

VSEBINA

Ob prvi številki »Tehnične priloge«	1
Ing. Matevž HAFNER, glavni direktor RAZVOJ ŽELEZARSTVA V SVEIU IN JUGOSLAVIJI (669.001)	2
Ing. Saša KVEDER, OTK PROIZVGENJA TRANSFORMATORSKE PLOČEVINE (DK 669.018)	3
Maks DIMNIK, šef projektivnega oddelka PROBLEMI PROJEKTIRANJA METALURŠKIH NAPRAV (DK 62.002.2)	7
Miro NOČ, asistent valjarne 2400 VLOGA VARNOSTNIH PODSTAVKOV V VALJČNEM OGRODJU (DK 621-76)	8
Franc SELJAK, Energijski oddelek WARD-LÉONARDOV SISTEM ZA POGON VALJARN (DK 621-34)	11
Ing. Miloš GREGORČIČ Konstrukcijski biro ČIŠČENJE DIMNIH PLINOV KALORIČNE CENTRALE (DK 628.511)	17
Aleksander RJAZANCEV, OTK LUŽENJE NERJAVEČIH JEKEL (DK 66.096)	18
NOVOSTI IZ TUJE LITERATURE	19
Ing. Miloš GREGORČIČ, MERJENJE DOLŽINE PRI VALJANJU TRAKOV	19
MERJENJE DEBELINE NA PODLAGI ABSORPCIJE β in γ ŽARKOV	19
IZBOLJŠEVALNI PREDLOGI	20
a) Jože ŽEMVA REKONSTRUKCIJA PLINSKIH GORILCEV	20
b) Aco PETROVIČ in Karol AŽMAN, ZAVORNIK ELEKTROMAGNETI	20
c) Alojz TRATNIK in Aleksander RJAZANCEV, APARAT ZA DOLOČANJE VLAŽE V ELEKTRODAH	21
d) Ivan STRGAR, WELLMAN STROJ — PREDELAVA VPENJALNE RAME	21
S posvetovanja o strokovnem šolstvu pri društvu inženirjev in tehnikov na Jesenicah	22

Ob prvi številki „Tehnične priloge“

Metallurška industrija je ena najpomembnejših temeljnih panog našega gospodarstva; obenem pa tudi najbolj pestra, saj obsega poleg metalurgije še skoraj vsa ostala področja tehnike. Prav zaradi te pestrosti in specifičnosti je osnova razvoja take industrije predvsem praksa in manj teorija — skratka tradicija. Tesna povezava različnih področij tehnike se kaže tudi v sestavi tehničnega kadra, od katerega se ne zahteva samo dobro poznavanje svojega, marveč prav tako drugih področij tehnike. To pa morejo doseči inženir, tehnik in mojster le z dolgoletno prakso ter je potrebno precej izkušenj, preden se eden izmed naštetih kot strokovnjak vključi v proizvodnjo. Če naj bi bil to eden izmed važnih momentov, ki vplivajo na razvoj metalurške industrije, potem bi bil drugi prav gotovo vzgoja tega kadra. Tu se je treba predvsem ozreti na literaturo, za katero — predvsem tako, ki bazira na praktičnih izkušnjah — lahko trdimo, da je precej skromna. Nenehni razvoj tehnike pa zahteva z druge strani čimbolj hitro in temeljito usposobljenost strokovnega kadra.

Te in podobne ugotovitve so privedle »Društvo inženirjev in tehnikov Jesenice« na misel o izdaji strokovnega glasila, katero bi delno prispevalo k izpopolnjevanju tehničnega kadra v železarni. Podpora je našlo društvo v vodstvu Železarne na Jesenicah in je le-ta sama prevzela izdajo glasila.

Osnovni program »Tehnične priloge« je obdelava praktičnega dela, kjer bodo zelo pestro zastopana mnoga področja tehnike od metalurgije preko strojništva in elektrotehnike do kemije ter gradbeništva. Metalurške naprave in njih proizvodi, rešitve tehničnih nalog ter organizacijska in ekonomska tehnična vprašanja — skratka rezultati praktičnih in teoretskih izkušenj — bo predstavljalo vsebino tega glasila iz vseh prej navedenih področij tehnike. Obenem pa je predvideno tudi čim tesnejše tehnično sodelovanje oziroma izmenjava izkušenj med strokovnjaki iz železarn, znanstvenih ustanov in ostalih podjetij.

Taka oblika »Tehnične priloge« bo s tem, da bo služila izpopolnjevanju tehničnega kadra, dala tudi majhen prispevek razvoju gospodarstva FLRJ.

UREDNIŠKI ODBOR

*Tridano ob 90-letnici obstoja Železarne Jesenice
in 1000-letni tradiciji železarstva na Gorenjskem*

ING. MATEVŽ HAFNER
glavni direktor ŽJ
DK 669.001

RAZVOJ ŽELEZARSTVA V SVETU IN JUGOSLAVIJI

Z letom 1958 bo svetovna proizvodnja surovega železa kljub recesiji v ZDA prešla mejnik 300 milijonov ton, kar predstavlja povečanje od skoraj 200 % napram proizvodnji pred drugo svetovno vojno. Železarska industrija se je do nekako pred tridesetimi leti smatrala kot konzervativna, ker je takratno svoje povečanje kapacitet v glavnem realizirala s povečanjem obratov, ne pa z izboljšanjem in spremembo samega procesa. Od takrat naprej pa je železarstvo stopilo na pot, lahko se reče, revolucionarnega razvoja, v katerem se vodi znanstvena borba med železarji in znanstveniki SSSR in zapadnih držav, ki pa svojih uspehov ne skrivajo drug pred drugim, kakor to delajo atomski znanstveniki.

Odperto sodelovanje, ki je že stalna lastnost železarjev, ki v svetu predstavljajo zavedno skupnost, pomaga reševati znanstvene in praktične probleme širom sveta. Pri tem naj navedem samo nekoliko najvažnejših procesov in pa postopkov zadnjih let.

V proizvodnji surovega železa je treba spomniti oplemenitev rud z magnetnim praženjem, peletiziranjem za izdelavo samohodnega sintera; delo visokih peči s konstantno in visoko vlago zraka in visokim pritiskom na zasipu je dalo v pogledu prihranka koksa zelo dobre rezultate. Ne smemo pozabiti razne postopke direktne redukcije iz rude v jeklo, ki pa so večinoma še vsi v fazi laboratorijskih poskusov ali polindustrijskih poskusov. Edino Švedi so s svojo proizvodnjo gobastega železa proces direktne redukcije postavili na industrijska tla.

V proizvodnji jekla je stari SM proces v glavnem ostal nespremenjen, povečale pa so se pečne enote že na preko 400 ton po šarži. Revolucijo pa je medtem napravil nov LD-postopek, po katerem je možno s pomočjo kisika v konvertorju predelati surovo železo z nizkim fosforjem in nizkim silicijem v jeklo enakovrednega kvaliteti, kot ga dobimo iz SM peči. Smatram, da bo ta postopek v bodoče osnova proizvodnje jekla trgovske kvalitete in če bo hotela tukaj SM peč uspešno konkurirati, bo potrebno proces v njej racionalizirati.

Ameriški metalurgi so na kongresu v Liegu to tudi predvideli. V Ameriki se govori tudi že o kontinuirni proizvodnji surovega jekla iz surovega železa, kar bo vsekakor predstavljalo precejšnjo revolucijo v jeklarnah.

Napredek v valjarniškem pogledu pa se izraža v kontinuirnem vlivanju, ki v mnogih primerih nadomešča blokov stan ali Bluming, prešanje profilov na »Strang preši« podobno kot se dela z aluminijem in ostalimi barvastimi kovinami, v specialnih valjarniških ogradjih kot so Sendzimir planetno ogrodje ali novo Y ogrodje, nadalje razne kontinuirne proge, v zadnjem času pa z avtomatičnim upravljanjem vseh valjarniških prog s pomočjo programskih luknjanj in kartic.

Ogromen napredek v zadnjih letih pa je napravljen v kontroli kvalitete in postopkov z uporabo izotopov, z novimi aparaturami na osnovi spektrografa in fotometrije in podobnih postopkov.

Ves ta napredek je pa osnova nadaljnega razvoja kapacitet železarn, v katerem računajo, da bodo okrog leta 1970 železarne v SSSR, železarne Montanije prekoračile mejo 100 milijonov ton, a železarne v Ameriki se bodo približevale 200 milijonski toni.

Razvoj železarn v Jugoslaviji, kjer smo lansko leto prvič prekoračili eno milijonsko tono surovega jekla, pa predvideva, da bomo z izgradnjo Železarne Skopje in z delnim povečanjem kapacitet obstoječih železarn v bodočih 10 letih izdelali preko 2 milijona ton jekla.

Pri tem povečanju kapacitet v jugoslovanskih železarnah pa v količinski meri Železarna Jesenice zaradi svojega položaja in oddaljenega mesta od surovin ne bo mnogo udeležena, pač pa je njena dolžnost, da prevzame na sebe izdelavo kvalitete, ki jih železarne z mehaniziranimi napravami kot Zenica in Skopje ne bodo imele v programu.

Za izdelovanje kvalitete pa je potrebno mnogo študija in znanja in zato pozdravljam zamisel sekcij DIT o izdajanju »Tehnične priloge«, katere prva številka leži pred nami in upamo, da bo ta priloga našla v starejših in izkušenih tovariših, inženirjih in tehnikih mnogo sodelavcev, v mlajših tovariših pa zveste bralce.

Na ta način bomo uspeli izkušnje in znanje prenašati drug na drugega, se izpopolnjevati in dobiti trdno osnovo in gotovost v našem delu za dobro kolektiva Železarne Jesenice.

ING. SASA KVEDER
OTK
DK 669.018

PROIZVODNJA TRANSFORMATORSKE
PLOČEVINE

Razvoj in sedanje stanje v proizvodnji transformatorske pločevine v svetu. Elektromagnetne osnove in rezultati različnih preiskav o vplivih elementov in velikosti kristalnega zrna na elektromagnetne lastnosti pločevine. Stanje v izdelavi transformatorskega jekla v elektro-peči in v tehnologiji predelave jekla v pločevino in termična obdelava.

Uvod

Tehnologija proizvodnje transformatorskega jekla in pločevine je problem, ki ga rešujejo metalurgi že mnogo desetletij. Že na koncu prejšnjega stoletja so preiskovali vpliv silicija na lastnosti jekla in tako ugotovili tudi njegov nenavadno ugoden vpliv na magnetne lastnosti železa. Široka industrijska proizvodnja jekla s silicijem pa se je začela okoli leta 1905 in ti pionirski začetki so zvezani z imeni znanstvenikov Barretta, Browna, Hadfielda, Gumlicha in Yensena. Vzporedno z razvojem teorije o feromagnetizmu je napredovala tudi proizvodnja takih jekel in dosegla danes kvantitetno in kvaliteto izredno višino. Malo je jekel, za

katera bi metalurgi in fiziki izvršili toliko preiskav in razvili toliko teorij kot prav za transformatorsko jeklo in pločevino. Kljub napredku pa še vedo obstaja mnogo problemov in različnih mnenj o vplivih posameznih činiteljev na kvaliteto transformatorske pločevine. Vzrok je v tem, da je izdelava tega jekla in predelava v pločevino izredno komplicirana. Kvalitetna transformatorska pločevina pa je izrednega pomena za elektrogospodarstvo. V ZDA so izračunali, da znaša letna vrednost izgub električne energije v transformatorskih jedrih 100 milijonov dolarjev (leta 1946).

Transformatorska pločevina se do sedaj v FLRJ ni izdelovala, razen manjših poizkusnih količin namenjenih preiskavam. Velik napredek industrije električnih strojev pa nujno zahteva orientacijo v tem pogledu na domačo metalurško proizvodnjo.

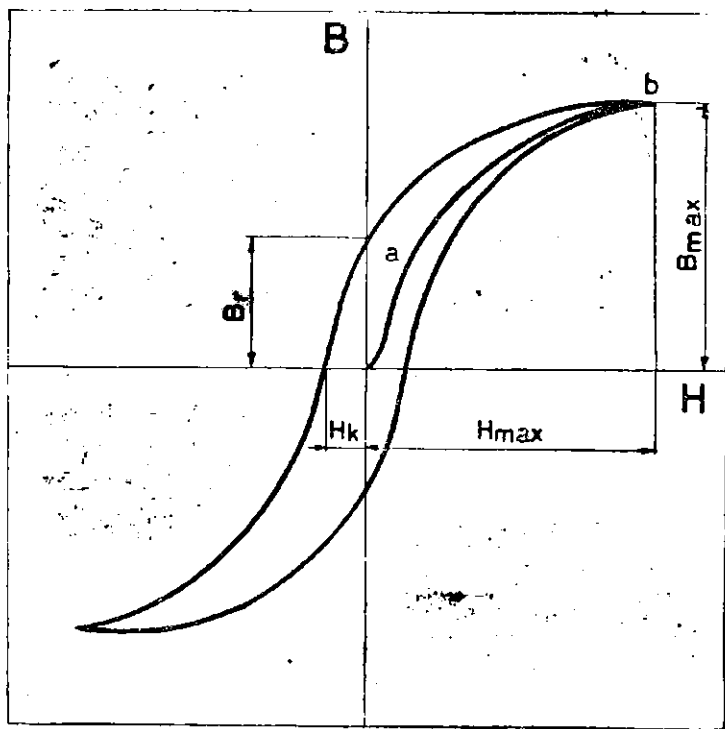
Namen tega članka je opisati vso problematiko, ki se je in se pojavlja v razvoju kvalitete transformatorske pločevine v svetu in prikazati sedanje stanje. Ni si možno predstavljati ne začetka in ne napredka proizvodnje transformatorske pločevine, ne da bi metalurgi in tehnologi, ki so neposredno vezani na to proizvodnjo, temeljito poznali tako osnovno teorijo magnetizma kot tudi vse dosedaj znane činitelje, ki lahko vplivajo na kvaliteto te pločevine. Samo na ta način je tudi možno vse dosedanje izkušnje uspešno prilagoditi našim specifičnim pogojem.

Naš domači standard, s tehničnimi predpisi za vroče valjane magnetske pločevine, je JUS C. K5. 020. Izvleček, ki velja za transformatorsko pločevino, je naslednji:

Oznaka vrste pločevine	Polnilni faktor %	Specifična teža kg/dm³	Število uporabilov minimalno	Vatne izgube W/kg-max.		Minimalna magnetna indukcija B v Wb/m² za jakost polja H v A/m								
				Wb/m² 1.0	Wb/m² 1.5	40	65	100	160	250	400	1000	2000	3000
MT 93	94	7.55	2	0.93	2.40	0.45	0.67	0.86	1.02	1.15	1.25	1.36	1.43	1.55
MT 100				1.00	2.60	0.20	0.41	0.66	0.87	1.05	1.20	1.34	1.43	1.55
MT 110				1.10	2.80	0.20	0.41	0.66	0.87	1.05	1.20	1.34	1.43	1.55
MT 125				1.25	3.10	0.20	0.41	0.66	0.87	1.05	1.20	1.34	1.43	1.55
MT 135				1.35	3.40	0.20	0.41	0.66	0.87	1.05	1.20	1.34	1.43	1.55
MT 145				1.45	3.70	0.20	0.41	0.66	0.87	1.05	1.20	1.34	1.43	1.55

V standardu je poudarjeno, da se ne priporoča uporaba pločevine MT 125, MT 135 in MT 145.

I. Elektromagnetske osnove



Najvažnejše elektromagnetske lastnosti, ki se zahtevajo od transformatorske pločevine, so čim nižje vatne izgube (merjene v W/kg) in čim večja magnetna indukcija pri določeni jakosti polja. Vatne izgube so vsota izgub zaradi histereze in električnih izgub zaradi vrtnčnih tokov.

Histerezna zanka:

Pri prehodu električnega toka skozi tuljavo se v notranjosti tuljave stvori magnetno polje jakosti:

$$H = \frac{I \cdot N}{l} \quad (\text{A/m}) \quad (1)$$

Pri tem je: I — jakost toka

N — ovoji

l — dolžina silnice

Magnetna napetost $V = H \cdot dl$ povzroči magnetni pretok in je gostota magnetnega pretoka ali magnetna indukcija B sorazmerna jakost magnetnega polja:

$$B = \mu \cdot H \quad (\text{Wb/m}^2) \quad (2)$$

je permeabilnost ali magnetna prevodnost snovi. Skupni magnetni pretok pri prerezu tuljave S in konstantni magnetni indukciji je

$$\Phi = B \cdot S \quad (\text{Wb}) \quad (3)$$

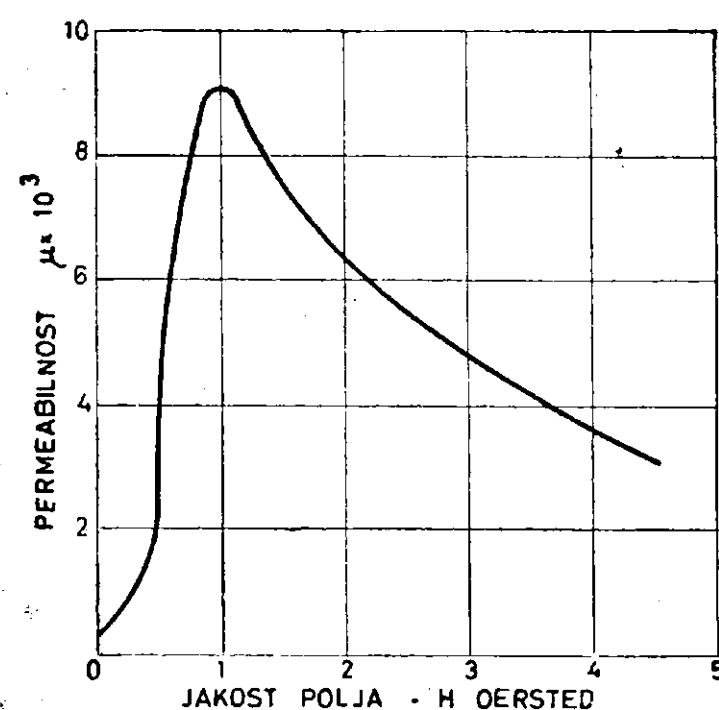
(1) I A/m = 1.256 Oersteda

(2) Wb/m² = 10000 Gaussov

(3) 1 Wb = 1 Vs

Sklenjeno železno jedro se magneti tako, da se večja vzbujalni tok, oziroma jakost magnetnega polja H . Gostota magnetnega polja B narašča po krivulji a (slika 1) do točke b. Tu je pri največjem vzbujanju H_{max} največja gostota magnetnega pretoka B_m . Če se vzbujalni tok manjša, ne pojema gostota magnetnega polja po isti krivulji, temveč po višje ležči. Ko doseže vzbujalni tok vrednost 0, obstoja še vedno neka gostota magnetnega pretoka B_r , ki jo imenujemo gostoto remanentnega ali preostalega magnetizma. Da povsem preneha magnetni pretok, se mora spremeniti smer vzbujalnega toka. Potrebna jakost H_k magnetnega polja v tej točki se imenuje koercitivna sila. Nadaljnje vzbujanje v tej in nato obratni smeri da krivulji, ki tvorita tako imenovano histerezo zanko. Pri pojevanju magnetnega polja se torej ne dobi vrnjene vse energije. Izgube so tem večje, čim večja je ploščina histerezne zanke, oziroma čim širša je zanka. Za zmanjšanje histereznih izgub je torej potrebno izbirati za jedra tuljav (n. pr. transformatorjev) materiale z visoko permeabilnostjo, ki potrebujejo za določeno indukcijo nizko jakost magnetnega polja in imajo s tem tudi nizke vatne izgube. Z rastočo jakostjo magnetnega polja magnetna indukcija ne raste v neskončnost, ampak le do gotove magnetne nasičenosti.

Slika 2 kaže, da tudi permeabilnost raste do določene maksimalne vrednosti, nato pa pade.

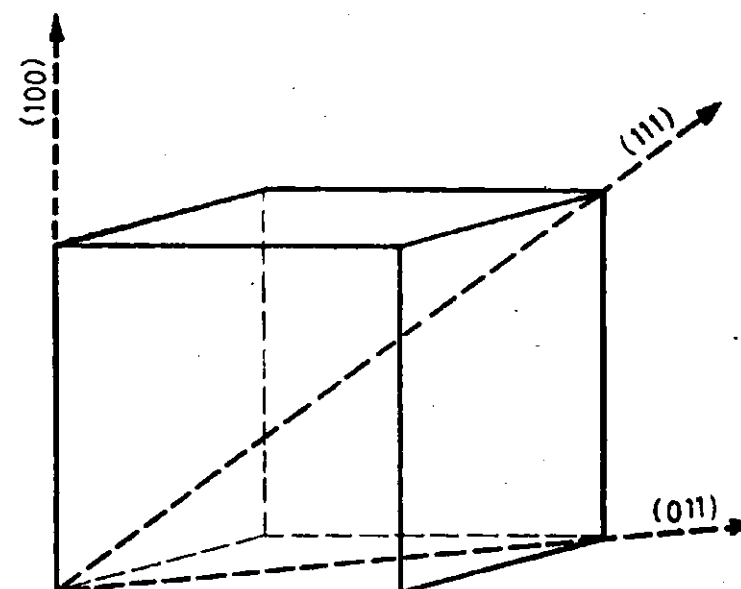


Slika 2

Vrtinčni toki: Magnetno polje inducira v železu napetost, ki po vseh možnih sklenjenih poteh požene toke, tako imenovane vrtinčne toke. Joulska toplota, ki se pri tem razvija, greje jedro. Izgube po vrtinčnih tokih so direktno odvisne od električne prevodnosti jedra in debeline pločevine v jedru. Glede na to je potrebno uporabljati materiale, ki imajo visoko električno upornost in pa obliko tankih lamel.

Ohmska upornost železa je $0,1 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

Magnetna anizotropija: V posameznem kristalu železa in drugih snovi so magnetne vrednosti odvisne od smeri merjenja. V kubični kristalni mreži Fe (in Fe-Si) so glavne smeri: rob kocke (100), prostorska diagonalna (111) in ploskovna diagonalna (011) sl. 3). Razlike v področju začetne permeabilnosti za posamezen kristal silicijevega železa S 3,85 % Si v odvisnosti od indukcije in smeri merjenja kaže sl. 4. Začetna permeabilnost se v danih smereh zadrži kot 6:3:2. Najugodnejša, prednostna smer za magnetiziranje



Slika 3

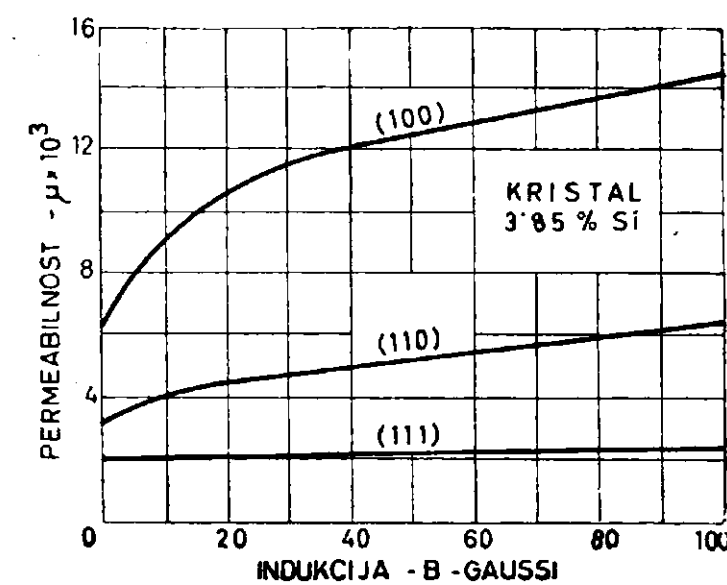
je rob kocke (100). Ker iste odvisnosti obstojajo tudi v večkristalnem stanju, je za tehnični material zelo važna orientacija kristalne mreže. Gradnja kristalne mreže v določeni kristalografski smeri se imenuje tekstura. Z različnimi načini predelave lahko dobimo tudi teksture s prednostno smerjo v smeri valjanja. Taka pločevina pa ima zelo ugodne magnetne lastnosti le v tej smeri, je torej magnetno anizotropna.

