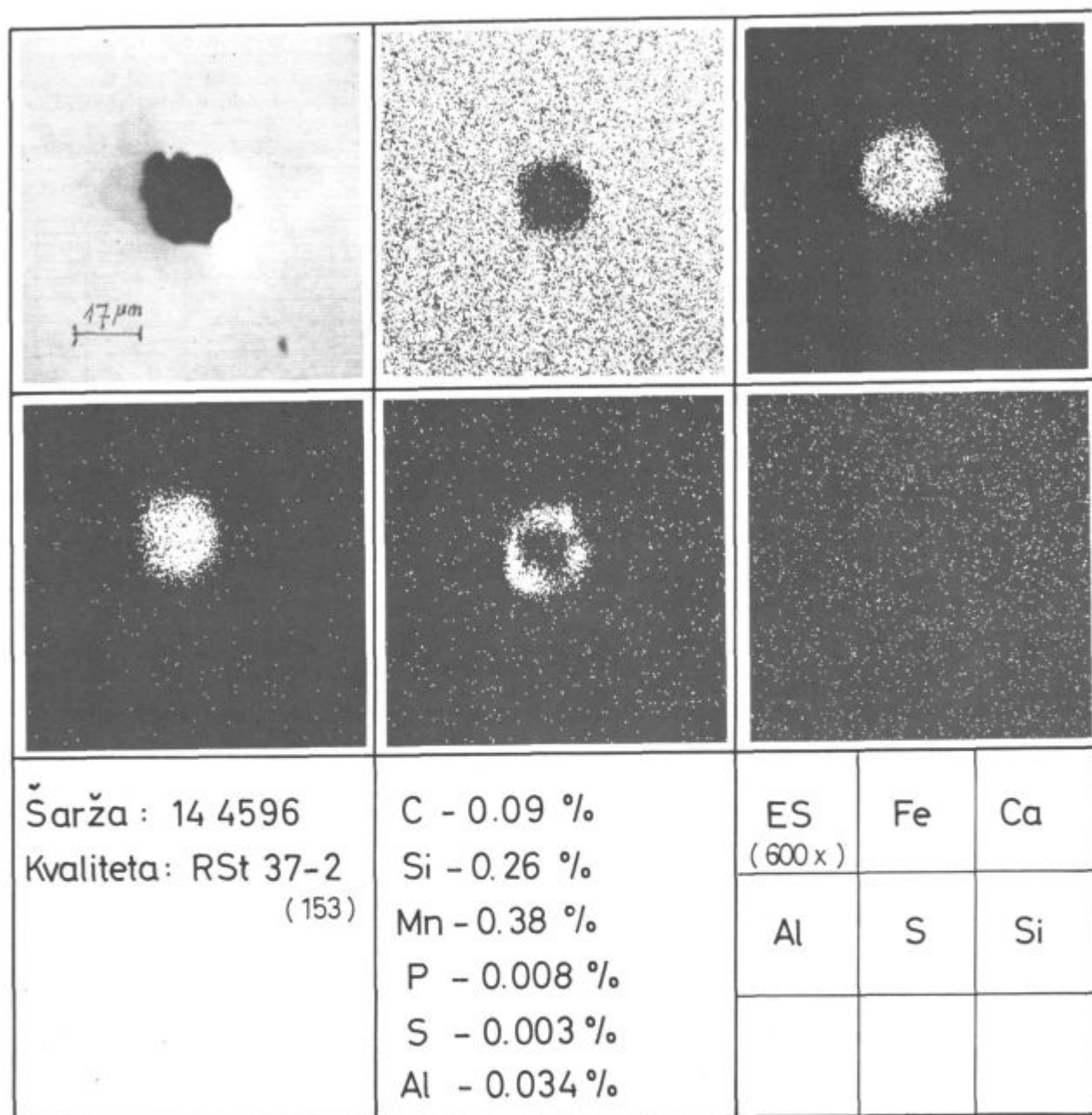
**Čistoča jekla**

Čistoča jekla je pomemben kazalnik kvalitete jekla. Odvisna je od kemične sestave (vsebnosti žvepla in mangana), načina izdelave, sekundarne obdelave s kalcijem in stopnje predelave. Jekla, ki niso legirana z manganom, imajo ob enaki vsebnosti žvepla manj sulfidnih vključkov kot z Mn legirana jekla.