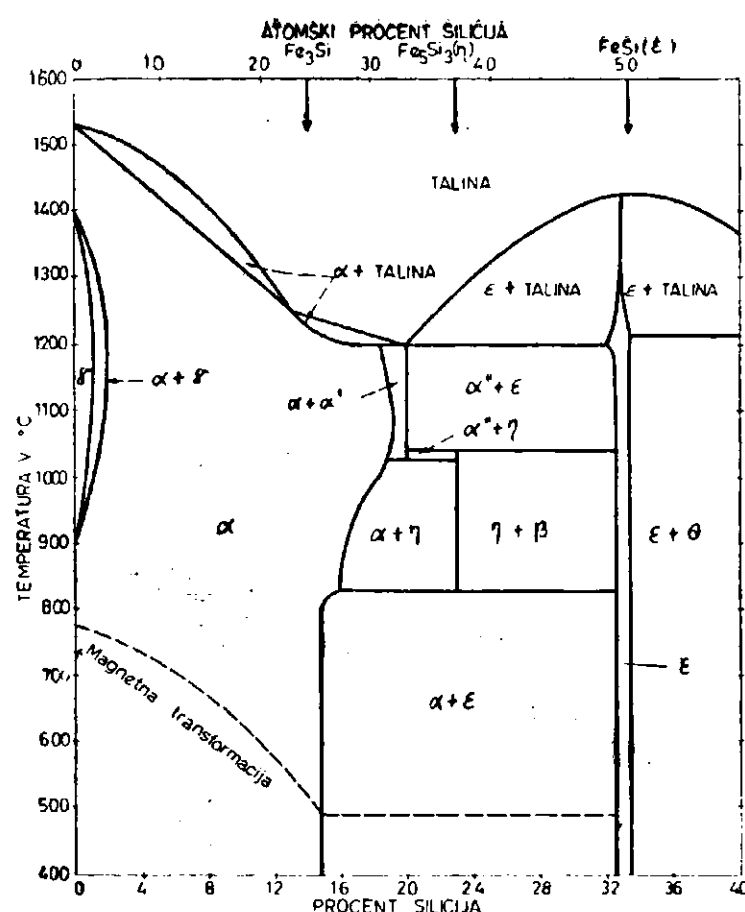
II. Zlitine Fe - Si

Kot je razvidno iz binarnega zlitinskega sistema Fe - Si (sl. 5) je silicij element, ki močno zapira gama-območje. Pri okoli 2,5 % Si je gama-območje že popolnoma zaprto, tako da imajo jekla z večjim procentom Si feritno strukturo od navadne temperature do tališča. Pri višjih procentih Si se pojavijo razne spojine Fe in Si kot Fe_3Si , Fe_5Si_3 in Fe Si. Jekla s tako visokimi procenti Si se pa praktično ne uporabljajo.

Prisotnost ogljika močno spremeni fazna področja v sistemu Fe - Si. Za uporabna področja Fe - Si zlitin je važno, da ogljik zelo razširja gama-območje, torej deluje nasprotno kot silicij. Nekaj stotink procenta ogljika povzroči, da je jeklo popolnoma feritno šele pri 4 do 5 % Si, 0,1 % C pa podobno učinkuje od 7 do 8 % Si.

Slika 4



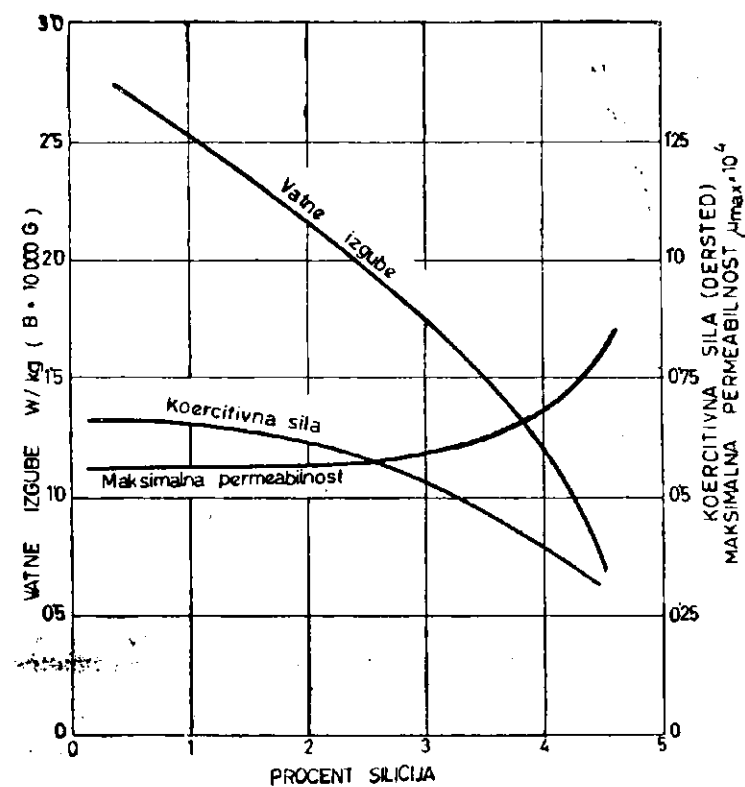


Slika 5

III. Vpliv elementov na kvaliteto transformatorske pločevine

Silicij: Silicij je osnovni dodatni element transformatorskega jekla. Njegov vpliv se kaže v zvišanju permeabilnosti, znižanju histereznih izgub in znižanju izgub zaradi vrtničnih tokov. Nekaj magnetnih lastnosti, trgovskih, vro-

Slika 6



če valjanih pločevin, v odvisnosti od vsebnosti silicija kaže slika 6. Čim več je v jeklu silicija, tem manjše so histerezne izgube, koercitivna sila in s tem tudi vatne izgube.

Kot je že znano, zavise izgube zaradi vrtničnih tokov pri določeni debelini pločevin le od električne upornosti jekla. Silicij pa spada med kovinske elemente, ki električno upornost jekla močno povešajo. Če ima čisto železo električno upornost 0,1 Ohm mm²/m, se ta pri 4% Si poveša že na skoro 0,6 Ohm mm²/m. Električno upornost jekla v odvisnosti vsebnosti silicija prikazuje slika 7.

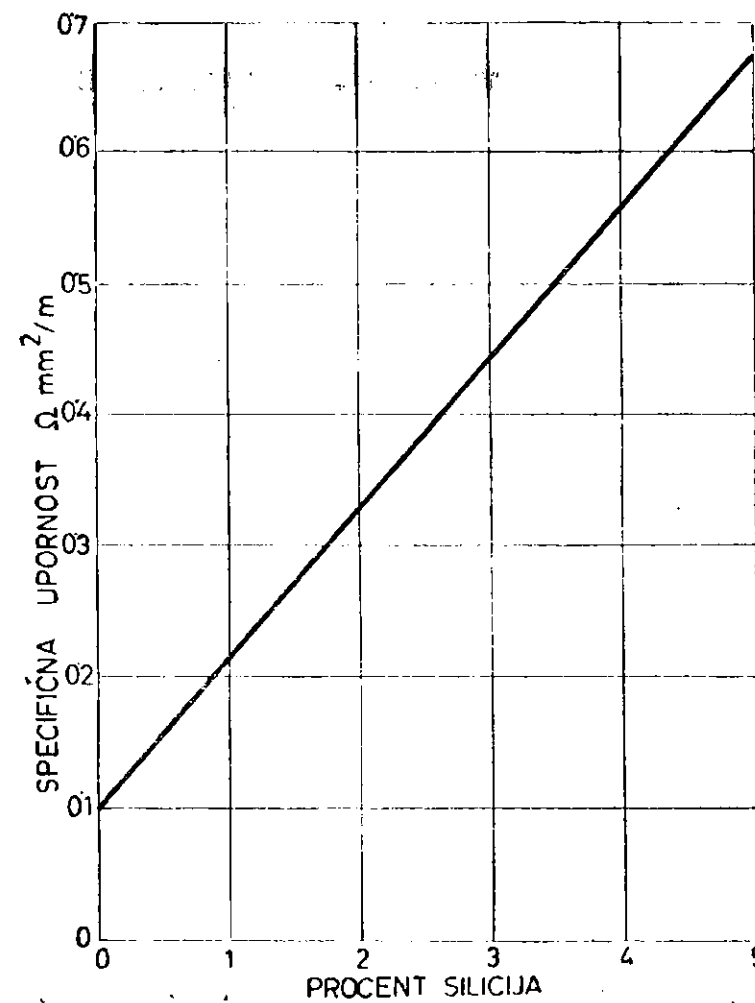
Transformatorska jekla z več kot 4,5% Si pa praktično niso uporabna zaradi naglega poslabšanja mehanskih lastnosti kljub temu, da bi se elektromagnetne lastnosti še izboljšale. Pločevina postane izredno krhka, kar povzroča težave pri izdelavi v transformatorska jedra.

Najbolj običajne vsebnosti Si se gibljejo v mejah od 3,9 do 4,3% za vroče valjano pločevino in v mejah 2,8 do 3,2 za hladno valjano.

Ogljik: Nesporno je dokazano, da ogljik izredno škodljivo vpliva na magnetne lastnosti pločevine. Ogljik more nastopati v transformatorskem jeklu v naslednjih oblikah:

- v trdni raztopini alfa-železa
- kot cementit Fe₃C — najpogostejše nabran po kristalnih mejah
- kot perlit
- kot grafit.

Slika 7

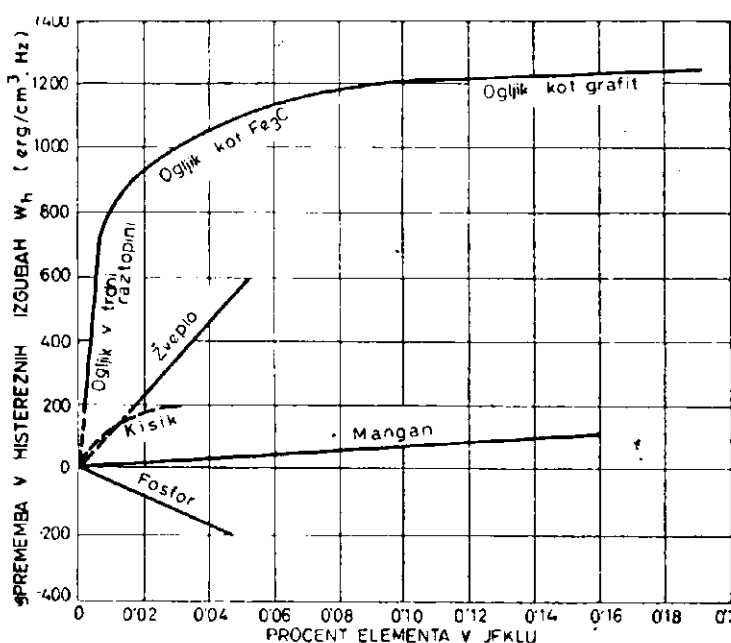


Yensen je že leta 1924 objavil diagram vpliva ogljika na histerezne izgube z ozirom na njegovo količino in obliko nastopanja (sl. 8). Ugotovil je, da najbolj negativno vpliva na histerezne izgube ogljik v trdni raztopini, nekoliko manj kot cementit Fe₃C oziroma perlit, najmanj pa kot grafit. Poznano je močno grafitizacijsko delovanje silicija in mnogo literature navaja, da je bil najden grafit v jeklu z nad 3,5% Si.

Pogoji, pri katerih se ogljik grafitizira, pa še niso povsem poznani. Najpogostejše se smatra, da visoka temperatura žarenja preprečuje grafitizacijo ogljika (H. D. Harry). Poleg tega vpliva na grafitizacijo po istem avtorju tudi difuzija kisika v času žarenja in s tem tvorba Al vključkov, ki nato nastopajo kot grafitizacijske kali.

Perlit se v končni pločevini bolj redko pojavlja, ker se jeklo pri vročem valjanju in termični obdelavi toliko razogličji, da se ne more več tvoriti.

Zelo škodljiv je cementit Fe_3C in to najbolj, če je izločen v plasteh po kristalnih mejah, manj pa, če je koaguliran. Cementit po kristalnih mejah pa poleg tega zelo poslabša tudi mehanske lastnosti pločevine — število upogibov močno pade.



Slika 8

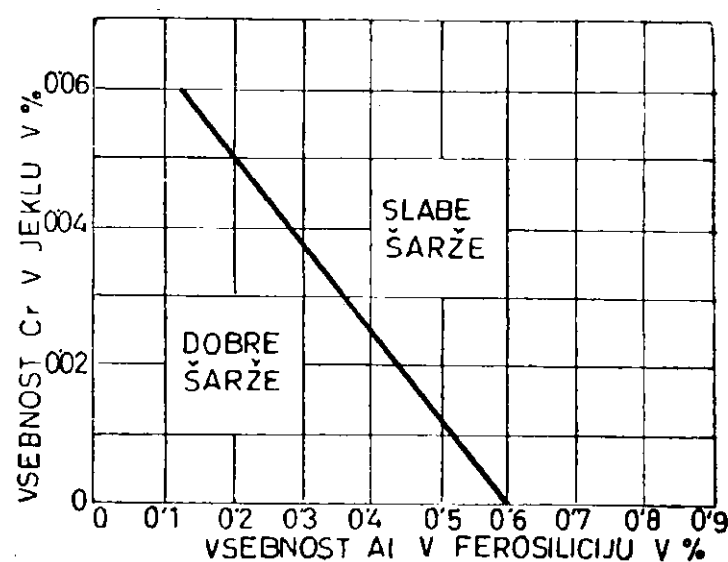
Iz navedenega je razumljivo stremenje k čim večjemu znižanju ogljika v transformatorski pločevini, bodisi v šarži, ali pa v pločevini s primerno termično obdelavo. Tekom vroče predelave in termične obdelave se pločevina močno razogličji. Zaradi tega je bilo še do nedavnega zelo razširjeno mišljenje, da ni potrebno v šarži zniževati ogljika pod 0.06 %. Smatralo se je, da z močnejšim zniževanjem ogljika naraste količina kisika v jeklu, ki je za magnetne lastnosti prav tako škodljiv. Z novimi tehnološkimi postopki pa se je meja za količino ogljika pomaknila močno navzdol in se smatra, da mora biti vsebnost ogljika v šarži pod 0.05 % in čisto se postavlja gornja meja celo 0.03 %. C. Jeklo s tako nizkim procentom ogljika se izdeluje v navadnih obločnih električnih pečeh in je torej zmotno mišljenje, ki še vedno precej prevladuje, da v takih pečeh ni možno toliko zniževati ogljika, vsaj ne brez škode za kvaliteto v drugih ozirih.

Aluminiij: Močno različna mnenja o vplivu aluminiija na magnetne lastnosti transformatorske pločevine gredo v skrajnosti, da nekateri avtorji predlagajo legiranje tega jekla z 0.2 — 0.3 % Al, drugi pa zopet trde, da je škodljiva že sama dezoksidacija z aluminijem ali celo previsoka vsebnost Al v ferosiliciju. Danes že močno prevladuje zadnje mnenje, kar potrjujejo tudi naše preiskave, čeprav tudi prvo mnenje ni brez podlage.

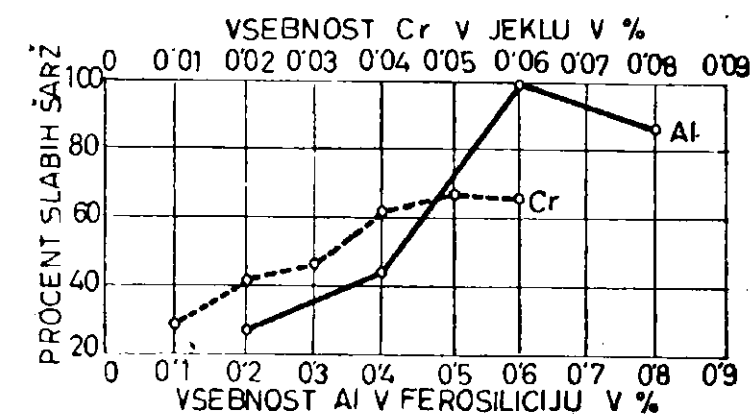
Aluminiij deluje na fazna področja železa (alfa, gama) podobno kot silicij. Smatra se, da je njegov vpliv na magnetne lastnosti tudi podoben silicijevemu, čeprav bistvenih izboljšanj ne pokaže. Poleg tega je tako jeklo zelo občutljivo za termično obdelavo. Kljub temu so se mnogi avtorji navduševali za delno nadomeščanje silicija z aluminijem. Mnogo številnejša in bolj utemeljena so mnenja, da se jeklo ne sme niti legirati, niti dezoksidirati z aluminijem in tudi vsebnost

Al v ferosiliciju naj bo pod 0.5 %. Vzrok temu so vključki Al_2O_3 . Ti nastopajo v jeklu v velikosti, ki niso dosegljive optičnim mikroskopom in zelo negativno vplivajo na magnetne lastnosti. Vključki Al_2O_3 pridejo lahko v jeklo pri dezoksidaciji z Al in ferosilicijem, ali pa se pri termični obdelavi pločevine zaradi difuzije kisika v jeklo prisotni Al oksidira. Prav zaradi tega imajo jekla dezoksidirana z Al zelo ozek temperaturni interval žarenja in žarenje nad 830° C že močno poslabša magnetne lastnosti. V zvezi z vplivom Al je zelo zanimivo delo, ki ga je izvršil O. Hengstenberg (Krupp) na zelo številnih šaržah in ga opisujeta Meyer in Schlüter (Stahl und Eisen 1953). Ugotovljen je bil vpliv Cr v jeklu in Al v ferosiliciju na delež slabih šarž (sl. 9). Na podlagi tega je nastal zaključek, da ferosilicij ne sme vsebovati nad 0.5 % aluminiija. Schrader prav tako poudarja, da se jeklo, ki vsebuje Al, ne sme žariti pri visoki temperaturi, temveč le v območju 790 do 830° C.

Navedena mnenja potrjujejo tudi rezultati preiskav, ki so bile izvedene pred leti v Železarni Jesenice. Šarža transformatorskega jekla E 558 je vsebovala 0.021 % Al (dezoksidirana z Al) in 0.03 % Cr, ferosilicij pa je vseboval 80.6 % Si in 0.73 % Al. Poizkusno žarenje pločevine pri različnih tem-

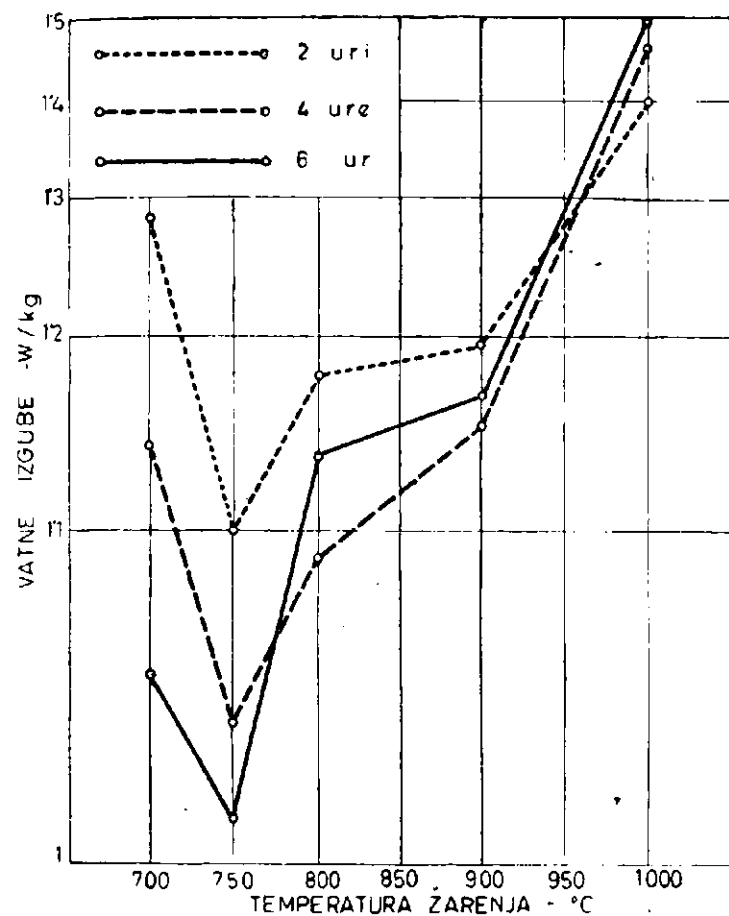


Slika 9



peraturah in različno dolgo je dalo rezultate, prikazane na sliki 10. Razvidno je, da žarenje pri 800° C že malo poslabša vatne izgube, zelo močno pa žarenje nad 800° C. Pri drugi šarži (E 9856) z 0.016 % Al in 0.11 % Cr pa so bile najnižje vatne izgube po žarenju na 800° C in je poslabšanje nastopilo šele z žarenjem pri višji temperaturi.

Glede na vse te ugotovitve o vplivu Al na magnetne lastnosti transformatorske pločevine se lahko zaključi, da naj se za kvalitetnejše pločevine uporablja jekla, ki niso bila legirana ali dezoksidirana z Al in izdelana s kvalitetnim ferosilicijem.



Slika 1 /

Kisik: v jeklu nastopa v obliki vključkov različne sestave in disperzije. Če je bilo jeklo dezoksidirano z Al, so ti vključki siliko-aluminijeve spojine. Mnogo avtorjev objavlja zvezo med količino ogljika in količino kisika v jeklu in poudarja, da pri premočnem zniževanju ogljika narašča kisik v jeklu. Kljub temu pa se danes ogljik znižuje pod 0.05 % C brez nevarnosti za škodljivi kisik. Poleg tega je bilo že opisano, da lahko tvorba oksidnih vključkov nastopi med termično obdelavo s kisikom od zunaj (Al).

Ugotovilo se je, da ima velik vpliv tudi disperzija vključkov.

Škodljivost kisika je nazorno prikazana na sliki 8 (po Yensenu).

Ostale primese: Tudi ostale primese kot so S, Mn, Cu, Cr, Ni, H₂, N₂ so zelo škodljive za magnetne lastnosti pločevine. Mnenje Yensena, da fosfor ni škodljiv, oziroma, da vpliva celo pozitivno, (sl. 8), kasneje ni bilo potrjeno. Pri današnjih talilnih postopkih se posveča posebno skrb znižanju žvepla, fosforja in mangana s posebnimi postopki v peči in v ponovci. V čisti peči in s kvalitetnimi in prežarjenimi dodatki je možno precej znižati tudi vsebnost ostalih primesi in plinov.

(V nadaljevanju: Vpliv velikosti kristalnih zrn, tehnologija izdelave transformatorskega jekla in tehnologija predelave jekla v pločevino.)

MAKS DIMNIK
šef projektivnega oddelka
DK 62.002.2

PROBLEMI PROJEKTIRANJA METALURŠKIH NAPRAV

Pri zreli presoji problema projektiranja strojnih naprav v metalurgiji ne moremo mimo dveh osnovnih in bistvenih ugotovitev:

a) Sama konstruktivna ideja in kasnejša izvedba projekta, oziroma same naprave, mora ustrezati prvenstveni zahtevi metalurškega procesa.

b) V vsakem primeru mora biti naprava ekonomična (vsaj relativno ekonomična) in na sodobni stopnji tehničnega razvoja.

Odgovoriti vsem tem zahtevam z nadaljnjimi tehničnimi zahtevami same strojogradnje pa ravno pri projektiranju metalurških naprav ni lahko, niti vedno uspešno rešljivo. Sami metalurški procesi v raznih fazah in detajlih so zelo zamotani in zahtevni, točneje rečeno — zelo raznoliki po svojem odvijanju in tako mnogokrat predstavljajo za projektanta izredno težko rešljiv problem.

Sestavljanje osnovne zahteve oziroma programa za izdelavo tehnične dokumentacije pri projektiranju metalurških naprav mora poleg običajnih podatkov o kapacitetah, obremenitvah in glavni obliki gradnje z grobo lokacijo, vsebovati oziroma biti dopolnjeno še z mnogimi dodatnimi podatki, kot n. pr.: stopnja istočasnosti obremenitve, maksimalne in minimalne obremenitve, frekvenca obremenitve, udarci in nihanje, možne predvidene maksimalne obremenitve, vpliv temperature, plinov i. dr. Ti dodatni podatki so ravno pri projektiranju metalurških naprav izredno važni ter je v tem pogledu ravno znanje, sposobnost in razgledanost projektanta konstrukterja odločilnega pomena za pravilno upoštevanje le-teh pri dokončni obliki projekta in objekta.