Oglejmo si to na dveh primerih:

**Primer: jeklo za debelo pločevino**

šarža št. 14 4596 kvaliteta R St 37.2



Slika 6  
 Tipičen modificiran vključek po vpihovanju CaSi

Fig. 6.  
 Typical modified inclusion after the injection of CaSi

končna analiza:

C	Si	Mn	P	S	Al
0,09	0,26	0,38	0,008	0,003	0,034 %

obdelano v ponovci z 1,5 kg CaSi/t  
 Stopnja odžveplanja 57 %

Posebne zahteve: zagotoviti izotropne lastnosti jekla  
 Čistoča po JK:

Tabela 7:

A	B	C	D	Skupno
0,20	0,12	—	1,92	2,94
0,24	0,12	0,08	1,78	2,32

Sulfidni vključki modificirani, dolžina do 0,5 mm.  
 Ker so zahtevane izotropne lastnosti jekla, navajamo podatke za mehanske lastnosti 20 mm debele pločevine.

Tabela 8: Prikaz raztezka, kontrakcije in žilavosti za šaržo 14 4596 — srednje vrednosti

debelina	smer			merska enota
	X	Y	Z	
20 mm				
raztezek	33	—	—	%
kontrakcija	66	—	55,4	%
žilavost — V noh	G 217	163	—	N/mm <sub>2</sub>
pri — 20 °C	N 186	188	—	N/mm <sub>2</sub>



Značilna je visoka kontrakcija v smeri debeline (Z) in visoka žilavost v vzdolžni (X) in prečni smeri (Y).

Primer: jeklo za trakove

kvaliteta Č 0562 S

Predpisana kemična analiza:

C	Si	Mn	P	S	Al
0,12	0,25	1,10	<	<	0,025
0,16	0,40	1,30	0,020	0,010	0,050

Obdelano z 1,5 kg CaSi/t.

Posebna zahteva: zagotoviti sposobnost robljenja.

Pregled štirih šarž je v tabeli 9.

Tabela 9: Pregled čistoče za štiri šarže

Št. šarže	S <sub>i</sub>	Deb. (mm)	A	B	D	Skupno	Dolžina sulf. vklj. (mm)
14 2686	0,004	4	0,80	0,20	2,00	3,00	< 0,50 0,50 do
14 3600	0,006	6	2,10	0,70	1,82	4,62	0,90
14 3811	0,002	4	0,88	0,30	2,20	3,38	< 0,50
14 4572	0,005	3,5	1,38	0,30	1,30	2,98	< 0,50

Iz tabele vidimo, da s količino žvepla (S<sub>i</sub>) končni analizi raste količina sulfidnih nekovinskih vključkov (A). Od količine žvepla in količine vpihanega Ca je odvisna tudi dolžina sulfidov. Tuja literatura navaja in naše izkušnje potrjujejo, da mora biti manj kot 0,06 % S v jeklu, da pride do modifikacije sulfidnih nekovinskih vključkov. Primer šarže 14 3600 z 0,006 % S kaže, da ni prišlo do modifikacije nekovinskih vključkov. Na rezultate obdelave ima pomemben vpliv reoksidacija jekla med procesom. Ta pa je pri naši napravi precejšnja, ker so ponovce preslabo pokrite in ker žlindre ne posnema. Rastros stopnje odžveplanja je zato zelo velik.

Tipičen modificiran vključek po vpihanju 1,5 kg Ca Si/t kaže slika 6. Na sliki 7 pa je metalografski posnetek čistoče jekla iste šarže kot na sliki 6, v vzdolžni

smeri. Vidni so le drobni modificirani nekovinski vključki pri povečavi 50 X in 200 X.

#### Odžveplanje jekla, izdelanega v SM peči

Čeprav je SM jeklo v železarni Jesenice v zatonu, pa se zaradi zahtev kupcev trudimo izboljšati čistočo jekla, predvsem pri nekaterih zahtevnih vrstah jekel za popljšanje in konstrukcijskih jeklih, tipa Č 0562.

Ker sekundarna obdelava jekla v ponovci zaradi prisotne oksidne žlindre ni mogoča, pride v poštev le odžveplanje jekla v času preboda.

Poskuse smo opravljali z različno sestavljenimi mešanici na osnovi CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — CaF<sub>2</sub> in CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub>, v količini 10 in 15 kg mešanice na tono jekla.

Najboljše rezultate smo dosegli z mešanico tipa 60 % CaO, 30 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10 % CaF<sub>2</sub> in količini 15 kg/t. Stopnja odžveplanja je znašala v povprečju 50 %.

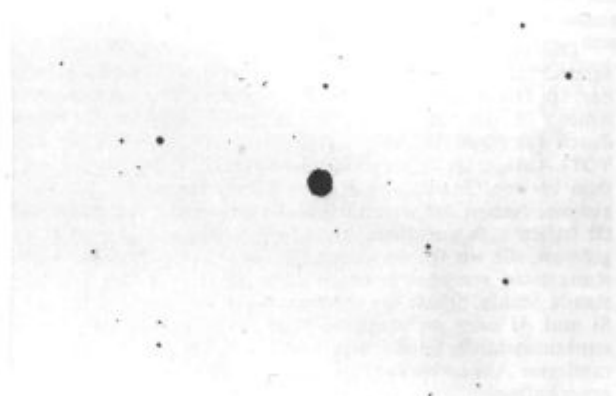
Danes delamo z 10 kg/t, stopnja odžveplanja je nekoliko slabša 30—40 %. Končno žveplo pa je še vedno dovolj nizko za doseganje potrebne čistoče. V prvi polovici leta 1986 je znašala srednja vrednost za žveplo pri 39 šaržah kvalitete Č 1731 — 0,014 %. Vsebnost žvepla pa je v mejah od 0,008 do 0,018 %. Če to vrednost primerjamo s srednjo vrednostjo za žveplo, ki znaša pri SM jeklu za leto 1985 0,026 %, potem je to zelo dober rezultat.

#### ZAKLJUČKI

Pričujoče poročilo podaja pregled in rezultate celotne izvenpečne obdelave jekla v železarni Jesenice. Železarna Jesenice je s postavitvijo naprave za sekundarno obdelavo jekla v ponovci v letu 1982 in po začetku obratovanja VOD naprave v letu 1984 dobila možnost, da izdeluje jekla iz svojega širokega programa v najvišji možni kvaliteti. Poleg znatnega izboljšanja kvalitete pa so se povečale količine tistih vrst jekel, ki jih zaradi preskromne opremljenosti nismo mogli izdelovati. Sem predvsem spadajo nerjavna jekla, jekla za elektro pločevino, legirana s Si in Al ali nelegirana, jekla za posebne namene, konstrukcijska, finoiznata in mikrolegirana jekla z garantirano sposobnostjo robljenja in izotropnimi mehanskimi lastnostmi.



pov 50 x



pov 200x

Slika 7

Nekovinski vključki v jeklu pri šarži 14 4596 RSt 37-2 pri 50 × in 200 × povečavi

Fig. 7.

Non-metallic inclusion in steel at the melt 14 4596 RSt 37-2 (enlarged 50 × and 200 ×)

Možnosti, ki nam jih nudi moderna jeklarska tehnologija, so tako velike in vsestranske, da jih naš trg še ne izkorišča v zadostnem obsegu, kar predvsem velja za sekundarno obdelavo jekla v ponovci.

Iz tabel 5 in 6 vidimo, da je kvaliteta jekla, izdelana v elektropečeh, če jo merimo z vsebnostjo žvepla, čistočo ali mehanskimi lastnostmi, na visoki ravni, saj je vsebnost žvepla tudi v povprečju izredno nizka, najnižje vrednosti pa so pri 0,001 % S.

Moderna oprema, ki jo imamo v jeklarni, nam torej omogoča izdelavo jekel s postopki vakuumske metalurgije, VOD ali samo VD in s sekundarno obdelavo s CaSi ali drugimi sintetičnimi prašnatimi materiali za odžveplanja jekla in modifikacijo nekovinskih vključkov. Pri najbolj strogih kvalitetnih zahtevah pa lahko obdelamo jeklo po obeh postopkih (VD+CaSi), kar pride v poštev pri konstrukcijskih jeklih in nekaterih jeklih za poboljšanje s posebnimi zahtevami.