Navajam v naslednjem samo nekaj praktičnih življenjskih primerov takih nepredvidenih primerov in obremenitev: gretje plašča plavža pri že izrabljeni šamotni oblogi, obremenitev konstrukcije plavža pri eksplozijah v peči, proboji tekočega jekla skozi dno SM peči, eksplozije v komorah SM peči, spiralni zlomi valjev v valjenih ogrodjih, preobremenitev žerjavov v času velikih remontov, vpliv vročih plinov in kislinjskih hlapov na železne konstrukcije hal itd.

Navedeni podatki nam kažejo, da se je treba pri projektiranju metalurških naprav ozirati poleg običajnih zahtev še na izredne zahteve, katere postavljajo sami metalurški procesi oziroma še bolj izredne okoliščine, pod katerimi se odvijajo.

Pri projektiranju metalurških naprav se je potrebno ozirati na naslednje:

a) strojne naprave v metalurgiji (tu so mišljene gradbene, strojne in elektro naprave) morajo ustrezati količinski in kvalitetni kapaciteti pri čim večji produktivnosti dela;

b) ekonomičnost naprave mora biti v vsakem primeru osnovna zahteva, ker le ekonomsko grajene in rentabilno delujoče naprave prinašajo končno korist;

c) do potankosti morajo biti ostvarjene zahteve po največji zanesljivosti obratovanja — oziroma morajo biti predvidene paralelno delujoče naprave, katere se lahko kratkotrajno vključijo v proces (rezervne vodne črpalke, rezervni pogonski stroji, varovani pogoni z varovalnimi čepi, zavarovanje električnih naprav z medsebojnim varovanjem itd.);

d) v vsaki napravi mora biti dosežena največja varnost za osebe in okolico. Vse zahteve higiensko-tehnične zaščite morajo biti izpolnjene ter se je tu treba ozirati na vse do sedaj znane tehnične dosežke;

e) pri vseh teh specialnih pogojih in zahtevah se mora pri projektiranju težiti k standardizaciji delov in s tem zmanjšanju stroškov vzdrževanja in rezerve.

Ce razčlenimo zgoraj navedene zahteve s stališča projektanta, dobimo, da je za uspešno projektiranje naprav v metalurgiji kot tudi za vsako večjo predelavo potrebno:

a) najtesnejše sodelovanje projektanta za tehnološki proces ali fazo procesa (običajno grupni vodja obrata ali obratovodja, večasi asistent, mojster ali delavec na delovnem mestu) s projektantom naprave. Kolikor se to ne ostvari, mora razpolagati projektant z visokim znanjem in prakso različnih metalurških primerov ter poleg tega poznati vse možne in že izvedene rešitve. Postavljanje pravičnih programskih zahtev s strani naročnika je pred-

pogoj, da se lahko pristopi k problemu in izdela odgovarjajočo pravilno ekonomsko analizo;

b) potrebno je precej izkušenj in razgledanosti, če hoče konstruktor-projektant upoštevati istočasno vse normalne in izredne zahteve in da pri tem vendar ohrani gotovo ekonomičnost konstrukcije, bolje rečeno, ugodno razmerje delov naprave med seboj;

c) ekonomsko gledano, mora vsaka naprava pokazati svoj značaj po naprej določenem programu — ali je naprava cenena, s tem majhna vrednost investicij (začasni objekti), ali visoko ekonomsko efektna in draga v izgradnji, pa pozneje rentabilna v obratovanju.

Znano je, da so metalurške naprave v glavnem relativno velikih kapacitet (v tehnološkem procesu se predeluje velike količine materiala z veliko nominalno vrednostjo) ter je tako v osnovi jasno, da velja za večino naprav pogoj ekonomične izrabe materiala. Stroški za material, ki se v metalurških napravah predeluje in obdeluje, predstavljajo absolutno največji del celotnih stroškov ter je zaradi tega postavljena pred projektanta osnovna zahteva, da izbere take naprave, katere so v tem pogledu najekonomičnejše, n. pr.: mehaniziran transport materialov, izkoriščanje toplote enkrat segretega materiala, povečanje izplenov itd.

Ce sestavimo pregled udeležbe posamezne vrste stroškov v skupni lastni ceni, n. pr. za valjanje profilov, dobimo

stroški vložka	83 %
stroški segrevanja vložka	5,5 %
stroški energije za valjanje	2,5 %
stroški vzdrževanja naprav	2,5 %
stroški za velika popravila — zamenjave	2 %
stroški za plače	1,5 %
stroški upravne režije	3 %

Podoben pregled v drugih obratih metalurgije nam pokaže podobno sliko in s tem tudi kažipot projektantu-konstruktorju, da lahko oceni ekonomičnost naprave in pa, kateri stroški so prvorazrednega in kateri vzporednega značaja. Ta pregled nam pove, da predstavljajo materialni stroški v metalurgiji največji del celokupnih stroškov ter, da je s tem ponovno potrjena že zgoraj navedena zahteva o najrentabilnejšem izkoriščanju materiala, izplenov in delovne sile, katera vodi proces.

Kot nadaljnje je važno vprašanje projektiranja glede na možnosti in višino zahtevanih investicij, ker se stroški obratnih sredstev in anuitet v precej visoki meri pojavljajo v pregledu lastne cene.

Pri iskanju najboljše rešitve projektantskega problema pa se ne sme prezreti tudi višina obratovalnih stroškov naprave v poznejšem izkoriščanju. V tem pogledu mora projektant naprave imeti odločilen vpliv ter mora iz obilice že znanih rešitev in izvedb najti najbolj ugodno ter jo prilagoditi vsem specifičnim dodatnim zahtevam. Vrednost dobre zamisli in izvedbe naprave se pokaže v vseh strokovnih grupah ter se v tem pogledu ne sme zanemarjati niti najmanjša možnost izboljšanja. Pri ekonomski analizi projektantske naloge je treba upoštevati vse pozitivne in tudi negativne vrednosti, vzete v direktnih ali indirektnih vplivnih vrednostih s tem, da se analiza ekonomičnosti izdela po že naprej ugotovljenih načelnih principih. Ti principi in namere lahko pod različnimi okolnostmi odstopajo, oziroma se spreminjajo (n. pr.: vpliv konkurenčnosti, načelni razvoj podjetij).

Projektiranje metalurških naprav ni enostaven in lahek posel ter se ne da obravnavati brez dolgoletnih praktičnih izkušenj v obratovanju s podobnimi napravami. Vodilne projektantske organizacije (n. pr.: SACK, DEMAG, WAGNER, BIRO, BRASSERT, ICH, SIEMAG, SCHLOEMANN, MAERZ in drugi) imajo dolgoletne izkušnje z nešteti uspešnimi in tudi neuspešnimi izvedbami, iz katerih pa so s strokovno analizo izluščile vse važne dopolnitve in podatke za delo na prihodnjih projektih. Samo tako sistematsko delo, ki povezuje teorijo in praktične izkušnje obratovanja v celoto, lahko prinese dober končni rezultat.

Naša naloga v bodoče mora biti v tem, da z izkoriščanjem vseh, v literaturi objavljenih rezultatov kot tudi z zbiranjem vseh mogočih podatkov in izkušenj v naših obratih z našimi in tujimi metalurškimi napravami dobimo pregledno sliko in napotek za bodoče konstruktivne rešitve. To delo je pa zelo obširno in bo zahtevalo sodelovanje ljudi iz produkcije in projektantov vseh strok.

MIRO NOČ

asistent — valjarna 2400

DK 621 — 76

VLOGA VARNOSTNIH PODSTAVKOV V VALJCENEM OGRODJU

Zlomi valjev pri valjanju profilov in pločevine nastopajo kot reden pojav v procesu valjanja. Če zanemarimo vse posredne vplive, ki prispevajo svoj delež k zlomu valjev (excentrično vgrajeni valji, razpokani, podvrženi neenakomernemu pregretju, izrabljeni itd.) ugotovimo, da je prevelik pritisk glavni vzrok za zlom.

Prevelik pritisk valjanja je lahko dvojnega izvora:

1. zaradi nedovoljno pregretega jekla;
2. zaradi prevelike stopnje predelave, to je zaradi prevelikega nastavnega pritiska.

Pri valjanju ni moč zagotoviti take pogoje, da bi bili vsi posredni in neposredni vzroki za zlom valja v celoti odpravljeni. Zato ne, ker je proizvodnja v naših valjarnah v vseh svojih fazah v veliki meri odvisna od čisto subjektivnih činiteljev, to je ljudi, ki so z vsemi svojimi napakami in pomanjkljivostmi zaenkrat v proizvodnji še nenadomestljivi.

Ta ugotovitev je osnovni razlog za vgrajevanje varnostnih elementov med ležajne vstavke valjev in tlačna vretena. S tem je tudi že definirana njihova vloga.

Varnostni element, ki mu v valjarništvu pravimo tudi varnostni podstavek, ima nalogo, da se v kritičnem primeru previsokega pritiska zdrobi, odlomi, pretrga in tako odstopi del svojega prostora ležajnim vstavkom z vgrajenimi valji. Pritisk valjanja v hipu pade na minimum.

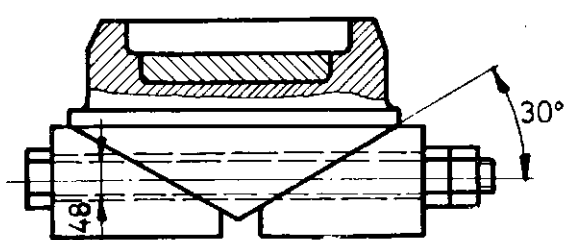
Delovni valji in ostali pogonski elementi so s tem trenutkom obvarovani neizogibnih zlomov.

Statistika zlomov valjev in zlomov varnostnih podstavkov v valjarni debele pločevine kaže, da se na osem zlomov valjev zdrobita ali odtrgata dva varnostna podstavka. Če predpostavimo, da je zdrobitev varnostnega podstavka preprečila zlom valja, potem lahko zaključimo, da le ti samo v 20 % primerov odigrajo svojo vlogo, v 80 % pa pride do zlomov.

Nadaljnja razprava naj prispeva k izpopolnitvi varnostnih podstavkov do take mere, da bodo v 80 % odigrali vlogo varnostnega elementa in bo samo v 20 % primerov prišlo do zlomov.

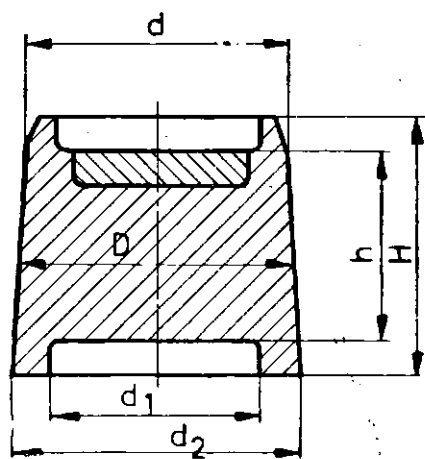
V naših valjarnah uporabljamo dve vrsti varnostnih podstavkov:

- a) klinasti (sl. 1), pri katerem je varovalni element spojni vijak, ki se mora pri določenem pritisku pretrgati (ta pritisk je za delovne voje maksimalni dopusten).



Slika 1

- b) valjasti (sl. 2) iz sive litine vgrajen po principu na straneh podprtega nosilca, ki se pri kritičnem pritisku, ki deluje na varnostni podstavek kot kombinirana upogibna in tlačna obremenitev — zdrobi.



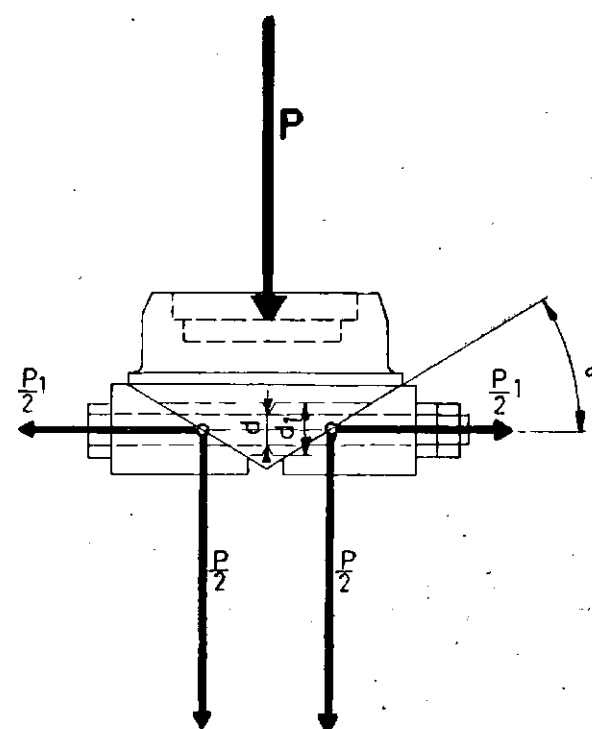
Slika 2

Naslednji izračun prikazuje tlačni pritisk na klinasti varnostni podstavek, ko se le-ta pretrga.

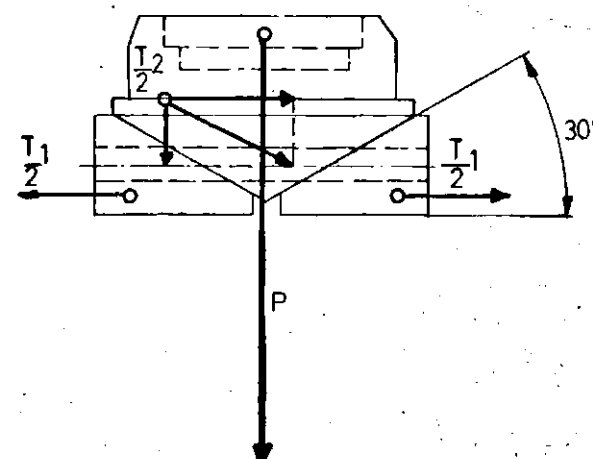
Izračun izhaja na osnovi pretrganja vijakov po kritičnem pritisku.

Netočnosti vseh predpostavk v toku izračuna zmanjšuje laboratorijsko preizkušen material varovalnega elementa to je zveznih vijakov zrušilne trdnosti 65 kg/mm².

Glej sliko 3 in 4.



Slika 3



Slika 4

P — pritisk tlačnega vretena

P₁ — natezna sila v zveznih vijakih

T₁ — sila trenja na spodnji ploskvi

T₂ — sila trenja na naklonskih ploskvah aplicirana v vodoravno smer

α — kot nagibnih ploskev — 30°

ctg α — 1,73

f — faktor trenja = 0,15

d — 48 mm

σ_b — 6500 kg/cm²

$$\begin{aligned}
P &= P_1 \operatorname{ctg} \alpha + T_1 \operatorname{ctg} \alpha + T_2 \operatorname{ctg} \alpha \\
T_1 &= P \cdot f \\
T_2 &= \frac{P \cdot f \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha} = P \cdot f \\
P &= P_1 \operatorname{ctg} \alpha + P \cdot f \operatorname{ctg} \alpha + P \cdot f \operatorname{ctg} \alpha \\
P &= 2 P f \operatorname{ctg} \alpha = P_1 \operatorname{ctg} \alpha \\
P (1 - 2 f \operatorname{ctg} \alpha) &= P_1 \operatorname{ctg} \alpha
\end{aligned}$$

Izraza za T_1 in T_2 dajeta velikost sile trenja v smeri natezne sile v vijaku.

$$P = P_1 \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{1 - 2 f \operatorname{ctg} \alpha}$$

$$P = 234.000 \frac{1,73}{1 - 0,519} = 842.400$$

$$P = 842.000 \text{ kg}$$

$$P_1 = F \cdot \sigma \cdot b = 2\pi \frac{d^2}{4} \sigma \cdot b$$

$$P_1 = 36 \times 6500 = 234.000 \text{ kg}$$

$$P_1 = 234.000 \text{ kg}$$

V primeru zloma klinastega varnostnega podstavka je morala nanj delovati tlačna sila 842.000 kg. Iz izračuna sledi ugotovitev:

Za porušenje elementov klinastega varnostnega podstavka je potrebna obremenitev 842.000 kg.

Ker pa se delovni valj zlomi prej, je to znak, da predstavlja valj z vsemi svojimi notranjimi napakami, površinskimi razpokami, v neenakomerno pregretem stanju, šibkejši element od varnostnega podstavka.

Jasno je, da je treba dimenzionalni odnos varnostnega podstavka spremeniti tako, da v resnici prevzame vlogo najšibkejšega elementa v valjčnem ogrodju.

Dimenzionalna korigacija je edino uspešna s poskusnim postopnim slabljenjem nosilnih elementov varnostnih podstavkov.

A. Empirično določanje dimenzij za klinasti varnostni podstavek (sl. 1)

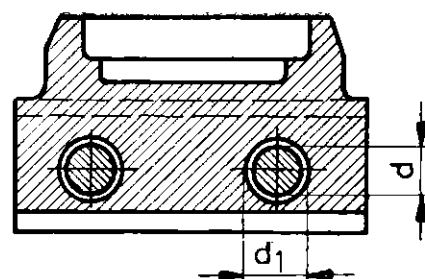
Odpornost podstavka proti porušitvi se lahko spreminja s spreminjanjem naklonskega kota ali s spreminjanjem premera zveznih vijakov d (gl. sl. 3).

Odločim se za spreminjanje premera vijakov, ker je enostavnejše in mnogo ceneje.

Za načrtne poizkuse so potrebni naslednji izpolnjeni pogoji:

1. varnostni podstavek mora biti na drsnih ploskvah fino obdelan in mazan;
2. vgrajen v valjčno stojalo mora imeti možnost razmika v primeru zloma;
3. odprtina za zvezne vijake d_1 (gl. sl. 3 in 5), mora biti dovolj velika ($d + 20 \text{ mm}$), da pri dresanju elementov podstavka ne pride do upogibne in strižne obremenitve zveznih vijakov.

V trenutku pretrganja morata biti vijaka obremenjena na čisti nateg.



Slika 5

4. vijaki morajo biti za vsaj 4-kratno izmenjavo izdelani vnaprej iz iste jeklene palice, za katero je laboratorijsko ugotovljena natezna trdnost in elastični raztezek.

Pod temi pogoji vgrajen podstavek se menja z vijaki istega premera, če pride do porušanja podstavka. V primeru zloma valja, varnostni podstavek pa ostane cel, je potrebno vgraditi za 1 mm tanjše vijake. S postopnim vgrajevanjem šibkejših vijakov bomo dosegli, da bo varnostni podstavek večkrat porušen, nasprotno pa bomo večali razdobje med zlomi valjev. To pa je pravzaprav bil naš namen.

Naš cilj je dosežen, ko se varnostni podstavek poruši dvakrat na 6 delovnih dni. Večje slabljenje zveznih vijakov bi povzročilo prepogoste zrušitve in menjave podstavkov, kar bi neugodno vplivalo na proizvodnjo.

Dimenzije teh vijakov lahko smatramo za normalne.

Pri naročanju in izdelavi novih vijakov z ugotovljenim premerom je treba določiti natezno trdnost jekla. Vsako odstopanje od trdnosti s preizkusom določenega vijaka se upošteva pri primeru, da dobimo vijak takega preseka, ki se bo zrušil pri enaki obremenitvi kot vijak določen s poizkusom (če bo novi material večje trdnosti, se proporcionalno zmanjša premer in obratno).

B. Empirično določanje dimenzij za valjasti varnostni podstavek (sl. 2)

Odpornost valjastega varnostnega podstavka se lahko spreminja z manjšanjem ali večanjem premerov d in d_2 ali s spreminjanjem velikosti višine h .

Ker so premeri določeni že s premerom tlačnega vretena, se odločimo za spreminjanje višine h .

Za načrtna in uspešna poizkusna določanja so potrebni naslednji pogoji:

1. odliiti varnostne podstavke iz ene šarže jekla;
2. obdelati valjaste podstavke po načrtu vse enako, s postopno manjšo višino h ;
3. pripraviti več podstavkov ene višine (zato ker se v primeru zdrobitve podstavka menja podstavek z isto višino);
4. določiti zrušilno trdnost in zagotoviti homogenost vlitih podstavkov.

V primeru zloma, oziroma zdrobitve valjastega varnostnega podstavka, ga zamenjamo s popolnoma

enakim. Ob prvem zlomu valja pa ga zamenjamo (seveda je ob zlomu valja ostal podstavek cel) z novim, ki ima za 5 mm zmanjšano višino h .

To postopno zmanjševanje višine po 5 mm vodimo toliko časa, da se valjasti podstavek zdrobi povprečno enkrat na 6 dni obratovanja. S tem smo dosegli daljše razdobje med zlomi delovnih valjev in določili nominalno višino na valjaste varnostne podstavke, ki jih bomo uporabljali kot najekonomičnejše.

Poizkusno določanje nominalnih dimenzij za varnostne podstavke moramo izvajati v obeh stojalnih valjčnega ogrodja istočasno. Naj nas ne moti, če pride do porušitve varnostnega podstavka samo v enem stojalu. Sile pri valjanju se nikoli ne porazdele simetrično na obe stojali.

V razdobju enega leta se lahko z neprekinjenimi poizkusnimi menjavami ob vodenju statističnega dnevnika za vsako valjčno ogrodje določi najugodnejše dimenzije varnostnih podstavkov.

Pravilno nominalno dimenzionirani varnostni podstavki podaljšujejo življenjsko dobo delovnih valjev, ki predstavljajo veliko režijsko vrednost in posredno prispevajo k pocenitvi naših valjanih izdelkov.

FRANC SELJAK

Energijski oddelék DK 621.34

WARD-LEONARDOV SISTEM ZA POGON VALJARN

a) Splošno o pogonu valjarne

Bloki jekla — ingoti, brame — se iz jeklarn transportirajo v valjarne, kjer jih ogrejejo na temperaturo valjanja. Nato te bloke valjajo v končne izdelke (profile, cevi, pločevina itd.) ali v polizdelke (gredice, platine, šturce).

Za valjanje enakih, ali različnih produktov obstajajo različna ogrodja. N. pr. ogrodje, ki ima dva valja — duo ogrodje, trio ogrodje je sestavljeno iz treh valjev, kvarto ogrodje ima štiri valje, posebna ogrodja za valjanje cevi, bandaž itd. Z ozirom na smer vrtenja valjev grupiramo ogrodja v dve skupini:

1. skupina: valji se vrte vedno v isto smer (nereverzirna ogrodja);

2. skupina: reverzirna ogrodja — valji spreminjajo smer vrtenja. Reverzirna ogrodja imajo vedno parno število valjev — to so duo-kvarto.

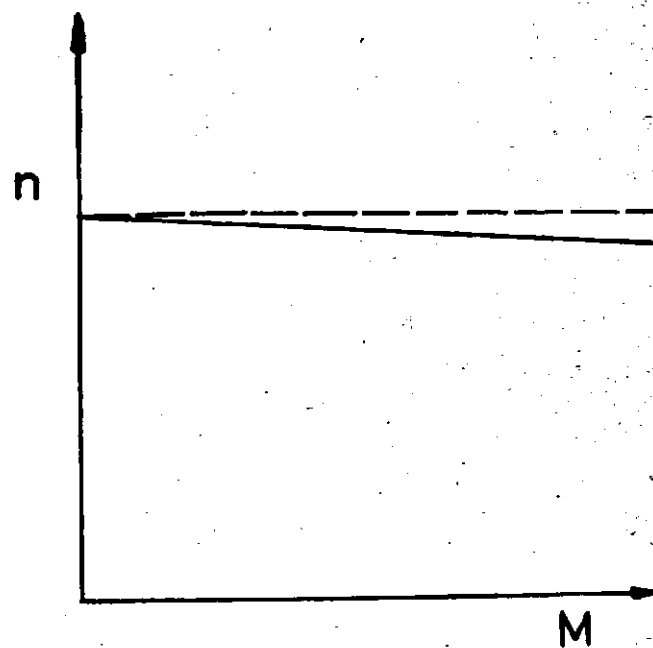
Primer nereverzirnega ogrodja je trio, ki ima tri valje. Na tem ogrodju se izvede prvi vtik med spodnjim in srednjim valjem, naslednji med srednjim in zgornjim valjem — to se ponavlja, dokler ni blok izvaljan na želeno dimenzijo.

Vrteči se deli, pri reverzirnih ogrodjih, morajo imeti čim manjše mase, da so izgube zaradi vztrajnosti pri spremembi smeri vrtenja manjše in da se reverziranje hitreje izvede. Nasprotno pa se pri nereverzirnih ogrodjih zahtevajo čim večje mase in se te še povečujejo z vztrajnikom, ki pri valjanju nastopajoče sunke ublaži (¹).

Valjčna ogrodja zahtevajo različno število vrtljajev valjev, ki jih narekuje profil valjanega materiala, torej vrtljaji valjev morajo ustrezati delovnemu procesu. Pri večjih hitrostih valjanja, kot so normalne za določen profil, se material kviri, ker ne vstopa v vogale kalibra na valjih. Zmanjšanje hitrosti pa povzroči padec proizvodnje in prehitro ohladitev materiala ter s tem večje energijske izgube. Ohladitev nastopa tem hitreje, čim manjši je profil, zato se mora z zmanjšanjem profila povečati hitrost valjanja. Valjarniška ogrodja zahtevajo regulacijo vrtljajev od 2:1 do 5:1 in tudi več.

b) Regulacija vrtljajev

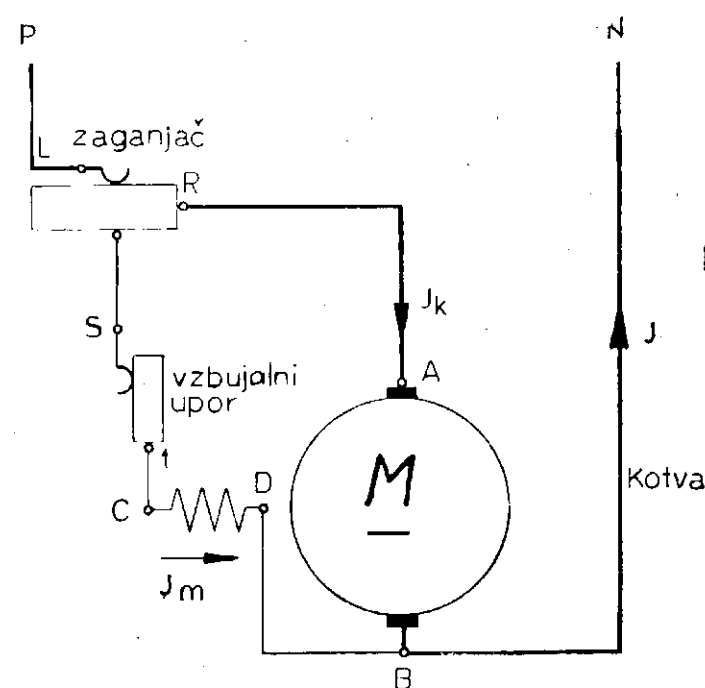
Za regulacijo vrtljajev izmenični trofazni stroji, s svojimi togimi vrtljaji, odpovedo. Najbolj primerni so se izkazali enosmerni stranskostični motorji s široko možnostjo regulacije vrtljajev. Prednost stranskostičnih motorjev je tudi konstantnost nastavljenih vrtljajev. Krivulja na sl. 1 prikazuje, da so vrtljaji n stranskostičnega motorja le malo odvisni od obremenitve, oziroma momenta M .



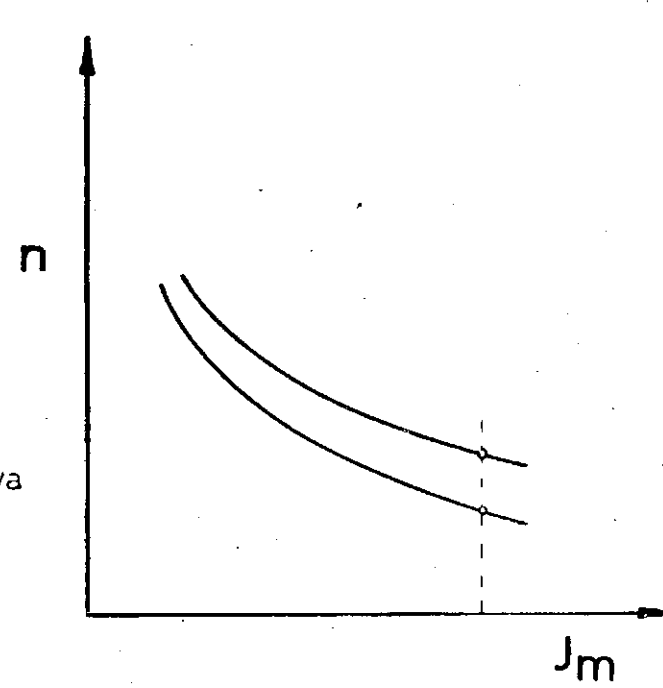
Slika 1
Vrtljaji: stranskostičnega motorja so konstantni

Pri večjih strojih nad 50 kW padejo vrtljaji pri nazivni obremenitvi le do 1 %. Regulacija vrtljajev enosmernih motorjev pa je možna s spreminjanjem pritiskljene napetosti na kotvi ali pa s spreminjanjem vzbujalnega toka. Motor namreč zavzame vedno take vrtljaje, da vzpostavi napetostno ravnotežje med pritiskljeno napetostjo in napetostmi, ki se tej upirajo. Te pa so v kotvi inducirana napetost E in uporna napetost $I_k \times R_k$. Enačba napetostnega ravnotežja za enosmerni motor se glasi:

$$U = E + I_k \times R_k$$



Slika 2
Stranskočistični motor



Slika 3
Vrtljaji z večanjem vzbujanja padajo

Inducirana napetost pa zavisi od števila vrtljajev n in magnetnega pretoka Φ .

$$E = k \times n \times \Phi$$

torej

$$U = k \times n \times \Phi + I_R \times R_R$$

Člen $I_R \times R_R$ je zaradi majhnega upora kotve malenkosten ter ga zanemarimo. Iz prvega člena pa dobimo, da so vrtljaji:

$$n = \frac{U}{k \times \Phi}$$

Torej, kakor je bilo že omenjeno, se regulacija vrtljajev lahko izvede s spreminjanjem magnetnega pretoka ali pa s spreminjanjem napetosti.

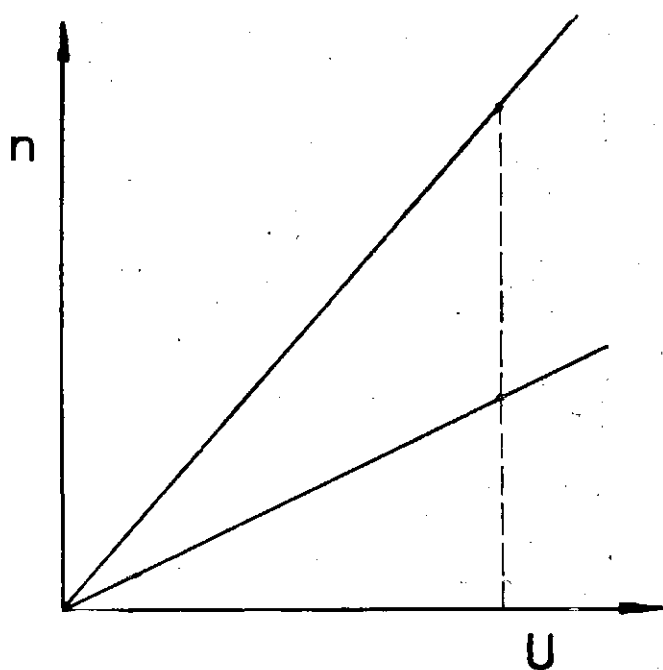
Regulacija vrtljajev z magnetnim pretokom se izvede z vzbujalnim uporom, s katerim spreminjamo magnetilni tok in s tem tudi magnetni pretok. Slika 3 prikazuje krivuljo spreminjanja vrtljajev v odvisnosti od vzbujalnega toka.

Zgornja krivulja velja za višjo napetost kotve, spodnja pa za nižjo. Regulacija je možna samo v območju levo od črtkane črte, ker vzbujalnega toka ne moremo poljubno zvišati, saj je omejen z uporom vzbujalnega navitja. S spreminjanjem kotvine napetosti pa dosežemo spreminjanje vrtljajev po sliki 4.

Vrtljaji rastejo sorazmerno z napetostjo. Zgornja krivulja ustreza manjšemu vzbujanju in obratno spodnja večjemu. Iz obeh krivulj je razvidno, da široko območje regulacije vrtljajev ni dosegljivo samo s spreminjanjem vzbujanja, temveč je potrebno spreminjati tudi kotvino napetost. Najenostavnejše

spreminjanje kotvine napetosti s primerno odmerjenim zaganjačem ima nevšečne posledice. Te so: zmanjšana konstantnost vrtljajev, ki bodo ob povišanju obremenitve zelo padli in nedopustno visoke energijske izgube v zagonskem uporu; saj se ob zni-

Slika 4
Z višanjem napetosti vrtljaji rastejo

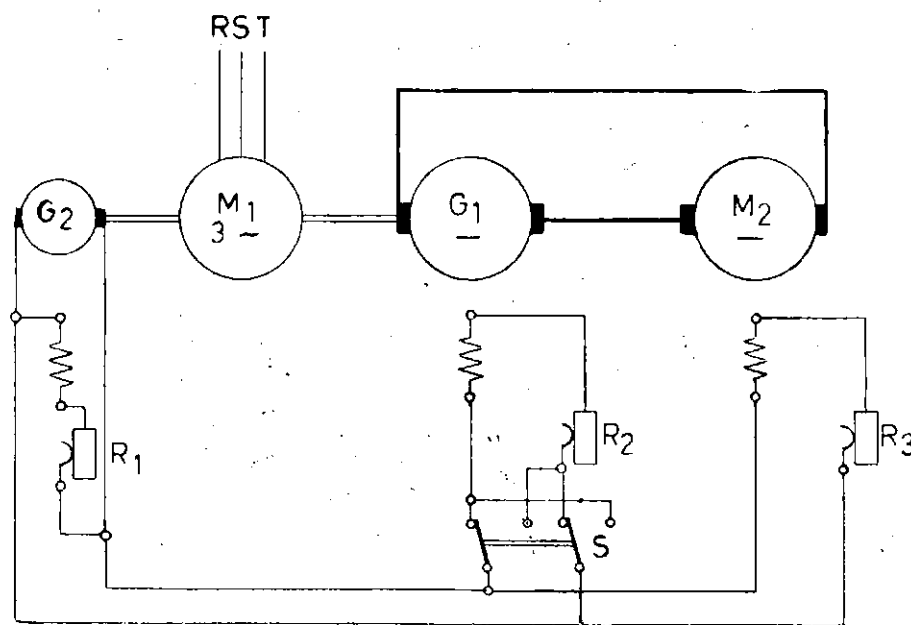


žanju vrtljajev na polovico zniža napetost v zagon-skem uporu za polovico in uniči tudi polovico dela. Napetost motorja pa se lahko spreminja s posebnim enosmernim generatorjem, v posebnem stiku, ki se imenuje Ward-Leonardov sistem. V naslednjem po-glavju si bomo ta stik ogledali in ga na kratko ime-novali Leonardov sistem.

c) Leonardov sistem

V tovarnah je na razpolago samo trifazni tok frekvence 50 Hz in je za napajanje enosmernih mo-torjev potrebno uporabiti pretvornike. Če na genera-tor pretvornika vezemo enosmerni motor, dobimo Leonardov stik, ki omogoča zvezno regulacijo vrt-ljajev v mejah 1 : 10 in še več, brez znatnih energij-skih izgub. Regulacija vrtljajev enosmernih strojev je možna še na druge načine. Od teh pride za pogon valjčnih ogrodič v poštrev le napajanje s krmiljenimi usmerniki, ki se v novejših pogonih vse bolj uveljav-ljajo. Leonardov sistem oziroma grupa (slika 5) se sestoji iz enosmernega generatorja G_1 , ki ga poganja trifazni sinhronski ali asinhronski motor M_1 napa-jan iz splošnega tovarniškega omrežja.

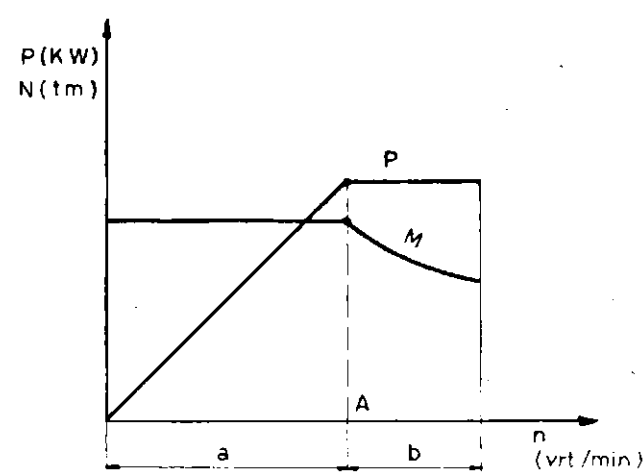
s to napetostjo, temveč se postavi poseben vzbujalec za vzbujanje generatorja in motorja. Pri manjših napravah se vzbujalec postavlja na os Leonardovega pretvornika, pri večjih pa se postavlja ločeno v po-sebno vzbujačo grupo. Zagonski upor za enosmerni motor ni potreben, saj zagon opravljamo z višanjem napetosti na generatorju G_1 . S tem odpadejo izgube pri zagonu, ki so sicer za en zagon malenkostne, pri mnogih zagonih pa znatne. Posebni vzbujalec G_2 omogoča vzbujanje motorja M_2 in generatorja G_1 ločeno ter s tem široko regulacijo vrtljajev. Spre-minjanje vzbujanja generatorja z uporom R_2 spre-minja generatorjevo napetost in s tem napetost, ki je pritisnjena na sponke motorja. Nadaljnja možnost spreminjanja vrtljajev pa nudi upor R_3 , s katerim spreminjamo vzbujanje motorja. Zvezno višanje vrt-ljajev se izvede tako, da pri zagonu najprej višamo vzbujanje generatorja in nato zmanjšujemo vzbuja-nje motorja. Zmanjšanje vrtljajev poteka v obrat-nem redosledu. Motor med zaviranjem deluje kot generator ter svojo vztrajnostno energijo prenaša preko pretvornika v omrežje. Zavora energija se



Slika 5
Leonardov sistem

Sponke generatorja so vezane direktno s sponkami enosmernega motorja M_2 , brez kakršnih koli zagonskih ali regulirnih uporov. Na enosmerni gene-rator se lahko veže tudi več enosmernih motorjev, ampak samo v primeru popolnoma enakih delovnih pogojev vseh motorjev. Vzbujanje generatorja in mo-torja pa opravlja posebni vzbujalec G_2 . Ker se nape-rost generatorja G_1 z regulacijo vrtljajev spreminja, ne moremo vzbujačnega navitja motorja M_2 napajati

tako ne izgublja. Enostavno se doseže tudi spremem-ba smeri vrtenja, oziroma reveziranja, s preklpom stikala S. Vzbujačnemu toku generatorja spre-mimo smer v vzbujačnem navitju zaradi česar se ge-nerator prepolarizira. To se pravi, da tok skozi gene-rator teče v drugo smer in zaradi tega prav tako tudi skozi motor. Vzbujanje motorja pa se ni spre-menilo. Posledica tega je sprememba smeri vrtenja motorja. Tako dosežemo, s spremembo smeri vzbujanja generatorja, reverziranje motorja. Poglejmo še kako med regulacijo vrtljajev poteka ekvivalentni moment M in ekvivalentna moč P . (Sl. 6.)

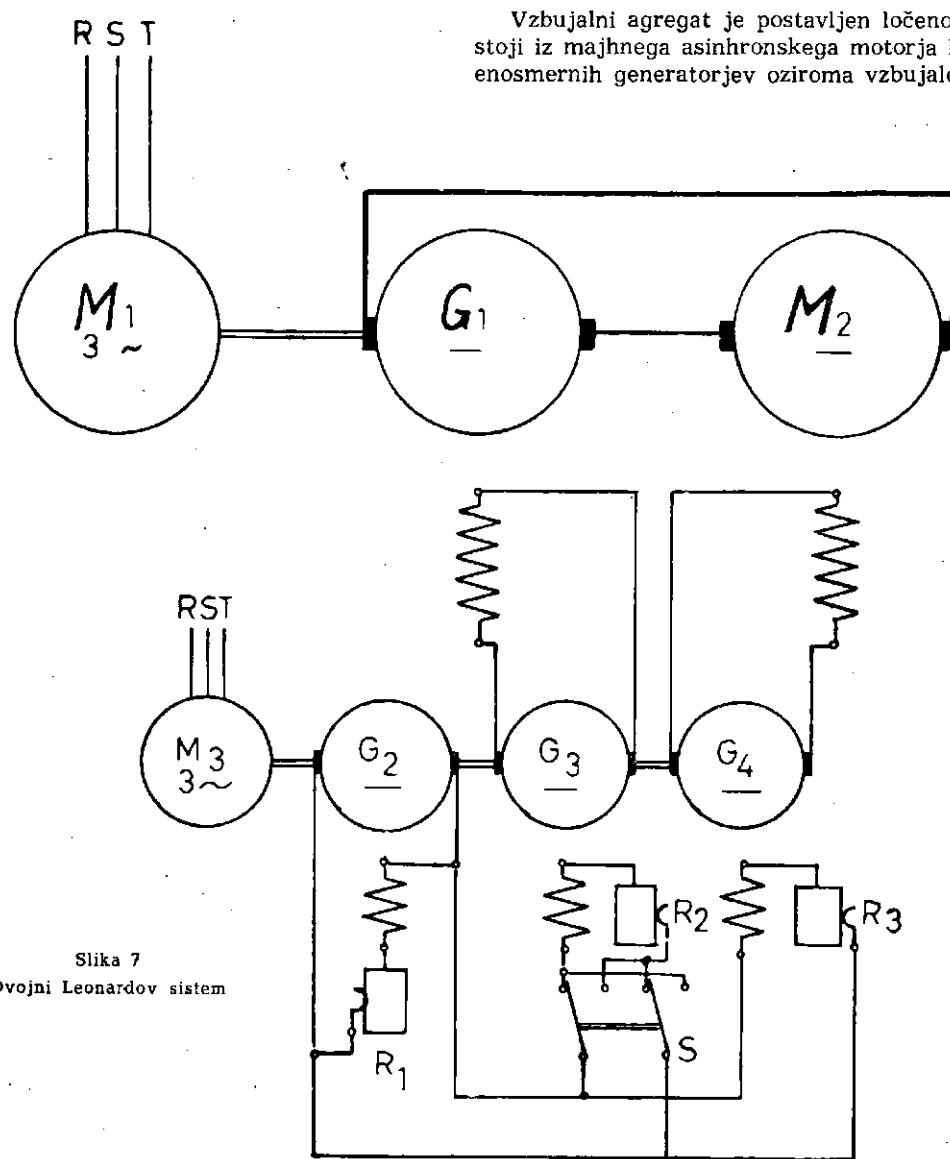


Slika 6
Potek ekvivalentne moči in momenta

Do osnovnih vrtljajev (točka A) se vrtljaji višajo z višanjem napetosti generatorja. Magnetni pretok motorja je pri tem konstanten in ravno tako tudi tok kotve. Zaradi tega je konstanten tudi moment M , z višanjem vrtljajev pa se premo viša tudi moč P . Povišanje vrtljajev nad točko A se izvede z zmanjšanjem vzbujanja motorja, napetost generatorja pa ostane konstantna. Pri tem pade moment po hiperboli, moč pa se ne spremeni.

Vzbujalne izgube pri velikih strojih znašajo 1 % nazivne moči stroja. V valjarniških pogonih dosegajo normalno nazivne moči nekaj tisoč kW. Stroj z nazivno močjo 5000 kW bi imel 50 kW vzbujalnih izgub. Vzbujalni tok bi pri napetosti 500 V znašal 100 A. Vzbujalni upori za take toke so veliki in dragi ter se z njimi težko upravlja. Poleg tega na njih nastopajo znatne energijske izgube. Zato se pri velikih močeh uporablja dvojni Leonardov sistem (sl. 7), za katerega je karakteristično, da imata generator in motor svoje vzbujalce.

Vzbujalni agregat je postavljen ločeno in se sestoji iz majhnega asinhronskega motorja M_3 in treh enosmernih generatorjev oziroma vzbujalcev. Vzbu-

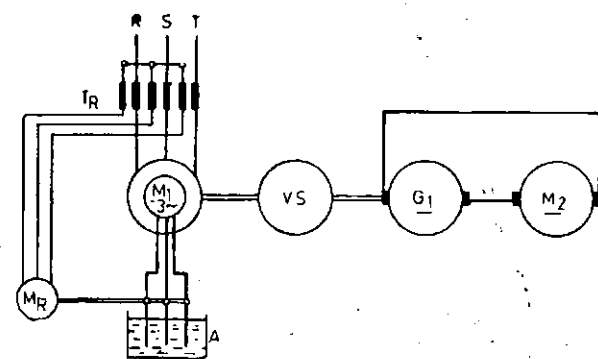


Slika 7
Dvojni Leonardov sistem

Prednost Leonarda, da lahko zvezno reguliramo vrtljaje brez izgub, pa moramo plačati z dragimi stroji, saj moramo imeti najmanj tri stroje enakih moči in se kopico vzbujalcev. Izkoristek je seveda precej zmanjšán, nasproti pogonu z enim strojem, ker se energija trikrat pretvarja. Pri treh strojih z izkoristkom 0,9 je skupni izkoristek 0,73 in se 27 % energije izgubi. Razvidno je, da ima Leonard prednost pri velikih strojih, ki imajo visok izkoristek.

d) Leonard — Ilgnerjev sistem

Sunkoviti pogoni, kot so v valjarnah, pri katerih se za pogon Leonardovega generatorja uporablja asinhronski motor, zahtevajo na osi pretvornika zamašnjak, ki ščiti mrežo pred prevelikimi obremenitvami sunki. S tem v zvezi se uporablja tudi Ilgnerjev sistem in se v tem primeru imenuje Leonard-Ilgnerjev sistem (slika 8).



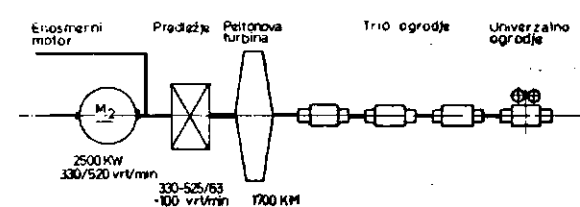
Slika 8
Leonard — Ignjerjev sistem

Leonard je v industriji zelo razširjen zaradi svojih odličnih lastnosti pri zagonu, regulaciji vrtljajev in zaviranju ter ga imamo tudi v naši železarni.

e) Leonard na Javorniku

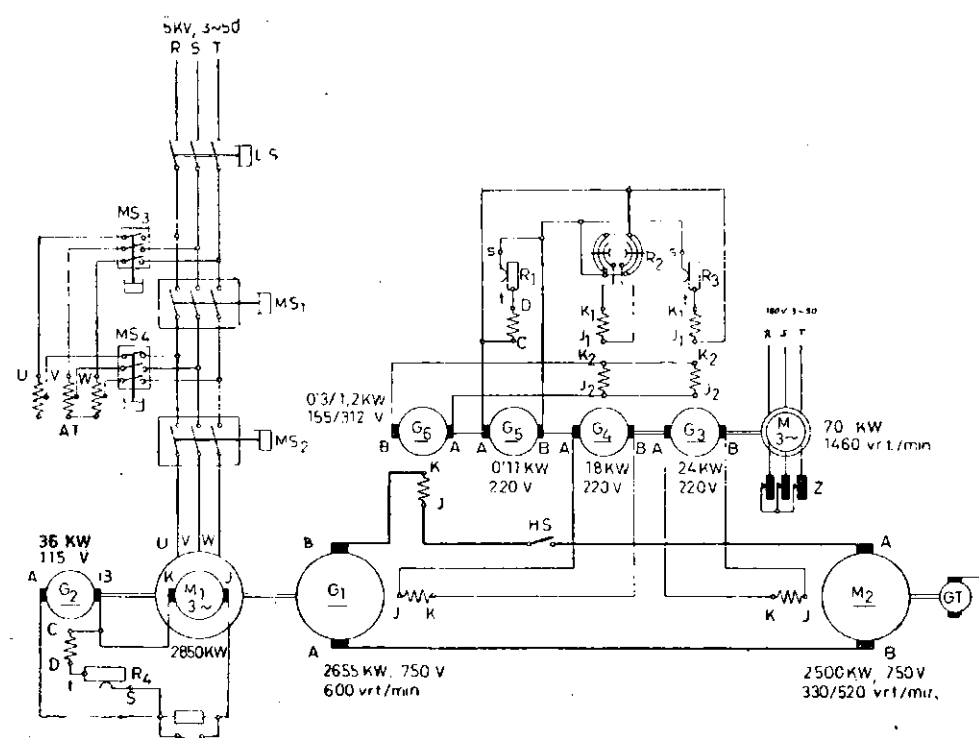
Težko progno je pred vojno gnala Peltonova turbina moči 1700 kW iz leta 1900 s pretočno množino vode 500 l/sek., padcem 380 m, 80 vrt./min., ki je bila na osi valjnih ogrodij. Med vojno so v pomoč turbin postavili asinhronski motor s ilgnrjevimi sistemom ter ga z jermenco povezali z osjo turbine. Zaradi povečanja proizvodnje je bil l. 1954 asinhronski motor odstranjen in namesto njega postavljen Leonard.