Z novimi materiali, ki jih ponuja trg, kot sta taljena sintetična žlindra na osnovi CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wacker

S 3002) ali Flomac 147, ki ne vsebujejo silicija, je mogoče dosegati nizke vsebnosti žvepla tudi pri jeklih, ki so pomirjena le z aluminijem, kot so jekla za globoko vlečenje in jekla za masivno preoblikovanje v hladnem.

Nova spoznanja o lastnostih žlinder izkoriščamo pri doseganju takšne sestave žlinder, ki ima veliko sulfidno kapaciteto. Z enostavnimi žlindrnimi mešanicami si pomagamo, zlasti pri odžveplanju nekaterih vrst SM jekla v ponovci v času preboda, s čimer smo znatno izboljšali čistočo takih jekel.

Železarna Jesenice je na področju jeklarske tehnologije dosegla v zadnjih letih velik napredek. Trgu lahko ponudimo vedno bolj kvalitetna jekla.

#### Literatura

1. Rihter et al. Radex Rundschau 1981 1/2 str. 482
2. Schlackenatlas, Verlag Stahleisen MBH Düsseldorf 1981.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende Bericht gibt eine Übersicht über die gesamte Pfannenbehandlung von Stahl im Hüttenwerk Jesenices dar. Im Hüttenwerk Jesenice sind mit der Inbetriebnahme der Anlage für die Sekundärbehandlung von Stahl in der Pfanne durch das Einblasen von Pulverstoffen im Jahre 1982 und der VOD Anlage im Jahre 1984 die Möglichkeiten gegeben, aus dem breiten Qualitätsprogramm Stähle höchster Güte zu erzeugen. Neben der wesentlichen Verbesserung der Stahlqualität haben sich vor allem die Mengen dieser Stahlsorten vergrößert, die wir früher wegen der nicht ausreichenden Ausrüstung nicht erzeugen konnten. Hier zählen vor allem nichtrostende Stähle, Stähle für elektrotechnische Zwecke, legiert mit Si und Al oder nichtlegierte Stähle für Sonderzwecke, Konstruktionsstähle, feinkörnige und mikrolegierte Stähle mit garantierter Abkantbarkeit und isotropischen mechanischen Eigenschaften.

Möglichkeiten, die uns durch die moderne Stahltechnologie geboten werden, sind so gross und vielseitig, dass sie von unserem Markt noch nicht im vollem Maasse genutzt werden können. Aus den Tafeln 5 und 6 ist zu ersehen, dass die Qualität von Stahl erzeugt in Lichtbogenöfen gemessen mit dem Schwefelgehalt, Reinheitsgrad oder mechanischen Eigenschaften ein hohes Niveau hat, den der Schwefelgehalt ist auch im Durchschnitt sehr niedrig, die tiefsten Werte liegen bei 0,001 % S.

Die moderne Ausrüstung im Stahlwerk macht die Erzeugung von Stählen nach den Verfahren der Vakuummetallurgie, VOD oder nur VD, und durch die Sekundärbehandlung mit CaSi oder anderen sintetischen Schlacken für die Entschwefelung von Stahl und Modifizierung der nichtmetallischen Einschlüsse möglich. Bei den strengsten Gütevorschriften können Stähle nach beiden Verfahren (VD+CaSi) behandelt werden, was vor allem bei einigen Einsatz und Vergütungsstählen der Fall ist.

Mit den neuen auf den Markt erhältlichen Pulverstoffen auf Basis CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wacker S 3002 oder Flomac 147) die kein Silizium enthalten ist es möglich sehr tiefe Schwefelwerte auch bei den nur mit Aluminium beruhigten Stählen wie Tiefziehstähle oder Stähle für Kaltmassivumformung zu erreichen.

Neue Erkenntnisse über Schlackeneigenschaften helfen uns Schlacken mit hoher Sulfidkapazität herzustellen. Einfache Schlackenmischungen werden vor allem für die Entschwefelung einiger SM Stahlsorten während das Abstiches in der Pfanne eingesetzt, wobei die Reinheit so behandelte Stähle wesentlich verbessert wird.

Das Hüttenwerk Jesenice hat auf dem Gebiet der Stahlwerkstechnologie in den letzten Jahren einen Grossen Vortschritt gemacht. Dem Markt können Stähle immer besserer Güte angeboten werden.