Sedanja situacija pogona: težka progla se sestoji iz treh trio ogrodij in univerzalnega tria, na eni osi. Na osi valjčnih ogrodij je še vedno stara turbina 1700 KM (slika 9).



Slika 9
Pogon teške proge na Javorniku

Električna shema: Leonard na Javorniku je dvojni Leonard s sinhronskim motorjem M_1 2850 kW, 5000 Voltov, 600 vrt./min., ki ima na svoji osi na eni strani generator Leonarda G_1 2655 kW, 750 V, na drugi strani pa vzbujalec G_2 36 kW, 115 V za svoje rotor-sko navitje.



Slika 10
Stik Leonarda na Javorniku

Zaganjanje sinhronskega motorja se opravlja preko zagonskega avtotransformatorja AT popolnoma avtomatsko. Najprej se pnevmatsko vklopi močnostno stikalo MS_2 , ko pa motor dobi vrtiljaje, delujejo še stikala MS_1 , MS_3 in MS_4 , ki odklopijo zagonski transformator. Sinhronski motor se prevzbudi in služi za kompenzacijo jalove energije. To svojo nalogo dobro opravlja, saj se je $\cos \phi$ omrežja na Javorniku znatno popravil, odkar se vrši kompenzacija. Generator Leonarda G_1 je preko stikala HS vezan na motor za pogon proge M_2 . Vzbujačna grupa s štirimi generatorji je postavljena ločeno in jo poganja asinhronski motor moči 70 kW. Generator G_3 služi za vzbujanje vzbujačnih generatorjev G_3 in G_4 . Vzbujačno napetost vzbujačne grupe se z uporabo R_1 drži konstantno 220 V. Generator G_3 vzbuja motor za pogon proge M_2 . Z uporabo R_3 se regulira napetost tega generatorja in s tem tudi vzbujačni tok motorja za pogon proge M_2 . Enako se z uporabo R_2 spreminja napetost generatorja G_4 , ki vzbuja Leonardov generator G_1 in s tem vpliva na njegovo napetost. Upor R_2 je izveden tako, da se vzbujačnemu toku v navitju vzbujačca G_4 lahko spremeni polariteto. S tem se prepolazira tudi generator G_1 in motor M_2 se reverzira. Posebno nalogo pa ima generator G_6 , ki je vzbujač s tokom pogonskega motorja proge. Njegova napetost je tem višja, čim višja je obtežba. S to napetostjo se dodatno vzbuja G_3 in G_4 . S tem dobi motor za pogon proge kompaudno karakteristiko, čeprav nima glavnostičnega navitja ter se mu zviša vrtilni moment.

Vse merilne in krmilne naprave so montirane na komandni plošči v strojnici Leonarda. Nerodno je pri tej izvedbi, ker se tudi regulacija vrtiljajev izvaja v strojnici in ne pri valjčnih ogrodjih, kar bi bilo ugodnejše.

f) Zaključek

Pregledali smo dobre in slabe lastnosti Leonarda in praktični primer izvedbe za pogon težke proge na Javorniku. Iz tega lahko ugotovimo, da je Leonard za pogon valjarniške proge z regulirnimi vrtiljaji nenaдомestljiv. Če se bodo v bodočnosti pri nas postavljale nove valjarniške proge, naj jih poganja Leonard, oziroma, ker se v zadnjem času gradijo krmiljeni usmerniki velikih moči, naj pretvorniško skupino tak usmernik zamenja. Za te so investicijski stroški za 15 % manjši, kakor pri Leonard-Ilgnerjevih pretvornikih. V tem ni vračunana cena fondamentov, ki je pri usmernikih znatno nižja.

LITERATURA:

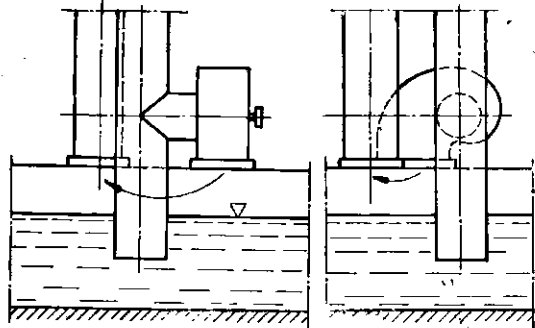
- 1 W. Lehmann, Elektrotechnik und Elektrische Antriebe, Springer-Verlag, Berlin 1957.
- 2 V. K. Popov, Osnove električnog pokretanja industriji, Naučna knjiga, Beograd 1951.

ING. MILOŠ GREGORČIĆ
konstrukcijski biro
DK 628.511

CISCENJE DIMNIH PLINOV KALORIČNE CENTRALE

Problem čiščenja dimnih plinov kalorične centra-
le, ki je bil postavljen konstrukcijskemu biroju v
rešitev, ni tako enostaven, kot to mogoče izgleda na
prvi pogled. Ze sama situacija kotlovske naprave,
dimnih kanalov in dimnika je neugodna za po-
stavitev čistilnih naprav kot so sicer običajne pri
raznih kaloričnih centralah. Z ozirom na skrajno
omejen prostor je bilo potrebno poiskati in prere-
šetati vse možnosti, ki bi eventualno prišle v poštev
in se odločiti za varianto, ki bi tako po učinkovitosti,
kot tudi ekonomičnosti in prostorsko najboljje ustre-
zala. Problem čiščenja naj bi se reševal skupno s po-
trebo povečanja vleka. Kljub precejšnji višini dim-
nika (76 m) je vlek okoli 30 mm v. s. premajhen in
tu je na mestu ekshaustor, ki bi vlek za imenovano
vrednost povečal, poleg tega pa še kril pretočne iz-
gube plina skozi čistilec.

Kar zadeva sam čistilec, je bilo v biroju izrisanih
že več variant. Prvoten namen je bil postaviti čistilec
v kotlarno in pri tem upoštevati še bodočo vgraditev
Velox kotla. Zaradi skrajno omejenega prostora (4,3
krat 4,3) je prišla v poštev le vodna čistilna naprava,
katere princip je nakazan na sliki 1.



Slika 1

Ekshaustor bi vsesaval dimne pline (30 m³/sek.)
skozi vertikalno cev, v kateri bi isti dobili tako hi-
trost, da bi se na odcepu v sesalno okno izločili večji
delci, ki jih dim vsebuje in se nalagali na vodni gla-
dini. Vsesane dimne pline bi pa ekshaustor zopet
usmerjal na vodno gladino, na katero bi se preostali
delci prilepili, očiščen dim pa bi potem odhajal v
dimnik. Za to varianto bi bil potreben motor z močjo
75 kW. Stroški za celotno napravo bi znašali okoli
8.500.000 din. Ker pa ni zanesljivih podatkov o stop-
nji očiščenja za ta način in je tudi količina vode in
s tem njena aktivna površina omejena, se je odsto-
pilo od vgraditve tega čistilca, za bodoči čistilec pa
se je določil prostor pred postopjem kotlarne. Izdelan
je bil projekt novega ciklonskega čistilca, ki naj bi
bil situiran med steno kotlarne in dimnikom. Multi-

ciklon, katerega sestavlja šest vzporedno delujočih
ciklonov, bi imel vgrajen vodilnik in z ozirom na
majhne premere, katere je zahtevala prostorska sti-
ska, bi nastopil v njih visok tlačni padec (100 m
v. s., običajno pa je 50 do 70 mm v. s.). Stopnja raz-
prašitve pa bi bila zelo nizka (56 %) in mejni delci bi
imeli velikost 26,6 μ.

Kot je splošno znano, izberemo način čiščenja z
ozirom na zahtevano stopnjo razprašitve za neko do-
ločeno velikost prašnih delcev. Za razno velikost del-
cev izbiramo kot sledi:

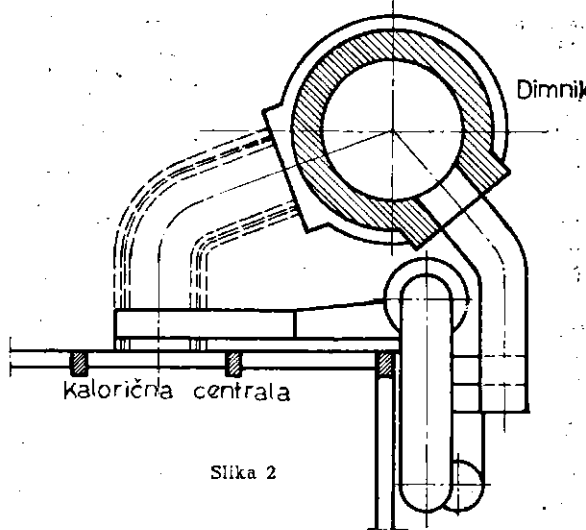
20	— 500 μ	— ciklon
10	— 200 μ	— multiciklon
2	— 100 μ	— mokri filtri
0,5	— 100 μ	— elektrofiltri

in za stopnjo razprašitve 95 do 99 %.

Kot že omenjeno, nismo imeli prostih rok za iz-
biro čistilcev, ker nam je prostor postavil silno ozke
meje. Poleg slabe razprašitve, velikih pretočnih upo-
rov in s tem združenimi povečanimi stroški obratova-
nja, bi bila tudi cena same izdelave precejšnja, saj
bi predvidoma znašala okoli 27.000.0000 din.

Vsi ti razlogi so navedli na misel, naj bi se vseeno
uporabil čistilec z vodnim izpiranjem, ker potrebuje
najmanj prostora in stopnja razpraševanja je pri
njem razmeroma zelo dobra. Industrijski biro v
Ljubljani je v tem smislu izdelal tudi idejni osnutek
»scrubberja«. Princip čiščenja v tej napravi je, da se
dim spusti skozi vodno prho in podvrže delovanju
centrifugalne sile, katera izloči prašne delce iz zgo-
reljih plinov. Stopnja razprašanja se giblje med 82
do 98 %, poleg tega pa ta čistilec izloči tudi žveplene
spojine, nahajajoče se v dimnih plinih. Poraba vode
na scrubber znaša 0,1 do 0,3 litra na kubični meter
plinov, tlačna izguba pa 25 do 40 mm v. s. Scrubber
z ekshaustorjem in motorjem bi po tej novi varianti
situirali na vogalu kalorične centrale, prehod med
dimnikom in steno kotlarne pa bi bil s to postavitvijo
čistilca zaprt.

Odplakovanje iz dima izločenih delcev bi se pri
vseh opisanih variantah vršilo s hidravlično trans-
portno napravo, katera deluje na principu ejektorja
in katero projektira Strojna tovarna Trbovlje.



Slika 2

ALEKSANDER RJAZANCEV
OTK
DK 66.096

LUZENJE NERJAVEČIH JEKEL

V tehnološkem procesu pri obdelavi jekel nastopi vmesna faza, ki se ji ni mogoče izogniti, to je kemično odstranjevanje nastalih kovinskih oksidov po termični obdelavi. Postopek kemičnega odstranjevanja oksidov je v industriji poznan pod imenom luženje.

Kemično luženje jekel predstavlja za jeklarsko industrijo »potrebno zlo«, ker drugače ni mogoče izgotoviti prodajnega artikla. Luženje je kemično čiščenje jekla s pomočjo agresivnih anorganskih kislin. Oksidna plast, ki nastane pri termičnih procesih, se v lužilnem sredstvu v precejšnji večini raztaplja in prehaja v raztopino, le manjši del oksidov pa odpade na dno lužilne kadi. Pri luženju običajnih jekel se v jeklarski industriji poslužujejo žveplene kisle raztopine, oziroma raztopine solne kisline. Prednost ima žveplena kislina, na splošno pa velja pravilo, da se uporablja žveplena kislina za luženje valjanega in vlečenega jekla, medtem ko pride v poštev solna kislina le tedaj, če bo končni artikel moral biti prevečen s cinkom, svincom, kositrom itd.

Žveplena kot solna kislina pa nista v stanju raztapljati tistih kovinskih oksidov, ki so nastali na površini visoko legiranih jekel. Topnost in netopnost je razvidna iz naslednje tabele:

Oksid	netopno v kislinah	topno v kislinah oz. lugu
Cr ₂ O ₃	HCl, H ₂ SO ₄	v mešanicah HCl, HNO ₃ , HF
NiO	—	v razredčeni HCl, težje v H ₂ SO ₄ , najlaže v mešanici HCl + HNO ₃
V ₂ O ₅	—	HCl, H ₂ SO ₄
V ₂ O ₄	H ₂ SO ₄	HCl,
WO ₃	—	lugih
MoO ₃	HCl, H ₂ SO ₄	v mešanici HCl, HNO ₃ v lugih

Jekla, ki ne rjavijo in ki so odporna proti kislinam, oziroma ognjeobstojna, so predvsem visokolegrana Cr-Ni jekla. Tehnika luženja Cr-Ni jekla, to je prokronov, je bolj zamotana, kot pri običajnih jeklih zaradi prisotnosti kompleksnih oksidov. Za odstranjevanje oksidirane površine prokronskih jekel se zahtevajo povsem drugačne metode, kjer 50 Be' H₂SO₄ ne pride v poštev, temveč mešanica kislin.

S poskusi se je ugotovilo, da pri toplotni obdelavi prokronskih jekel nastane najprej železov oksid Fe₂O₃, pri nadaljnjem žarenju kromov oksid Cr₂O₃, kateremu sledi še nikljev oksid NiO. Ti oksidi so čvrsto vezani na osnovni material, tako da jih ni mogoče mehanskim potom odstraniti, niti s posameznimi kislinami. Narava legirnih oksidov ni določena samo s sestavo legirnih jekel, temveč je odvisna od sestava atmosfere, ki vlada v peči, časa in temperature. Tipiziranje take toplotne obdelave in temu

primeren lužilni postopek bi bil velik korak naprej v znižanju obratnih stroškov.

Nekateri proizvajalci pokronskih jekel v svetu trdijo, da je najugodnejši postopek luženja krom-nikel jekla dvostopni. Ena od teh oblik je naslednja:

1. Uporablja se 10—12 vol. procent raztopine H₂SO₄ (z odgovarjajočim zaviralnim sredstvom pri temperaturi 70 do 75° C). Po prvem luženju se material dobro izpere v tekoči vodi.

2. Nadaljnje luženje se izvrši v raztopini natrijevega luga NaOH (12—14 utežnih procentov) vsebujoč pet do šest urežnih procentov kalijevega permanganata KMnO₄. Temperatura lužila naj bi bila do 80° C. Čas luženja pod točko 1 in 2 pa naj bi se ugotovil s prakso.

Pred kratkim se je uvedla še druga metoda odstranjevanja škaje z raztopljenimi alkalijski. Osnovni postopek temelji na dejstvu, da močenje z alkalijski odstranjuje škajo, medtem ko na kovino ne vpliva. Alkalijski v prisotnosti primernih kemičnih dodatkov spremene sestav škaje. Ta okolnost z mehčanjem škaje pri visokih obratovalnih temperaturah je vzrok zadostnemu in temeljitemu odstranjevanju škaje.

V naši železarni, ki ima v svojem proizvodnem programu izdelavo prokronskih jekel, je nastalo vprašanje, kako taka jekla lužiti in jih nadalje obdelovati, da bodo imela lepo svetlo površino.

Ker se prokronska jekla razlikujejo med seboj po vsebnosti C, Cr, Mn, Si, Ni in Mo je bilo treba iskati tako lužilo, ki bo sposobno lužiti vse omenjene kvalitete, ki so omenjene pod grupo 1. in 2.

Grupa 1

Oznaka in kem. sestav	C %	Cr %
prokron 2	0,15	12
prokron 2 spec.	0,15	15 + Ni
prokron 3	0,25	15 + Ni
prokron 4	0,35	13 + Ni
prokron 5	0,45	15 + Ni + Mo
prokron 5 M	0,45	15; Mo = 2 % + Ni
prokron 10 in		
prokron 10 extra	0,20	25; Si = 1 %

Grupa 2

Oznaka in kem. sestav	Cr %	Ni %
prokron 11	18	8

Da bi pristopili k načinom kot je dvostopenjsko luženje, predvsem v Ameriki, za našo železarno ne bi bilo sprejemljivo iz tehničnih in materialnih pogojev.

Za izvedbo programa o luženju prokronskih jekel je bila dana naloga kemičnemu laboratoriju OTK, da izvrši poizkuse o luženju prokronov pod dvema pogojema, ki morata biti v praksi realizirana.

a) kemično luženje naj se vrši v mrzlem, z namenom, da ne pride do izhlapevanja kislin glede na osebno varnost lužilcev v obratu;

b) odstranjevanje oksidov mora biti hitro in zanesljivo, pri tem pa se ne smejo pokazati kvarni vplivi luženja na material, ki gre v nadaljnjo predelavo.

Po proučitvi kemičnega sestava in fizikalnih lastnosti oksidne površine ter uspešnih poskusih luženja v kemičnem laboratoriju, se je pristopilo k reševanju problema v lužilnici, v predelovalnih obratih. Prenos ugotovitev in rezultatov iz laboratorija v proizvodnjo je delno uspel.

Tekočina za luženje je bila sposobna lužiti vse pokrone, tako na primer, 2, 2 spec. 4, 5, 5 M, 10, 10 extra, 11, 19 in 20.

Lužina je izdelana na osnovi solitrnokisle raztopine, kateri je dodana določena količina fluorovodikove kisline. Luženje v tej mešanici je 100 % in traja pri slabo oksidirani površini pol ure in pri močno oksidirani površini eno uro. Lužine ni treba segrevati s paro kot običajno, ker lužina učinkuje v mrzlem. Delavci so pri delu varni pred kislinami, ker so razredčene, ni smrada in izhlapevanja. Razvijanje vodika ni opaziti, zato ni bilo primerov lužilne krhkosti in točkaste korozije. Lužina ima to dobro lastnost, da učinkuje na okside in ne nažira materiala samega. Delovanje lužine je prav dobro tako, da odlušči oksidirano površino od jekla, katere se potem odstrani z močnim curkom vode. Površina izluženega materiala je popolnoma gladka, brez ostankov kakršnih koli oksidov. Dobri uspehi so bili doseženi pri žici premera nad 4 mm, dočim je pri tanjših žicah luženje še vedno problematično.

Solitrna kislina je sestavni del univerzalne lužine in je ni mogoče zamenjati s katero koli drugo kislino. Luženi komad v solitrni kislini mora imeti svetlo sivo barvo in čisto površino. Pravilnost in sijaj izluženega materiala se pokaže šele pri vlečenju dokončnega artikla. Prednost luženja je v tem, da se uporablja solitrna kislina pri 20° C brez razvijanja dušikovih oksidov, ki bi v praksi ogrožali zdravje ljudi, ki so pri luženju zaposleni. Izraba solitrne kisline v hladnem je veliko manjša kot pri vročih lužilnih kopelih.

V toku lužilnega procesa je bilo mogoče opaziti, da ima fluorovodikova kislina, primešana solitrni kislini, dve vlogi:

1. potek luženja je hitrejši,
2. oksidna plast se vsled fluor-iona razrahlja ter s tem pripomore, da solitrna kislina opravi svojo nalogo pri celotni odstranitvi oksidov. Doziranje fluorovodikove kisline se ravna po vsebnosti Cr — Ni. Izredno lepe površine so nastale če smo dali univerzalni lužini na 4000 litrov 680 gr sladkorja.

Z uporabo zgoraj omenjene lužine smo dosegli boljšo kvaliteto (lepa svetla površina).

Pri nadaljnjih poskusih se je ugotovilo, da se more ista lužina uporabljati za luženje visokoodstotnih manganskih jekel, predvsem za izdelovanje goilih in oplasčenih elektrod.

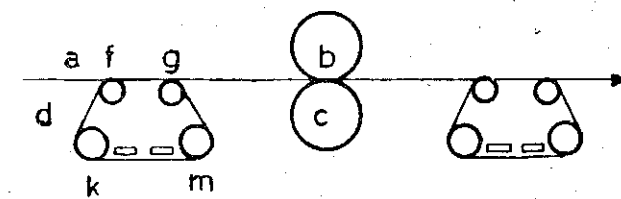
Tako je bil v Železarni Jesenice za enkrat rešen problem luženja prokronskih in manganskih jekel s tako mešanico, ki ne raztaplja samo oksidov, temveč jih odlušči od površin jekla.

NOVOSTI IZ TUJE LITERATURE

ING. MILOŠ GREGORČIČ
konstrukcijski biro

MERJENJE DOLŽINE PRI VALJANJU TRAKOV (Po »Stahl und Eisen«)

Dr. ing. Hermann je dal v Berlinu patentirati napravo, ki služi za merjenje povečanja dolžine trakov pri valjanju.



Raztezek traku a, ki pasira valja b in c se meri na naslednji način:

Brezkončni trak d, ki je obločen z magnetno plastjo, se s pomočjo valčkov f in g pritiska ob trak, ki se valja tako, da dobi enako hitrost. Oba merilca, pred in iza valjev b in c, sta opremljena z dajalcem impulsa k in prejemnikom impulsa m, ki imajo drug k drugemu natančno isti razmak. Meri se čas teka traku med dajalcem in prejemnikom impulsa pred in iza valjev in diferenca časa je mera za spremembo dolžine.

MERJENJE DEBELINE NA PODLAGI ABSORPCIJE β IN γ ŽARKOV (Po »Stahl und Eisen«)

Da bi se omogočilo tudi pri hitro tekočih, mrzlih in vročih valjčnih ogrodljih natančno merjenje debeline traku oz. pločevine in s pomočjo regulirane naprave istočasno vplivati na nastavno napravo, so razvili v zadnjem času razne merilne priprave. Ena teh deluje s pomočjo radioaktivnih izotopov, ki oddajajo žarke β oz. γ. Princip merjenja je naslednji:

Na pločevino oz. trak se uperi snop γ ali β žarkov in se izmeri intenziteta žarkov po prehodu skozi material. Če začetno intenziteto označimo z »n₀« je po tem intenziteta po prehodu »n« vezana na naslednjo enačbo:

$$n = n_0 e^{-\mu d}$$

kjer pomeni »d« debelino materiala, μ pa je absorpcijski koeficient, ki zavisi od vrste izotopa in energije sevanja, od samega materiala in od poskusnih pogojev, ki se lahko določijo n. pr. pri pločevini z znano debelino.

Pri uporabi tega načina merjenja je seveda važno poznati mogočo napako oz. odstopanje in izvor žarkov prilagoditi okoliščinam obratovanja. Napako, ki eventualno nastane pri merjenju debeline, se dobi z enostavnim diferenciranjem zgornje enačbe:

$$\Delta d = \frac{\Delta n}{\mu n_0} \cdot e^{\mu d} \quad (2)$$

Ker pa je napaka, ki izhaja iz samega sevanja na eni strani odvisna od razmer pri poizkusu, na drugi strani pa od statističnega nihanja radioaktivnega razpada, je potem ta napaka:

$$n = \pm \sqrt{(\Delta n)_{ap}^2 + (\Delta n)_{st}^2} \quad (3)$$

Za primer, da je

$$\Delta n \approx (\Delta n)_{st} \text{ in } (\Delta n)_{st} = \frac{n_0 e^{-\mu d}}{T \cdot \epsilon} \quad (4)$$

kjer pomeni T čas ene meritve in ϵ izkoristek števca ter za $\epsilon = 1$, dobimo iz en. (2) in (4)

$$(\Delta d)_{st} = \frac{e^{\mu d}}{\mu [n_0 T \epsilon] \frac{1}{2}}$$

S pomočjo te enačbe in poizkusov, ki jih izvršimo za razne kvalitete in debeline materiala je mogoče najti za neko dano območje debelin primeren izotop, kateri da najmanjše napake. Tako se je ugotovilo, da je za debelino 0,025–0,18 mm primeren $Tl\ 204$, za območje 0,18–1,2 mm $Pr\ 144$, za 12 do 80 mm $Ir\ 192$, za 20–125 mm $Co\ 60$.

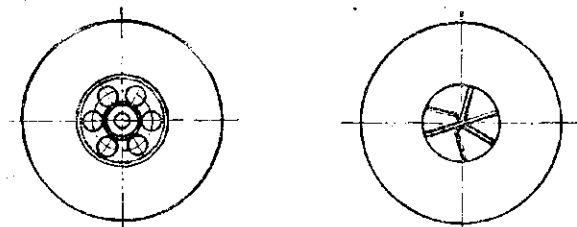
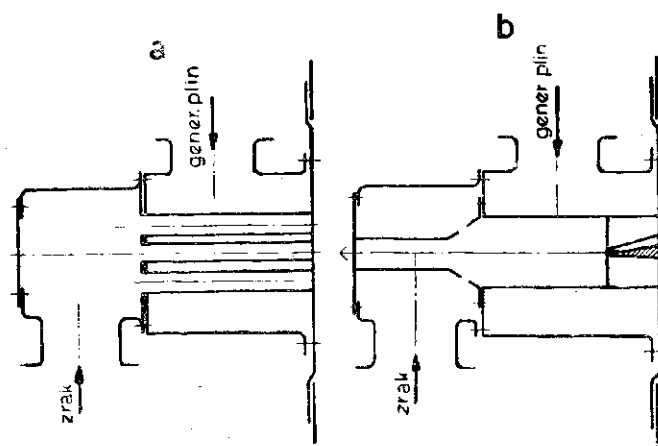
IZBOLJŠEVALNI PREDLOGI

JOŽE ŽEMVA
vzdrževanje Javornik

REKONSTRUKCIJA PLINSKIH GORILCEV

Pri pogonu peči, ki je izdelana po načrtih fa. Ignis, je bilo treba tedensko čistiti vse gorilce. Tako je nastopal zastoj pri peceh, kakor tudi nujnost nedeljskega dela.

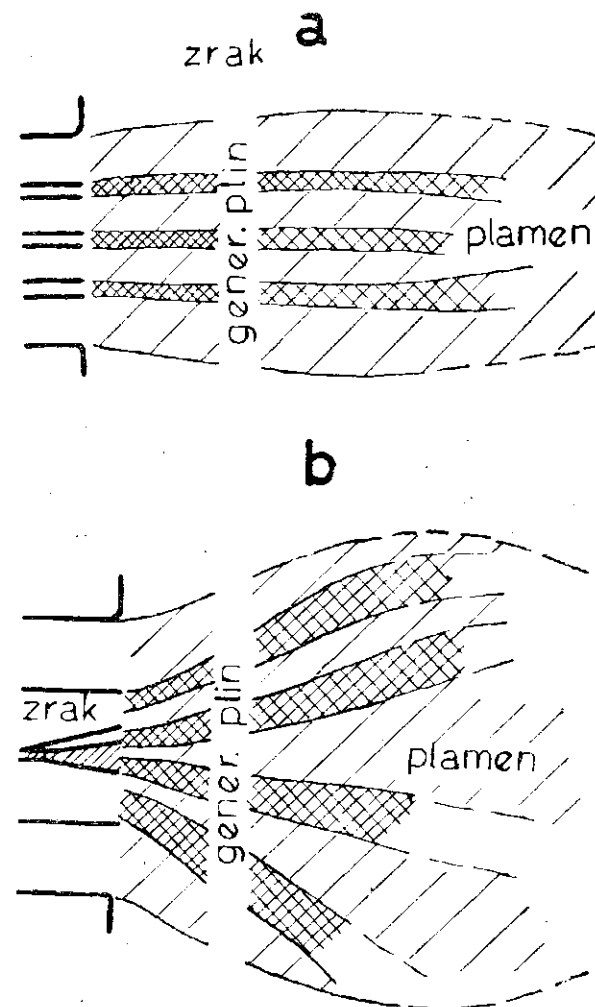
Pri gorilcu se je nabiral katranski ogorek na zračnih usmerjevalnih cevih v gorilcu in s tem manjšal presek za dovod generatorskega plina v peč (skica a).



Novo izdelani gorilec ima centralno vodeni zrak za zgorevanje po eni cevi. Za vrtnenje in mešanje zraka skrbijo na koncu zračnega dovoda zavite lopatice, ki zrak tangencialno zvrtnijo in zmešajo z generatorskim plinom. Mešanje in zgorevanje je učinkovitejše in popolnejše. Katranske ogorke, kolikor nastanejo, generatorski plin sam izvrže.

Predelana kapa gorilca je enostavnejša, tako da je demontaža vstavka možna brez odvzema plinske komore. Rekonstrukcija gorilca je bila izvedena z uporabo kompletnega, obstoječega gorilca razen cevne vložke za dovod zraka skozi gorilec.

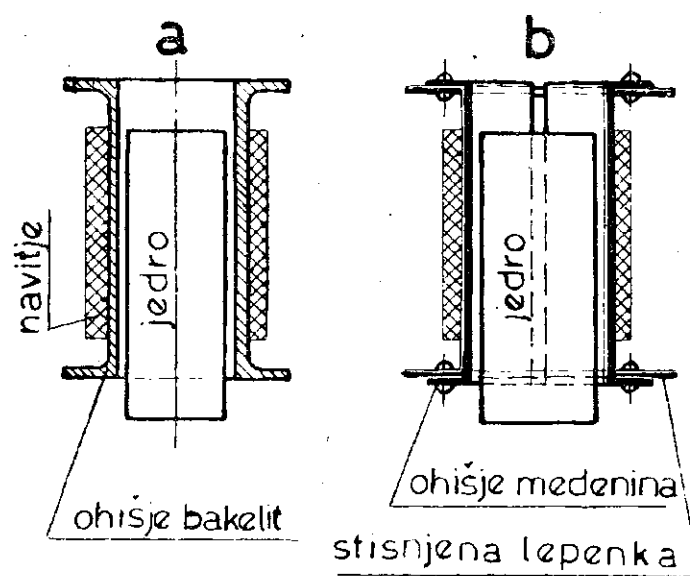
Mešanje in zgorevanje



ACO PETROVIĆ in KAROL AŽMAN
elektrodelavnica

ZAVORNI ELEKTRO MAGNETI

Pri žerjavih in raznih transportnih napravah, kjer se pogon večkrat prekinja, se ta zaustavlja s pomočjo elektromagnetnih zavor, ki so vključene paralelno s statorskim navitjem motorja. Te zavore izdelujejo naše tovarne (Rade Končar, Zagreb), ki vedno ne ustrezajo pri težkem obratovanju, kot je to pogost primer v železarni.



V predelovalnih obratih, kjer so vsa transportna dvigala nova in opremljena z domačo elektroopremo, so nastale pri obratovanju večje motnje zaradi pogostih okvar na magnetnih zavorah, izdelanih v tovarni Rade Končar.

Ogrodje, okoli katerega je navita tuljava, je bila po tovarniški izvedbi iz bakelita. Pri prekomerni obremenitvi tuljav se je segrela in deformirala tako močno, da se železno jedro z utežjo ni moglo dvigniti v notranjost tuljave in motor je ostal zavrt.

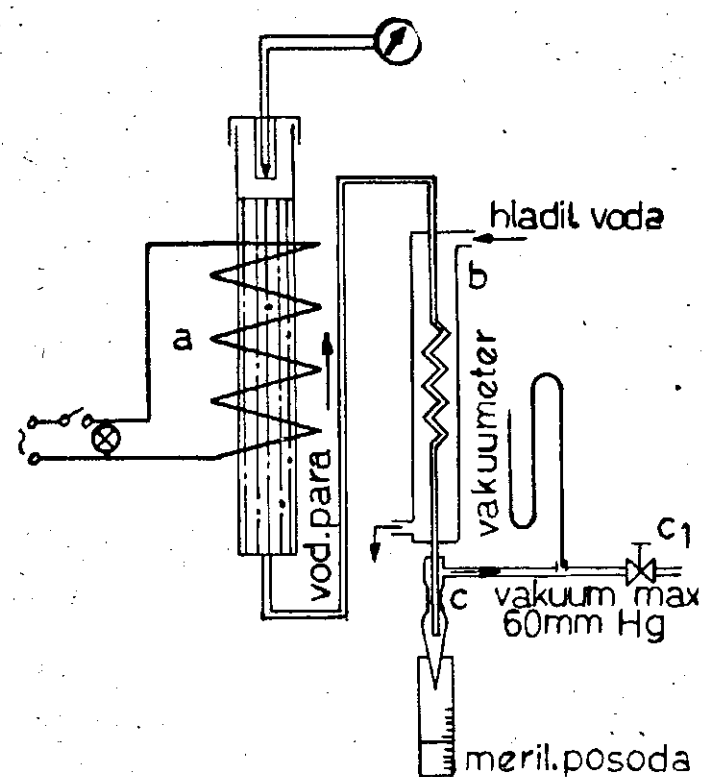
Izdelano je bilo novo ohišje iz medenine v dveh polovicah zaradi vrtilinastih tokov in stisnjene lepenke kot prirobnice, ki se kljub nastali prekomerni temperaturi ne deformira.

V času dveh let so bile vse magnetne zavore zamenjane zaradi deformacije bakelitnega ohišja in vgrajene predelane po skici b.

ALEKSANDER RJAZANCEV in ALOJZ TRATNIK

APARAT ZA DOLOČANJE VLAGE V ELEKTRODAH

Določanje vlage pri izdelavi in prodaji varilnih elektrod je nujno potrebno. V našem elektrodnem oddelku se je določala vlaga oplasnjenih elektrod na običajen, klasičen način tako, da se 5 do 10 elektrod suši po več ur v



- a) sušilna komora elektrod
- b) hladilna naprava
- c) vakuumska kapalka, v kateri se regulira vakuuum do maksimuma.
- c) regulirni ventil vakuuma.

posebni peči pri temperaturi ca. 130 °C do konstantne teže, nakar se ugotovljena diferenca pred in po sušenju nakaže v % na vloženo težo vlažnih elektrod. Tak postopek je netočen in dolgotrajen!

V modernih tovarnah varilnih elektrod imajo sodobno urejene aparature, ki določajo vlago in imajo dve prednosti: sušenje se vrši pri višji temperaturi 160 do 180 °C in pri podtlaku 60 mm Hg, vlaga se ne tehta, temveč direktno meri v bireti in nabranega kondenzanta, močne meritve se lahko izvrše v najkrajšem času (15 minut).

Izdelan je bil aparat kakor kaže skica z opisom. Čas ugotavljanja vlažnosti je bil dosežen pri 150 do 180 °C ca. 15 do 20 minut.

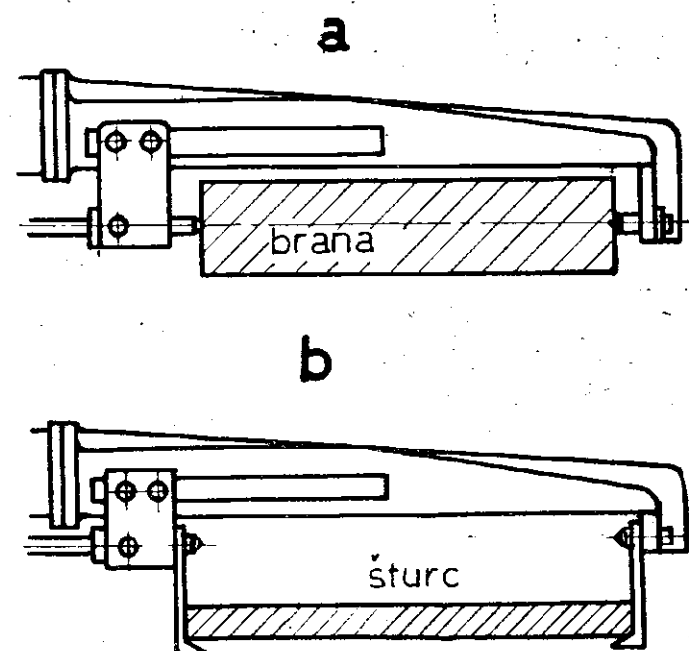
IVAN STRGAR
vzdrževanje Javornik

WELLMAN STROJ — PREDELAVA VPENJALNE RAME

Konstruktivna izvedba vpenjalne rame na Wellman vkladalnem stroju omogoča samo prijemanje bram ne pa tudi šturcev. Proizvodni proces valjarne 2400 pa zahteva dvakrat tedensko valjanje šturcev.

Za zakladanje teh šturcev je bil sedaj izključno v uporabi stari vkladalni avto in sicer iz razloga, ker samo on lahko vpriema šturce.

V primeru okvare avtodvigala je bil zaustavljen ves proces valjanja šturcev, ker le-teh ni mogel vzeti iz peči oziroma zakladati v peč.



Da je v teh primerih omogočeno zakladanje oziroma normalno obratovanje, je bila izvršena dodelava vpenjalne rame na Wellman vozu oziroma vkladalnem stroju; predelava sestoji iz dveh čeljusti, ki se pritrdita na vpenjalno ramo namesto trnov, ki omogočata vprijetje šturcev.

S posvetovanja o strokovnem šolstvu pri

Društvu inženirjev in tehnikov na Jesenicah

Pred kratkim je bilo na Jesenicah zanimivo posvetovanje o strokovnem šolstvu, ki so se ga med drugim udeležili tudi zastopnik ZIT iz Ljubljane — tov. ing. Nusić, direktor TSS v Ljubljani — tov. Košir, referent za šolstvo pri ZIT, tov. Svetelj in zastopnik CK LMS.

V uvodnih besedah je bil navzočim pojasnjen namen posvetovanja o strokovnem šolstvu z ozirom na novo reformo. Najbolj prihaja v poštev strokovno šolstvo, od katerega pričakujemo določene uspehe ravno v naši stroki, poleg tega pa mora tudi DIT skrbeti za vzgojo kadra. O novem šolskem zakonu in reformi šolstva je na posvetovanju govoril tov. Košir, ki je povedal tole:

»V okviru sekretariata republiške zveze inženirjev in tehnikov obstoja posebna komisija, ki je razpravljala o novi šolski reformi in o novem šolskem zakonu. Strokovna društva in terenski DIT so sedaj prvi pozvani, da povedo svoje mnenje glede poudarka, ki je danes podan z novim šolskim zakonom in da daje svoje predloge upravnim in oblastnim organom, ki bodo zakon sprejeli. Ko bo zakon enkrat sprejet, bodo sicer še možna razpravljanja, toda takrat ne bodo imela več tistega učinka kot danes. Šolska reforma globoko posega v naše družbeno, znanstveno in ostalo življenje. Zato mora DIT v povezavi z oblastnimi organi zavzeti svoje stališče in dati konkretne in zdrave predloge o novem sistemu in reformi šolstva.

Danes doživljamo velike spremembe, ki docela spreminjajo koncept splošnega izobraževanja. Napredek znanosti in nenehen razvoj tehnike vedno bolj odpravlja razliko med intelektualnim in fizičnim delom, zahteva pa se vedno večja izobrazba za vse poklice naše proizvodnje. Splošna izobrazba se mora prilagoditi potrebam družbe. Stalen porast proizvodnje v industriji, kmetijstvu in drugod zahteva večje spremembe, večje strokovno znanje in višjo kulturno raven naših delovnih ljudi. Sodobna znanost in tehnika nenehno razvijata nove revolucionarne ukrepe in to zahteva širši tehnični in znanstveni horizont človeka na vsakem delovnem mestu. Zato moramo naši mladi generaciji dati tako vsebino s splošno izobraževalnimi šolami in šolami nadaljnjih stopenj, da bo kos bodočim nalogam in da bo dojemala nadaljnje revolucionarne spremembe v tehnološkem in delovnem procesu. Vso pozornost moramo posvetiti uvajanju praktičnega znanja, kar je bilo doslej zlasti v gimnazijah zanemarjeno. Po-

vezati je treba znanstveno in delovno vzgojo mlade generacije. Reformiranje sedanjega splošnega izobraževanja v osemletkah in šolah druge stopnje mora omogočiti zlasti razumevanje našega časa.

Širše družbeno uveljavljanje v skladu z odnosi v naši socialistični družbi:

Tehnika je eden bistvenih činiteljev sodobnega življenja in nujno mora postati sestavni del splošnega izobraževanja. Na ta način bo dosedanje splošno izobraževanje dobilo širšo osnovo z bolj utemeljeno podano naravoslovno in tehnično vsebino, s čimer se daje pomen proizvodnemu delu, istočasno pa spremlja odnos med umskim in ročnim delom, ki smo ga dobili kot dediščino prejšnje nerazvite ekonomske strukture in omejenih razmer kulturnega življenja širših delovnih množic. Šolski sistem stare Jugoslavije je bil prilagojen takratni družbeni podlagi in tako smo dedovali različne kriterije in pojmovanja, ki so dosednji šolski sistem izrazito zastopali, ne morejo pa se obdržati v novih družbenih odnosih. Z nastankom novih pojmovanj pa se pojavljajo nove življenjske možnosti za delovne ljudi. Na reformo šolstva moramo gledati kot na preroben proces prerodenja šol tako, da reformirano šolstvo postane sestavni del procesa družbene proizvodnje. Reforma šolstva pomeni graditi šole, ki bodo čimveč prispevale k vzgoji strokovno in socialistično izobraženega državljana. Spreminjanje zakona o splošnem šolstvu in deklaracija, ki jo je na junijskem zasedanju sprejela Zvezna skupščina, je rezultat dolgotrajnega dela preteklih let.

Novi šolski zakon navezuje na osemletke različne šole, ki pripravljajo kader za razne javne ustanove, za KV delavce, za VK delavce, tehnike, šole tretje stopnje, to je visoke šole, fakultete pa skrbijo za visokvalificirane strokovnjake. Novi zakon odpravlja privilegirani položaj katerekoli vrste šol, vsakdo ima možnost na vsako šolo, če zaostoji pogojem. Šola bo dala mladini osnove sodobne splošne izobrazbe, kamor sodi tudi tehnična znanost in osnove socialistične vzgoje.

Ustanovitev strokovnih in višjih strokovnih šol s predpisi dovoljuje Zvezni izvršni svet, učni načrti in programi pa bodo predpisani dve leti po uveljavitvi zakona. Za čas, dokler ne bosta sprejeta odnosno izdana Zakon o gimnazijah in splošni zakon o višjih strokovnih šolah, bodo republiški izvršni sveti s predpisi določili pogoje za vpis v te šole.

Sistem vzgoje:

Imamo predšolske zavode, osemletke in gimnazije, strokovno in višje strokovne šole, fakultete in umetniške akademije. Poleg teh še zavode za izobraževanje odraslih in razne šole za odrasle, ljudske univerze in tečaje ter seminarje. Določene vrste kadra se izobražujejo z neposrednim delom v gospodarskih organizacijah. Vzgoji so namenjeni tudi vajenski domovi in drugi vzgojni zavodi, skupna naloga strokovnih in višjih strokovnih šol pa je, da zagotavljajo stalen pritok raznovrstnih strokovnjakov na potrebni strokovni in kulturni ravni. Strokovne in višje strokovne delujejo kot zavodi za izobraževanje odraslih in njihovo strokovno izpopolnjevanje.

Potrebno bi bilo, da bi DIT razpravljal tudi o vprašanju predmetnikov in učnih načrtov, dalje o pouku za izredne učence, o izpitih itd. Izobraževanje strokovnega kadra je treba vskladiti s potrebnimi gospodarske organizacije. Iz vajenskih šol izhajajo kvalificirani delavci, ki pa morajo na koncu šolanja opraviti še ustrezen izpit. Program in način opravljanja izpita pa določi Zvezni izvršni svet oziroma od njega določeni organ. V šole za KV delavce se vpišejo KV delavci, ki določeno delo delajo v podjetju. Tehnične in industrijske strokovne šole pripravljajo tehnike in ustrezajoči kader. V vseh šolah pa si morajo učenci poleg teoretičnega znanja pridobiti tudi praktično znanje. Na fakulteto se lahko vpišejo dijaki gimnazije ali tehnične srednje šole, ki končajo ta študij, delavci, ki končajo šolo za KV oziroma VK delavce z določeno prakso in ako opravijo sprejemni izpit, na katerem dokažejo, da imajo splošno izobrazbo. Fakultete pa potem pripravljajo VK strokovnjake za razne panoge in družbene dejavnosti.

Eno važnih vprašanj je izobraževanje odraslih in način tega izobraževanja. Na ta način lahko posamezniki pridobijo splošno izobrazbo ali pa izpopolnijo svoje znanje in s tem pridobijo višjo kvalifikacijo. Z izobrazbo odraslih se ukvarjajo zavodi in organizacije, ki se ustanovijo v ta namen. To so razne zadržne šole itd. Z izobraževanjem odraslih pa se ukvarjajo tudi šole, od osnovne, pa do fakultete. V republiškem merilu je ustanovljen poseben zavod za izobraževanje odraslih. Metode in oblike dela se morajo vskladiti s potrebami družbe in jih prilagoditi koristi zavodov, organizacij in posameznikov. Ljudski odbori, republiški sveti ter republiški in zvezni upravni organi, ki so pristojni za ustrezne javne službe in za prosveto, morajo skrbeti za razvoj zavodov in drugih oblik za izobraževa-

nje odraslih. Prav tako skrbijo za izobraževanje odraslih gospodarske in združne organizacije, sindikati, združenja, zavodi in ustanove.

Zvezna industrijska zbornica je v začetku leta 1957 popisala kader v industriji in rudarstvu. Takrat je bilo zaposlenih 712.000 delavcev, od teh pa je bilo preko 100.000 NK delavcev več kot je bilo predvideno po tarifnem pravilniku. Preko raznih tečajev in seminarjev so delavci dobili kvalifikacije in stanje se je v petih letih nekoliko izboljšalo. Kapaciteta naših industrijskih in vajenskih šol je 18.000 do 20.000 učencev letno, potrebujemo pa jih 180.000. Prav tako je precejšnje pomanjkanje inženirjev in tehnikov: zlasti v nekaterih industrijskih podjetjih se mora stanje nujno izboljšati. Za industrijo in rudarstvo bo potrebno skupno 8250 novih inženirjev in tehnikov.

Od leta 1951 dalje je diplomiralo na leto povprečno 760 inženirjev. Povprečna doba študija je trajala sedem do osem in pol let, kar je največ na svetu. Študijski programi in načrti zajemajo snov, ki podaljšuje študij. Vse to je bilo razpravljano na univerzitetnem svetu, učni načrti so sedaj napravljeni, DIT na terenu pa naj dajo svoje predloge.

To so osnovne naloge, ki so pred našimi strokovnimi društvi; aktivno moramo sodelovati pri procesu in izvajanju razvoja šolske reforme.

Iz razprave:

Ing. Marolt: »Če govorimo o študiju na tehniški srednji šoli in študiju za obratne inženirje na fakulteti, potem ne vidimo nobenega logičnega prehoda. Nekdo, ki gre na tehniško srednjo šolo, ima isto izobrazbo kot tisti, ki gre v šolo za obratne inženirje. Ko prvi srednjo šolo dokonča in se vpiše na fakulteto, mora spet redno študirati, da doseže titulo inženirja, dočim je drugi že obratni inženir. Pojavlja se vprašanje, kakšna je logika, kako se ločita ta dva inženirja po študiju, morda gre tu za kako ožjo specializacijo.

Ze mnogo je bilo razprav o tem, da študij na fakulteti vleče s seboj mnogo balasta in je zato reforma nujna, toda pri tem je treba paziti, da ne bo padel nivo strokovnega kot splošnega znanja.