## SUMMARY

The present paper gives a review and the results of complete out-of-furnace treatment of steel in the Jesenice Ironworks. Instalment of the equipment for the secondary treatment of steel in ladle in 1982, and after the beginning of operation of VOD set-up in 1984 the possibility was created in the Jesenice Ironworks to manufacture a wide assortment of steels with the highest possible quality. Beside the essential improvement in the steel quality, also the amount of those steel grades which production was limited with the poor equipment was increased. They are meant mainly: stainless steel, electric sheet steel alloyed with Si and Al, or unalloyed special steel, structural, fine-grain and microalloyed steel with a guaranteed bordering ability and isotropic mechanical properties.

The possibilities which are offered by the modern steel-making technology are so big and many-sided, that our market does not take the advantage of it in a sufficient extent. It is mainly meant for the secondary treatment of steel in the ladle. Tables 5 and 6 show that the quality of steel made in electric furnace is high when sulphur content, purity or mechanical properties are taken in account, since the sulphur content is in average very low, the lowest values are even around 0.001 % S.

Modern equipment being in the steel plant thus enables the manufacturing of steel by the methods of vacuum metallurgy, VOD, or only VD and subsequent secondary treatment with CaSi or other synthetic powdery materials for desulphurisation and modification of non-metallic inclusions. For the most strict quality demands the steel can be treated by the both methods (VD+CaSi) which is important in structural steel and some other steel grades for hardening and tempering with special demands.

With the new materials offered by the market, like melted synthetic slag based on CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wacker S 3002 or Flomac 147) which do not contain silicon, also low sulphur contents can be achieved with the steel being killed with aluminium, with deep-drawing steel, and with mass cold-forming steel.

The new knowledge on slag properties is applied to achieve the compositions of slags with high sulphide capacities. Simple slag mixtures are used particularly in desulphurisation of some open-hearth steel grades in ladle during the tapping, thus the purity of steel is considerably improved.

In the field of steelmaking technology a great progress in the recent years was achieved in the Jesenice Ironworks. Steel of constantly higher quality can thus be offered on the market.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный доклад даёт обзор и результаты общей обработки стали вне печи в металлургическом заводе Железарна Есенице. Этот завод, с установкой устройства для вторичной обработки стали в ковше 1982 года и началом работы VOD устройства 1984 года получил возможность изготавливать стали из своего обширного программа самого высокого качества. Кроме существенного улучшения качества, увеличено производство тех сортов стали, которых, вследствие слишком скромного оборудования, мы не были в состоянии изготавливать. Сюда относятся главным образом нержавеющей стали, листовая электросталь, легированная с Si и Al или же нелегированные стали для особых надобностей, конструктивные стали, мелкозернистые и малолегированные стали с гарантированным свойством подрубания и изотопией механических свойств.

Возможности, которые нам даёт современная технология стали такие обширные и всесторонние, так что наш рынок их ещё вполне не использует. Это главным образом касается вторичной обработки стали в ковше. Из таблиц 5 и 6 видно, что сталь изготовленная в электропечах, если её качество в отношении чистоты от серы даже в среднем содержании очень низкая; самые низкие значения находятся около 0,001 %.

Современное оборудование, которое мы имеем в нашем сталелитейном цехе, значит нам даёт возможность

изготавливать стали способами вакуумной металлургии, VOD или только VD и с вторичной обработкой с CaSi или прочими синтетическими порошковыми материалами для обессеривания стали и модификации неметаллических включений. При самых высоких требованиях на качество мы можем изготавливать сталь обоими способами (VD+CaSi), что учитывается при конструктивных сталях и некоторых улучшенных сталях с специальными требованиями.

С новым материалом, которого предлагает рынок, как нпр. синтетический шлак на базе CaO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wacker S 30024 или Flomac 147) который не содержит кремний есть возможность получить стали с низким содержанием серы, которые успокоены только с алюминием, как нпр. стали для глубокой вытяжки и стали для переформовки в холодном состоянии.

Новые познания и свойствах шлаков используем, чтобы получить шлаки состава, который имеет большую сульфидную ёмкость. С простыми смесями шлаков мы имеем возможность вести обессеривание некоторых видов мартеновской стали в ковше во время выпуска, при чём существенно улучшаем чистоту сталей. Металлургический завод Железарна Есенице достигла в последних годах в области технологии стали большой успех. Мы можем предложить на рынок более качественные стали.