Ing. Nušić: »Kadar se govori o strokovnem šolstvu, vedno mislimo na sistem šol, vse premalo pozornosti pa je posvečeno vprašanju, kakšen kader pravzaprav potrebujemo in kaj na posamezni stopnji ti kadri znajo. Danes govorimo, ali so potrebne višje TSS, na drugi strani pa niti ne vemo, kaj naj zna kvalificirani delavec, VK delavec, kaj naj dela srednji tehnik, višji tehnik in kaj inženir. Sedaj je sistem napravljen, nastopa pa vprašanje, koliko znanja je potrebno na posamezni stopnji. Naloga terenskih DIT je, da dajejo svoje predloge. Če bo predlog tak, da je potrebno nekoliko več praktičnega znanja in nekoliko manj teorije, je treba pomisliti na to, ali takega človeka industrija res lahko porabi ali ne. Če bomo enkrat vedeli, kaj mora človek na posameznem delovnem mestu znati, potem bomo tudi

lahko določili, koliko časa naj posamezen študij traja.

Ing. Hainer: »Pri nas se ne pojavlja profil specializiranega delavca, čeprav se okrog tega že nekaj časa vrtimo. Pri nas ima vsak nekvalificiran delavec možnost, da po daljši praksi na delovnem mestu in prek določenih tečajev postane kvalificiran in svoje delo popolnoma obvlada. Na svojem delovnem mestu se je specializiral. — Profil delovodje v Železarni nikakor ne odgovarja. Pri starejših nastopa pomanjkanje teoretičnega znanja, pri mlajših pa praktičnega. Ne odgovarja njegov odnos do proizvodnje in do ljudi. Nobena delovodje ne more dati samo šola, pravtako tudi obratnega inženirja ne more dati šola. Isto velja za obratovodje, grupne šefe in direktorja. Po visoko razvitih industrijskih deželah je VK delavec že tehnik, na važnejših mestih celo inženir.

Če se obravnava obratovodstvo, se ločita dve liniji: linijska in štabna linija. Linijska je tista, ki se direktno briga za proizvodnjo, študijska pa se bavi z višjimi strokovnimi vprašanji kot kvaliteta, normiranje, higiensko-tehnična zaščita, organizacija dela itd. Profil linijske linije je profil praktika.

Izobrazba je pristopna vsakomur; tudi tisti, ki začne v industrijsko šolo, lahko konča s fakulteto. (V ilustracijo prikazuje shemo, iz katere so razvidne štiri linije, po katerih pride do fakultete in do visoke izobrazbe.)

Sprejemni izpiti morajo biti za vsakogar enaki; s tem posameznik dokaže, koliko zna in če je to dovolj, da vstopi v določeno šolo.

Osemletka je za vse enako osnovna izobrazba. Potem 4 leta gimnazije. Dikak je star 19 let, ko konča gimnazijo in se mora odločiti za nadaljnji študij. Pogosto premalo resno pomisli na svoje bodoče delo in zato so prestopi iz fakultete na fakulteto tako pogosti. Študent šele pozneje spozna, da nima smisla za svoj študij in se odloči za drugo, kar mu bolj leži. Zato bi bilo zelo pametno, da bi bila po gimnaziji obvezna enoletna praksa — fizično delo, na fakulteti pa še sprejemni izpit. Študij traja 17 let, od tega pa je eno leto praksa, torej traja šolanje 16 let. Toda tudi v gimnaziji bi bilo treba spreminiti program učenja, dve leti naj bi bili namenjeni še splošni šolski izobrazbi, zadnji dve leti pa bi se morali usmeriti tako, da bi se posamezniki spoznavali največ s tistim, kar jih najbolj veseli in kar bodo pozneje tudi študirali.

Druga varianta bi bila Tehnična srednja šola. Osnova je spet osemletka, nato 2 letnika gimnazije, da si pridobi splošno izobrazbo. TSS, eno leto obvezne prakse, nato fakulteta. Končni rezultat je 19 let študija, od tega eno leto praksa.

Ko učenec dovrši osemletko, se lahko vpiše v industrijsko šolo. Po končani šoli 2 leti prakse, nato delavska TSS večernega tipa, zatem sprejemni izpit na fakulteti in fakulteta. Študij traja 23 let, od tega je 8 let delne zaposlitve, za kar je plačan, tako da je študija samo 15 let.

Četrty način pa je: osemletka, industrijska šola, 5 let prakse, izvršena večerna šola za VK delavce, sprejemni izpit na fakulteti in fakulteta. Izobraževanje traja 25 let, od tega je 10 let praktičnega dela, torej traja študij 15 let.

To so štirje načini, kako se lahko pride do fakultetne izobrazbe. Vsi štirje, posebno pa še zadnja dva, so povezani s prakso in ko tak inženir nastopi svoje delovno mesto, bo proizvodnjo že precej poznal, prav tako bo spoznan tudi z organizacijo dela in efekt njegovega dela bo večji. Sedaj pa se pogosto dogaja, da mladih inženirjev in tehnikov ne moreš polno zaposliti, to pa predvsem zaradi pomanjkanja prakse v času šolanja.

Tov. direktor se je dotaknil še PIV. Naši inštruktorji so bili že na več tečajih, toda posebnih uspehov pri kolektivni ni opaziti. Inštruktor bi dosegel uspeh samo na ta način, če bi se sam povezal z mojstrom in skupaj z njim reševal probleme ter mu pomagal z nasveti. Toda takšnih primerov ni, oziroma so zelo redki.

Direktor omenja še postdiplomski študij. Diplomirani inženir z nekaj let prakse bi se lahko specializiral za stroko, ki si jo je izbral. V ta namen bi bil poslan na prakso in s tem bi dosegel specializacijo. Drug način bi bil, da podjetje samo pošlje nadarjenega strokovnjaka v kakšen znanstveni inštitut na prakso za eno leto, tam pa dela na problemu, ki ga podjetje ni moglo rešiti. Tam lahko naredi svoj doktorat, dobi titulo znanstvenega delavca in to je za nas specializacija.

Ing. Knez: »Iz današnjega živahnega razpravljanja razvidim, da tudi problema šolstva pri nas nismo popolnoma zanemarili, pa čeprav se moramo v glavnem ukvarjati s proizvodnjo samo. Še posebno razveseljuje pa je dejstvo, da se naš direktor poleg vsega ostalega dela ukvarja tudi s šolstvom in jo v ta namen izdelal tudi prej razloženo shemo. Strinjam se z njegovo razlago o štirih poteh, ki vodijo do visoke izobrazbe, toda pri tem je treba računati tudi na velik izplen. Zanimanja za tehniko ni preveč, še manj pa ga je bilo v prejšnjih desetletjih. Ko je on sam diplomiral, so se samo štirje odločili za tehniko, od tega sta dva postala jurista, eden je »fajral«, tako da je praktično postal inženir on sam. Mi pa rabimo maso ljudi, zato je prav, da v socialistični ureditvi vsakdo pride do izobrazbe. Novi sistem pa nikakor ne sme biti samo odskočna daska za naprej.

Na inženirskem kongresu je tovariš Bole dejal, da naša industrija potrebuje strokovnjake in specialiste. Nihče pa še ni točno definiral, kaj je to »strokovnjak« in kaj »specialist«. Tega ne ve tudi naš DIT in to bi moral nekdo pojasniti.

Na koncu tovariš Knez apelira na mlade tehnike in inženirje, da povedo svoje probleme in nekaj tudi o nepravilnostih, ki so jih zaznali v času šolanja. Oni so še mladi, komaj so končali šolo in gotovo imajo vse to še v spominu, dočim bi starejši o svojih zapažanjih težje govorili.

Z občnega zbora DIT Jesenice

Dne 14. marca tega leta je bil v prostorih Kazine občni zbor občinskega Društva in tehnikov. Navzoč je bil predsednik občinskega ljudskega odbora tov. Treven, glavni direktor ing. Hafner Matevž in preko 100 članov. Po pozdravnih besedah je podal poročilo predsednik DIT, tov. Odlazek Ciril. Poudaril je, da je odboru s primernim načinom dela uspelo bolj ali manj zadovoljivo izvesti zadane si naloge. Te so bile:

Mobilizirati članstvo za aktivno delo v društvi in doseči medsebojno družbeno — stanovsko povezavo.

Nuditi članstvu preko prodavanj in filmov čim večje možnosti za strokovno izpopolnjevanje.

Povezati se s političnimi in gospodarskimi krogi naše občine in sodelovati z našim članstvom pri urejanju splošnih komunalnih vprašanjih ter družbenega standarda.

Pritegniti v naše vrste čim več članov in to tudi takih, ki so na vodilnih delovnih mestih ter jih vključiti v naš strokovni in družbeni program.

Povezati se z Ljudsko tehniko in Mladimi proizvajalci ter jim pri delu nuditi čim izdatnejšo pomoč.

Zaradi neaktivnosti dela članstva te naloge niso bile v celoti izpolnjene, kot bi bilo želeli. Kaže pa, da se je delovanje društva premaknilo z mrtvega tira in da bo naslednje leto še boljše, kljub temu, da se je že letos pokazal lep napredek napram prejšnjim letom.

Društvo ima sedaj 5 sekcij: metalurško, strojno, gradbeno in kemijsko. Poleg tega je v občinskem DIT, Jesenice vključeno še društvo varilne tehnike in društvo livarjev.

Delo v posameznih sekcijah se je odvijalo v glavnem v smeri strokovnega usposabljanja.

Metalurška sekcija, kot najmočnejša, je imela 10 predavanj in diskusijskih večerov ter eno strokovno ekskurzijo.

Strojna sekcija je dala pobudo za izdajanje tehnične strokovne priloge Zelezarja. Imeli so štiri predavanja in so predvajali več strokovnih filmov. V organizaciji Ljudske tehnike pomagajo v predavanju in s filmi. Organizirali so dobro uspelo ekskurzijo v ladjedelnico »3 Maj« in hidrocentralsko Vinodol.

Elektro sekcija je imela 4 debatne večere o najnovejši literaturi in 2 predavanja. Po zaslugi njenih članov je uspelo na Jesenicah ustanoviti »Elektrotehniško društvo«, v katerem so vključeni vsi elektro inženirji, tehniki, električarji in monterji.

Kemična sekcija je tudi imela 4 strokovne sestanke, kjer so predelovali novejšo literaturo in reševali svoje strokovne probleme.

Gradbena sekcija. Z delom se ne morejo pohvaliti in jih ne opravičuje niti stalno menjanje njenega predsednika.

Društvo livarjev je organiziralo tečaj mladih livarjev, ki je trajal 9 dni in 5 dnevni seminar s temo »Napake pri litju«. Predložili in izvedli so že več novatorskih predlogov.

Društvo varilne tehnike. Delo v društvu je bilo zelo razgibano. Organiziranih je bilo 8 predavanj varilskih strokovnjakov iz Zavoda za varjenje v Ljubljani. Specialnih varilnih tečajev v Ljubljani in Mariboru se je udeležilo 10 članov. Imeli so strokovno ekskurzijo in

organizirali so osnovni varilni tečaj za obločno varjenje katerega je absolviralo 25 delavcev Zelezarne Jesenice.

Članstvo DIT sodeluje pri izdajanju »Biltena tehnične dokumentacije«. Bilten v kratkih izvlečkih prinaša vse kar utegne koga zanimati, iz strokovnih revij, ki prihajajo v našo knjižnico.

Za delo s komuno so bile imenovane še posebne komisije kot: komisija za gradnjo kopališča, za urbanistiko in za šolstvo. Za razgibanje kulturnega življenja je poleg zabavnih večerov pozdraviti pobudo, da se prirejajo mesečni koncerti klasične glasbe. Uspeh je bil prav ne pričakovan.

Po poročilu predsednika se je razvila živahna diskusija, v kateri je sodeloval tudi glavni direktor ing. Hafner Matevž. Diskusija je pokazala velik interes za strokovno delo kot družabnost v okviru DIT. Splošno mnenje članstva je bilo, da je bilo delo odbora dobro in uspešno in da je treba s takim načinom dela nadaljevati.

Po razrešnici so sledile volitve novega upravnega in nadzornega odbora.

NASIM SODELAVCEM

1. Strokovni članki naj bodo tipkani samo na eni strani lista običajnega formata in to 5 cm od levega roba. Prava tako naj bo tam, kjer naj bi bila med besedami slika ali diagram, prazno mesto. Na njegovem spodnjem delu pa naj bo natipkana vsebina slike oz. diagrama.

2. Slike oz. diagrame je treba posebej priložiti s seznamom le-teh po vrstnem redu, s katerim so vključeni v članek. Slike oz. diagrame naj bodo tuširani na paus-papirju, njihova velikost pa naj bo približno 2-krat (za majhne do 3-krat) večja od željene velikosti klišeja. Vse oznake na slikah oz. diagramih je treba vpisati čitljivo s svinčnikom. V kolikor to ni mogoče, pošiljajte »čitljive« prostoročne skice.

3. Vsakemu članku je treba dodati še kratko vsebino uporabljene literature, priimek in ime in naslov avtorja članka.

4. Tako opremljene strokovne članke pošiljajte na naslov: »Zelezar - tehnična priloga« (ing. Meda Janko, tehnični biro Zelezarne Jesenice).

POPRAVEK

Na strani 20 smo pri članku z naslovom Aparat za določanje vlage v elektrodah objavili natis, pri kateri bi morala biti pravilno napisano vakuummeter ne vakuometer, kakor je bilo pomotoma napisano.

Pri risbi na strani 21 v prvem stolpcu je bilo pomotoma napisano brana, namesto brama, kar s tem popravljamo.

Uredništvo Tehnične priloge

Tehnična priloga »Zelezarja« — Glasilo DIT Jesenice — Leto I. — Številka 1 — Odgovorni urednik ing. Meda Janko, tehniški biro, tel. št. 495 — Člani uredniškega odbora: Bernard Miloš, tehniški biro; Hrastar Franc, tehniški biro; ing. Sešek ing. Sešek Pavle, energijski oddelk; Stare Marjan, strok. »Gorenjski tisk« v Kranju

I. — Številka 1 — Odgovorni urednik ing. Meda Janko, tehniški biro, tel. št. 495 — Člani uredniškega odbora: Bernard Miloš, tehniški biro; Hrastar Franc, tehniški biro; ing. Sešek ing. Sešek Pavle, energijski oddelk; Stare Marjan, strok. »Gorenjski tisk« v Kranju

Vsebina

Ing. Saša KVEDER	
PROIZVODNJA	
TRANSFORMATORSKE PLOČEVINE (DK 669.015)	25
Ing. Pavle SEŠEK	
AVTOMATIKA SM PEČI (DK 621.052)	28
Ing. Lojze PREŠEREN	
NOVI PROCESI ZA PROIZVODNJO	
KVALITETNEGA JEKLA (DK 669.18)	31
Ing. Franc VIČAR	
ŽARENJE V ATMOSFERI	
ZASČITNEGA PLINA (DK 621.785)	37
Vinko KAVČIČ	
REGENERACIJE ŽVEPLENE KISLINE	
V LUŽILNICAH (DK 661.25)	42
Ing. Karel RAVNIK	
ODZVEPLANJE PRI IZDELAVI	
BAZIČNEGA SM JEKLA (DK 669.183.2)	48
Boris PUH	
METALIZIRANJE (DK 620.197)	51
Ing. Miloš GREGORČIČ	
NOVOSTI IZ TUJE LITERATURE	55
Franc HRASTAR	
IZBOLJŠEVALNI PREDLOGI	55

ING. SAŠA KVEDER
DK 669.015

Proizvodnja transformatorske pločevine

(Nadaljevanje in konec)

IV. Vpliv velikosti kristalnih zrn:

Kljub mnogim nasprotujočim si rezultatom, ki so jih dobili posamezni avtorji v preteklosti glede vpliva velikosti kristalnih zrn na magnetne lastnosti, je vendar v zadnjem času potrjeno mišljenje, da velika kristalna zrna ugodno vplivajo na kvaliteto transformatorske pločevine. Jasno je, da tega problema ni možno obravnavati ločeno od celotnega kompleksa pogojev, ki lahko pozitivno ali negativno vplivajo pri predelavi na kvaliteto pločevine. Povečanje kristalnih zrn je možno le s kritično hladno deformacijo in žarenjem pri relativno visoki temperaturi ali pa s samim visokotemperaturnim žarenjem nad 1000° C. Pri tem pa lahko nastopi škodljiva oksidacija pločevine (kot je bilo omenjeno pri vplivu Al), ki deluje nasprotno ugodnemu vplivu velikosti kristalnih zrn. Pri tem je važna tudi množina vključkov v jeklu, ker ti zavirajo rast kristalnih zrn. Za predelavo v grobo kristalno pločevino se lahko uporabljajo torej le zelo čista jekla brez Al, žarenje pa mora potekati v zaščitni atmosferi.

Kritična stopnja hladne deformacije za transformatorsko jeklo znaša okoli 6 %. Naslednje rekristalizacijsko žarenje, katerega posledica je kritična rast kristalnih zrn, pa mora potekati pri temperaturi nad 900° C.

V. Tehnologija izdelave transformatorskega jekla

Kvalitetno transformatorsko jeklo se najpogosteje izdeluje v obročnih elektro-pečeh srednjih ve-

likosti. To zaradi tega, da je enakomernost silicija v jeklu čim popolnejša in da se lahko omogoči enakomerna razdelitev temperature po talini.

V SM pečeh izdelujemo transformatorsko jeklo redkeje, vendar je vredno omembe, da so nekatere jeklarne v tujini že dosegle zavidljivo kvaliteto SM transformatorskega jekla, tako po čistoči kot po magnetnih lastnostih pločevine. Tak način je n. pr. s prelivanjem jekla v 3 ponovnih in z razžveplanjem v ponovci s posebno prašno zmesjo prahu ali sintetično žindro.

V nadaljnjem bomo opisali le nekatere postopke izdelave transformatorskega jekla v elektro-pečeh.

Osnovni cilj je izdelati transformatorsko jeklo s čim boljšo porazdelitvijo silicija in čim večjo čistočo, tako glede vseh elementov, vključkov in ple- nov, razen silicija; to se doseže le z zelo popolno tehnologijo proizvodnje in s čistimi surovinami. Transformatorsko jeklo se zato prišteva k najkvalitetnejšim jeklom.

Stanje peči: Transformatorsko jeklo se predvsem ne sme taliti takoj za visokolegirano saržo, da ne pridejo v talino elementi kot so: Cr, W in drugi. Pogosto se uporablja pravilo, da se mora pred taljenjem transformatorskega jekla izdelati v peči najmanj 3 nelegirane sarže. Tudi v splošnem mora biti stanje peči zadovoljivo, predvsem pa ognje-vzdržna obzidava in elektrode. Konce elektrod, ki bi se lahko odlomili tekom izdelave sarže, je potrebno odstraniti že prej, da se kasneje talina ne ogljiči.

Vložek in dodatki: Praviloma se ne zalaga suro-vega železa, temveč le najbolj čiste odpadke oglji-

zagotovi dobro razpinjanje, vendar tudi ni potrebno več kot 0,4 % C. Žvepla naj po raztaljenju ne bo več kot 0,030 %, da se ne zavleče sarža in je bolje v primeru visokega žvepla preusmeriti delo v drugo kvaliteto. Rude za oksidacijo naj se pred raztaljenjem vložka ne dodaja, ker je v tem času temperatura že nizka in razpinjanje ne poteka.

Že pred zakladanjem se da na dno apno v približni količini 15 kg na tono, med raztaljenjem pa še apno in jedavec. Žlindra se po raztaljenju popolnoma odstrani in nato obnovi z apnom in jedavcem.

Oksidacijska perioda sarže: Poleg razogljichenja je cilj oksidacijske periode tudi odstranitev fosforja, na katero ugodno vpliva nizka temperatura in pa velika bazičnost žlindre. Za oksidacijo se dodaja rudo v treh ali več obrokih v količinah okoli 10 do 15 kilogramov na tono, tako da je hitrost zgorevanja ogljika okoli 0,3 do 0,6 % C na uro. V odvisnosti od začetne vsebnosti fosforja v talini in hitrosti njegovega odstranjevanja v oksidacijski periodi je potrebno enkrat ali dvakrat odstraniti žlindro in jo obnoviti z apnom in jedavcem. Za razogljichenje pod 0,1 % C obstojata dva načina: nadaljevanje oksidacije z rudo ali pa s kisikom. V prvem primeru se čas oksidacije precej podaljša in je težko doseči razogljichenje pod 0,05 % C. S kisikom se talina razogljichi do 0,02 % C, vendar se s tem načinom lahko nasiti talina s plini, če kisik ni čist in suh.

V splošnem je priporočljivo v tej periodi voditi saržo bolj hladno, da se talina preveč ne nasiti s plini. V jeklarnah, ki razpolagajo z vakuumsko napravo, n. pr. za vakuumiranje taline v ponovci, je priporočljivo povišati temperaturo, ker se plini iz jekla nato odstranijo z vakuumom.

Bazičnost žlindre ugodno vpliva tudi na razžveplanje. Tako se lahko v oksidacijski periodi odstrani tudi do 60 % žvepla.

Na koncu oksidacijske periode se mora žlindra popolnoma odstraniti.

Dezoksidacijska perioda sarže: Po dodatku kosovnega CaSi in žlindre zmesi na golo kopel je možna počasna dezoksidacija z zmesjo, sestoečo iz FeSi, CaSi in Al v prahu. Ta zmes se razsipa po celi površini vsakih 10 minut. Drugi način, za katerega je bilo potrjeno, da daje boljše rezultate glede na razžveplanje, pa se razlikuje od prvega po tem, da se po uvedbi kosovnega CaSi na golo kopel energično

kosti. Škodljiv vpliv Al in Al₂O₃ v talini se poizkuša zmanjšati tako, da se del FeSi nadomesti s CaSi. Rezultati tega načina so zelo dobri (M. Markuszewicz). Običajno se jeklo pred legiranjem izpusti v ponovco, vloži na dno peči FeSi in CaSi in jeklo prelije nazaj v peč.

F. Leitner in E. Plöckinger navajata za izdelavo visokovrednega transformatorskega jekla duplex-postopek. Predhodna talina se naredi v SM ali v drugi peči, dobro dezoksidira z 2 kg/t Al, nato pa v elektropeči do konca izdela in legira.

V SZ se je v zadnjih letih močno razširil način z vakuumiranjem v ponovci. Izmed več variant je najpogostejša naprava s talno vakuumsko komoro, v katero se postavi ponovca z raztaljenim jeklom. Komora se neprodušno zapre in je zvezana z močnimi vakuumskimi črpalkami. Vakuumiranje poteka približno 8 minut v vakuumu 10–40 Torra. Ta način ima mnogo prednosti. Jeklo mora biti bolj vroče, kar ugodno vpliva na proces v peči. Dezoksidacijska sposobnost ogljika naraste tudi do sto-krat in se približa dezoksidacijski sposobnosti Al in iz jekla se izloči pretežna večina plinov. V saržah, izdelanih z vakuumiranjem, je vsebnost ogljika povprečno 0,02 % in ne preseže 0,03 %. Jasno je, da so tudi magnetne lastnosti pločevine iz vakuumiranih sarž zelo ugodne.

VI. Tehnologija izdelave transformatorske pločevine

Valjanje transformatorskega jekla se je razvilo predvsem v dve smeri: hladno valjani trakovi in vroče valjana pločevina.

1. Hladno valjani trakovi:

Vroče valjanje gre do debeline traku okoli 2,2 milimetra, nato pa sledi hladno valjanje do debeline 0,35 mm z enkratnim vmesnim žarenjem pri debelini okoli 0,70 mm. Jeklo za ta postopek ne sme vsebovati preko 3,2 % Si, ker bi sicer bilo prekrhko za hladno valjanje. Na koncu sledi še visokotemperaturno žarenje pri temperaturi 1100 do 1150°C v zaščitni atmosferi vodika ali pa v vakuumu. Na ta način se dobi tako imenovano teksturirano pločevino, ki je magnetno anizotropna — orientacija kristalne mreže je taka, da je prednostna smer za ma-

gnetiziranje v smeri valjanja. Magnetne lastnosti te pločevine so izrazito dobre le v smeri valjanja, kar seveda zahteva tudi posebno gradnjo transformatorskih jeder. Uporaba te pločevine vedno bolj prevladuje posebno v gradnji velikih transformatorjev, vendar v naši državi ne obstoja valjarna, ki bi lahko izdelovala to vrsto pločevine.

2. Vroče valjana pločevina:

Bloki transformatorskega jekla se izvaljajo na trak širine okoli 330 mm in debeline okoli 12,5 mm, ki se vroč razreže na platine dolžine okoli 810 mm. Platine se nato valjajo na pločevino v običajnih trioduo valjarnah za tanko pločevino. Po predvaljanju dveh platin na trio-ogrodju se na duo ogrodjih izvalja pločevina tako, da se vmesno dvakrat ali trikrat segreva in dvakrat dvoji. Na končnem duo ogrodju se torej izvalja skupaj 8 pločevin.

Za razogljichenje pločevine in pravilno kristalno strukturo je velike važnosti dovolj visoka temperatura valjanja. Bloki se segrevajo na temperaturo 1200°C, platine na 1150°C, vmesno segrevanje pločevin pa do 1050°C. Po žarčenju, luženju in rezanju na končne dimenzije sledi žarenje pločevine.

Režim žarenja pločevine je izrednega pomena za magnetne lastnosti pločevine. Da je velika razlika v optimalni temperaturi žarenja kot jo navajajo različni avtorji, je več vzrokov. Predvsem je namen žarenja poprava kristalne strukture in pa povečanje kristalnih zrn. Samo z ozirom na to bi bile ugodnejše višje temperature žarenja. Z višjo temperaturo žarenja pa narašča nevarnost škodljive oksidacije pločevine. Za to so posebno občutljiva jekla, ki vsebujejo Al. Ta se namreč oksidira in fini vključki slabo vplivajo na magnetne lastnosti pločevine. Z izdelavo zelo čistega jekla brez dezoksidacije z Al je možno premakniti optimalno temperaturo žarenja do 900°C. Žarenje nad 900°C pa mora potekati v zaščitni atmosferi ali vakuumu. Brez navedenih mer pa se pločevina žari v območju 750 do 800°C.

Pogosto se pred končnim žarjenjem izvaja hladno valjanje pločevine, in sicer le okoli 6% deformacije, kar predstavlja kritično hladno deformacijo. To ima dve veliki prednosti: zaradi kritične hladne deformacije sledi pri žarjenju kritična rast kristalnih zrn, kar ugodno vpliva na magnetne lastnosti pločevine. Prav tako pa je pomembno povečanje tako imenovanega polnilnega faktorja. Čim večji je polnilni faktor, tem več pločevine gre v enoto volumna, kar je za gradnjo transformatorjev velikega pomena. Polnilni faktor pa zavisi le od površine pločevine. Vroče valjana pločevina ima polnilni faktor okoli 88%, dočim ista s hladnim odvzemom 6% okoli 95%.

POVZETEK

Najvažnejše elektromagnetne lastnosti, ki se zahtevajo od transformatorske pločevine so čim nižje vatne izgube, sestojče iz izgub zaradi histereze in izgub zaradi vrtničastih tokov in pa maksimalne magnetne indukcije pri določeni jakosti polja. Kubični Fe - Si zmesni kristal je magnetno anizotropen in predstavlja najugodnejšo smer magnetiziranja rob kocke (100).

Od vseh primesi v transformatorskem jeklu ugodno vpliva na magnetne lastnosti le silicij, ki se namerno dodaja do 4,2%. Novejše raziskave so pokazale, da je izrednega pomena tudi čistost jekla glede na submikroskopske oksidne vključke.

Nedvomno je, da tudi groba kristalna zrna pozitivno vplivajo na magnetne lastnosti pločevine, če le-ta ni izpostavljena škodljivemu vplivu oksidacije pri žarjenju.

Tehnologija izdelave transformatorskega jekla v elektropeči mora biti taka, da zagotovi čim večjo čistočo jekla glede na škodljive elemente, vključke in pline. To se doseže z dobrim stanjem peči, čistimi surovinami in ferolegurami, kvalitetnim vložkom in pravilno dezoksidacijo taline.

Razžveplanje je možno povečati tudi z dodatkom zmesi apna in jedavca v ponovco. Obstojata še več postopkov, kot prelivanje jekla, duplex postopek in vakuumiranje v ponovci.

Valjanje v transformatorsko pločevino lahko poteka preko hladnega valjanja trakov, ali pa preko vročega valjanja blokov in platin do pločevine. V prvem primeru se dobi pločevino z orientirano kristalno izgradnjo, ki je magnetno anizotropna. Vroče valjana pločevina se valja v običajnih trioduo valjarnah za tanko pločevino.

Posebne pomena je zadostna temperatura valjanja, da se zagotovi razogljichenje pločevine in pravilna kristalna struktura. Žarenje po starem načinu gre pri temperaturah okoli 800°C, v novjšem času pa se uveja visokotemperaturno žarenje v zaščitni atmosferi. Hladno valjanje take pločevine v območju kritičnih deformacij ima za posledico rast zrn pri žarjenju in s tem poboljšanje magnetnih lastnosti pločevine.

Literatura:

Bozorth R. M.: Ferromagnetism - New York 1953
Meyer — Schluster H.: Stahl und Eisen 1953
Yensen T. D.: Stahl und Eisen 1936 zv. 52
Borodulin G. M., Speranskij V. G.: Proizvodstvo transformatornostali v elektropečah — 1957
M. Markuszewicz: Vpliv primarne strukture na lastnosti magnetnega jekla z okoli 4% Si
Leitner F., Plöckinger E.: Die Edeldstahlerzeugung.

Avtomatika Siemens-martinove peči

UVOD

Taljenje jekla v martinski peči je zamotan proces, pri čemer moramo upoštevati vse činitelje, ki vplivajo na tehnične in ekonomske karakteristike.

Kaj zahtevamo od martinške peči?

V glavnem si želimo:

1. Veliko proizvodnost peči, pri čemer moramo dovajati v peč zadostno količino toplote, vzdrževati po možnosti visoko temperaturo ter enakomerno usmerjen plamen, zagotoviti pravi potek kemičnih reakcij v tekočem jeklu ter vzdrževati določen tlak v peči.

2. Podaljševanje obratovalnega časa med dvema remontoma, kar dosežemo z določeno temperaturo oboka peči ter vrha gredelj regeneratorjev z upoštevanjem opeke, odporne proti ognju ter reguliranjem tlaka v peči.

3. Pravilen potek toplotnega režima in ekonomično izrabo toplote, kar dosežemo z upoštevanjem naslednjih pogojev:

- a) čimbolj popolno izgorovanje goriva (vsebnost O_2 v odvodnih plinih 1 — 2 %).
- b) zmanjševanje vsesavanja mrzlega zraka.
- c) zmanjševanje toplotnih izgub skozi stene in odprta vrata.

č) maksimalni povratek toplote v peč s pomočjo pravih reverziranja.

Očito je, da je zelo težko uresničiti vse zgoraj navedene pogoje, celo tedaj, če imamo na razpolago merilne instrumente. Zato ni čudno, da se je prešlo na avtomatiziranje osnovnih operacij.

V svetu, tako na zapadu kot na vzhodu, obratujejo že dalj časa z avtomatiziranimi pečmi. Razne literature in revije navajajo kaj različne podatke za ekonomske in finančne prednosti avtomatizacije. Vsa strokovna književnost pa enodušno priznava, da je avtomatika rentabilna, in sicer tembolj, čimbolj so posluževalci z njo upoznani in čimbolj je uglasena na martinarsko peč kot regulirni objekt.

Nekateri avtorji (sovjetski podatki) n. pr. navajajo kot posledico avtomatiziranja peči:

- manjšo porabo goriva 10 do 20 %
- manjšo porabo materiala odpornega proti ognju od 5 do 10 %
- ter povečanje proizvodnosti peči za 5 do 12 %.

I. POGOJI DELA V SM PEČI, KI VPLIVAJO NA REGULACIJO

Po svojem delovanju razdelimo delo peči v tri faze: zalaganje (staro železo, grodelj) vložka, taljenje in rafinacija. V vsaki izmed teh je režim v peči različen, ker vplivajo nanj različni pogoji, katere narekuje sam proces.

V času zalaganja vložka bi potrebovala peč največjo količino goriva. V tem času se na dno peči zalaga hladen vložek in je stalno treba odpirati zalagalna vrata. Peč izgublja svojo akumulirano toploto zelo hitro. V peč pa lahko dovajamo samo toliko goriva, kolikor ga peč sama prenese. To zavisi od konstrukcije peči, od stanja peči, od načina kurjenja (olje ali plin) in od maksimalne količine zraka, ki je lahko doveden v peč. S temi pogoji je omejena največja količina goriva. V tej fazi je doseganje visoko nastavljenih temperatur nemogoče, vodimo zato režim večkrat ročno.

V času taljenja se toplotni režim peči vedno bolj uravnoveša. Peč lahko dela bolj nemoteno. Vrata ostanejo v vsej fazi zaprta. Ko se kupi vložka v peči toliko razta-

lijo, da se lahko nemoteno razvije plamen, je največja možnost pravih vedenja zgorevanja. Proti koncu prve polovice časa taljenja se akumulira že toliko toplote v komorah, da doseže svojo maksimalno mejo.

Med rafinacijo je toplotni režim delno moten vsled odpiranja vrat za jemanje prob, dodajanja dodatkov v peč in včasih vsled penjenja žlindre. Penjenje žlindre se že lahko popravi proti toncu talilnega časa. Če poteka rafinacija normalno, je tudi v tej fazi možnost dobre regulacije.

V času popravila dna se peč močno kuri, zato tu ni odstopanj od pogojev dobrega zgorevanja plina.

Sam začetek zalaganja (po popravilu dna) je različen in je odvisen od načina dela vsake martinarne. Običajno se 10 do 15 minut kuri peč z manjšo količino plina vsled hlajenja dna zaradi njegove boljše izdržnosti. Vendar je tu veliko različnih mnenj in nekateri dna ne ohladijo tako močno kot drugi.

V času vlivanja tekočega grodlja v peč in na koncu taljenja ter včasih med rafinacijo, če se dodaja ruda, pride do močnega penjenja žlindre. Vsled izločenja CO , ki nad talno zgori v CO_2 , delno pa šele v komorah in pa največ vsled močne odbojne sposobnosti žlindre, temperatura oboka in komor trenutno zelo naraste.

II. SM PEČ KOT REGULIRNI OBJEKT

Avtomatika regulacija peči se sestoji iz regulacije različnih regulirnih količin.

Običajno se regulira:

1. Tlak v peči
2. Razmerje gorivo — zrak
3. Temperatura oboka
4. Avtomatika reverziranja

Vsak izmed naštetih parametrov se samostojno regulira. Regulacija ene regulirne količine ni vezana izven peči na regulacijo druge količine. Vendar se ne more trditi, da je ena regulacija v popolni nezavisnosti, ker imajo isti skupni regulirni objekt, skozi katerega se regulirna shema sklene.

Kakšne zahteve postavlja SM peč v regulaciji?

Režim v peči naj poteka v zahtevah, ki so navedene v uvodu in ki se izkristalizirajo do naslednjih zaključkov:

Regulacija tlaka v peči naj bo izvedena tako, da bo le-ta konstanten med celim ciklom metalurškega procesa.

Razmerje med gorivom in zrakom naj bi bilo konstantno, torej se mora količina zraka kontinuirno spreminjati s spreminjajočimi količinami goriva (razmerje naj bo seveda nastavljivo).

Temperatura oboka naj bi bila stalna.

Reverzorna avtomatika, ki skrbi za pravilno segregiranje plinskih in zračnih komor naj dobiva impulze preklopljanja takrat, ko je pregrevanje komor ustrezno.

S tem bi bile podane osnovne zahteve regulacije, ki pa se, kot bo razvidno iz izvajanja, natančneje ali celo drugače sformulirajo (na pr. tlak).

III. OSNOVNI POJMI REGULACIJE

Če govorimo o regulaciji, potem je nujno, da poznamo napravo, ki jih hočemo regulirati. Ta naprava nam predstavlja regulirni objekt (v našem primeru na pr. SM peč). Vsak regulirni objekt ima običajno celo vrsto fizikalnih količin, ki se med procesom lahko spreminjajo na pr. temperatura, množina zraka, goriva, pritisk v peči itd. Te količine imenujemo parametre peči, če pa jih reguliramo, nam postanejo regulirni parametri ali regulirne količine.

Najbolj običajna je regulacijska zahteva, pri kateri je nastavitvev regulirne količine konstantna (na pr. pri peči želimo, da je temperatura ves čas enaka). To regulacijo imenujemo lahko stabilizacijsko regulacijo.

Regulacijo višjega reda nam predstavlja tako imenovana programska regulacija, pri kateri se nastavitvev regulirne količine med procesom spreminja, in sicer po naprej znanem poteku (na pr. nastavitvev temperature v peči se menja po programu).

Shema regulirnega kroga

Shema regulacije izgleda običajno takole: merilni instrument izmeri dejanski parameter ter ga v regulatorju primerja z nastavljenim parametrom. Razlika med dejansko in nastavljeno vrednostjo nam predstavlja regulacijski impulz, ki se prenaša do regulacijskega organa, ki zavzame takšno lego, da skuša zmanjšati in odpraviti razliko med dejansko in nastavljeno vrednostjo. Pod regulirnimi organi tukaj razumemo na pr. regulatorje za premik ventilov, loput v plinskem in zračnem dovodu itd.

Zaradi metalnih količin, kakor imenujemo vse tisto, kar lahko vpliva na regulirno količino, moramo torej predvidevati omenjeno shemo, ki nam ob neoporečnem delovanju zagarja konstantnost ali programnost regulirne količine.

Za uresničenje zahtev se poslužujemo različnih tipov regulatorjev, ki temeljijo na električnih pnevmatskih ali hidravličnih principih.

IV. AVTOMATSKA REGULACIJA PEČI

SM peč je po svojem namenu metalurška peč, kjer se vodi metalurški proces taljenja železa s svojimi in prvenstvenimi zahtevami.

Avtomatika SM peči pa ima doslej samo možnost voditi nemetalurški, temveč toplotni režim. To pa seveda ni isto.

Dočim se metalurški režim podreja vmesnim analizam tekočega jekla in se nato na te analize dodaja v kopel potrebne dodatke ali podaljšuje faze procesa, bi hotel toplotni režim avtomatike voditi proces čimbolj toplotno ekonomično in hitrejšje. Avtomatika SM peči se doslej ni ozirala in se verjetno tudi poslej ne bo mogla ozirati na kvaliteto jekla, ki se v kopeli ustvarja.

Stanje avtomatike peči je v svetu na takšni stopnji, da še ne more obvladati metalurškega procesa, pač pa smatra — ker ji doslej ni nič drugega preostalo — da je SM peč zanjo toplotni objekt.

Za toplotne objekte pa že obstajajo regulacijske sheme in tudi martinska peč ima svojo. Ne moremo pa še trditi, da obstoja popolno soglasje med metalurškim procesom in avtomatizirano pečjo. V nekaterih državah se resno bavijo z analizo procesa, da bi lažje stavili avtomatiki uresničljive prijeme, s katerimi bi mogli obvladati tudi bolj metalurško plat. Lahko trdimo, da nam SM peč zaradi svojih svojevrstnosti dela pri avtomatiziranju precej težav. Ena izmed neprijetnosti je propustnost opetne obzidave, ki nam zaradi posledice vsesavanja zraka moti nastavitvev razmerja količin zraka in plina. Razen navedenih obstojajo še drugi nedostatk, ki nam zmotijo učinkovitost reševanja avtomatike.

Avtomatika SM peči je torej doslej na običajni stopnji avtomatike toplotnega objekta. Napredek pa je odvisen od aparatur za hitre analize in razvoja kompliciranih računskih strojev. To pa je seveda šele daljna perspektiva.

V naslednjih poglavjih se obravnavajo posamične regulacije bolj podrobno.

A. Tlak v peči

Regulacija tlaka v peči ima namen zmanjšati potrošnjo goriva in povečati obstojnost oboka prednje stene.

Kolebanje tlaka v peči — motilne količine — so povzročene na več načinov:

1. s spremembo količine plina in zraka, ki ga vodimo v peč
2. z neenakim uporom leve in desne strani peči
3. z odpiranjem zalagalnih vrat
4. s pomikom plamena k sprednji steni
5. s tvorbo plinov v kopeli

V praksi se je izkazalo, da pritisk v peči v precejšnji meri vpliva na izgube toplote zaradi uhajanja plamena iz peči in zaradi sesanja zraka v peč, na odgorčevanja obzidave in tvorbo pene v kopeli.

Racionalni režim tlaka v peči mora zagarjati najmanjše izgube zvezane z vsesavanjem hladnega zraka in uhajanjem plinov skozi netesnosti v peči. Prav tako mora povečati vzdržnost obokov in stebričev na sprednji steni ter glavnega oboka, obenem pa pospešiti taljenje s tem, da skrajša periodo kuhanja kopeli in njene aktivizacije.

Prvo nalogo lahko rešimo z zvečanjem pritiska v peči, pri čemer pomaknemo ničelno linijo tlaka na prag zalagalnih vrat, s čimer ustvarimo nadpritisk po vsej njegovi višini. Druga in tretja naloga pa zahteva ravno nasprotno, namreč zmanjšanje pritiska v peči in kot posledico vsesavanje hladnega zraka. Iz obojih nasprotujočih si zahtev nujno sledi, da je treba najti optimalen režim, za katerega se mora dobiti parameter, pri tem pa ugotoviti odjemno mesto za impulz regulacije tlaka v martinarski peči.

Ničelna linija tlaka razdeli peč na dve coni in sicer cono vsesavanja in cono izbijanja plamena.

Statičen tlak v peči je majhen in se računa po obrazcu:

$$h = [\gamma_o - \gamma_p] \times H, \text{ pri čemer pomeni}$$

h — statični pritisk v peči, mm vodnega stebra

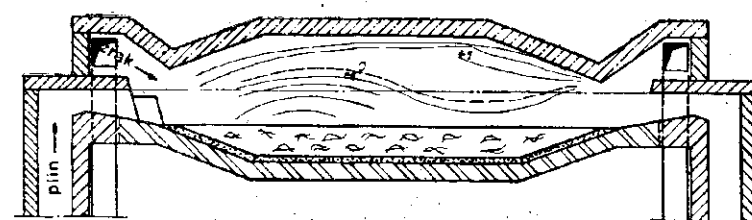
H — višina peči, m

γ_o, γ_p — specifična teža okolišnega zraka in specifična teža produktov gorenja

(OPOMBA: višina peči H je mišljena od nivoja kopeli do oboka peči).

Vrednost h se suče v odvisnosti od temperature produktov gorenja od 1,015 do 1,03 mm vodnega stebra za 1 m višine peči.

Ničelna linija je prostorninska krivulja. Praviloma bi morala potekati pri srednjih vratih do višine opazovalne odprtine.



Slika 1

Literatura navaja izračun izgub zaradi uhajanja plamena in vsesavanja zraka v peč, pri čemer ugotavlja, da je optimalni režim tedaj, kadar poteka ničelna linija 300 do 350 mm nad pragom vrat (ta podatek se nanaša na konstrukcijo peči navedene v literaturi). To se nekako ujema s horizontalno osjo opazovalne odprtine.

Ob takšni razporeditvi ničelne linije je tlak pod obokom 2,5 do 3 mm vodnega stebra. To lahko smatramo kot optimalni parameter za regulacijo tlaka v martinarski peči.

Odmik ničelne linije od praga vrat lahko s precejšnjo natančnostjo izračunamo po naslednjem obrazcu:

$$h = \frac{H}{3 + \sqrt{\frac{T_{sr}}{273}}}$$

kjer pomeni h razdaljo ničelne linije od praga vrat (m), H višina vrat (m).

$$T_{sr} = \frac{T_{plin} + T_{zrak}}{2} \quad T \text{ v } ^\circ K$$

T_{plin} je običajno 1700°C in
 T_{zrak} je običajno 20°C

Za izgube zaradi vsesavanja zraka v peč in uhajanja plina iz peči navajajo avtorji okoli 5%.

Ce kritično pregledamo impulz pritiska, ki ga običajno odjemamo na oboku peči in skušamo ugotoviti, če ustreza stalnosti pritiska na oboku tudi stalnost višine ničelne linije, potem ugotovimo, da se ničelna linija pomika navzgor ali navzdol od svoje optimalne višine, pri tem pa je lahko pritisk na oboku konstanten.

Pritisk je namreč odvisen od prostornine peči, množine goriva, višine nad kopeljo in dolžine peči. Ta funkcija pritiska od parametrov še ni dovolj raziskana, jasno pa je, da mora pravilni pritisk zagotoviti med zalaganjem najmanjše uhajanje plamena skozi vrata, pri taljenju pa preprečiti vsesavanje hladnega zraka. Podatki se nanašajo na dotično peč.

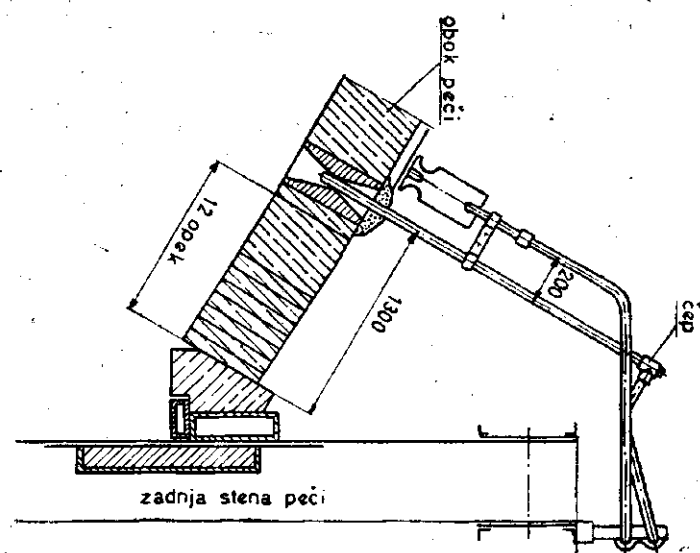
Meritve tlaka na raznih točkah peči pokažejo, da pritisk ni enak po celi dolžini peči (glej skico 1) in da je ničelna linija pritiska v peči prostorninska krivulja. Zaradi takšne oblike ničelne linije je kaj težko izbrati pravo mesto za objem pritiska.

Od vseh navedenih parametrov, ki vplivajo na pritisk je množina goriva, ki se dovaja v peč najbolj odločujoča.

Na kraju se ne sme pozabiti, da je pritisk v peči odvisen še od temperature okolišnega zraka ob različnih časih, ker to vpliva na statičen pritisk v peči, in sicer v mejah od 0,4 do 0,5 mm vodnega stebra.

Iz vsega omenjenega lahko sklepamo, da dosedanja praksa konstantnega tlaka v peči ni najbolj ugodna rešitev. Izkaže se, da bi se tlak moral tekom samega procesa sarže in tekom leta tako menjati, da bi zagotovil vedno optimalen režim peči, to je, da bi ničelna linija pritiska potekala v višini, ki je najbolj ugodna za toplotne izgube.

Za zadnjo konstatacijo zahtevamo nekaj več, kakor je bilo doslej v navadi v pogledu regulacije tlaka.



Slika 2

Skoraj vse regulacije tlaka so bile takšne, da se je impulz tlaka odzema na oboku SM peči. Drugi kompenzacijski vod pa je potekal vzporedno in se je nehal z odprtim koncem tik nad odjemnim mestom impulznega voda (glej sliko 2). Diferenčni pritisk, ki znaša pri SM pečeh običajno od 1 — 2 — 3 mm vodnega stebra, se je vzdrževal preko regulatorja tlaka konstanten.

Ce nam dosednji način regulacije ne posreduje optimalnega režima, je vprašanje kakšne so možnosti za dosedo bolj racionalnega obratovanja. V naslednjih odstavkih skušamo obdelati to stran problema.

Ce še želimo, da naj bo ničelna linija v peči na konstantni višini (ne pritisk na oboku konstanten!), potem bi bilo najbolj preprosto najti direktni impulz za to zahtevo, vendar doslej ni bilo možno direktno fiksirati ničelne li-

nije, zato nam preostane še vedno impulz tlaka v peči za posrednika višine ničelne linije v peči. Ker pa ta pritisk — kakor je bilo razvidno — ne moremo smatrati za verne- ga dajalca impulza, je vprašanje korekcije na dlani.

Potrebni sta dve korekciji:

1. Korekcija zaradi notranjih vplivov peči (večja količina zraka in plina itd.)
2. Korekcija zaradi zunanjih vplivov (na primer temperature in barometričnega tlaka zunanjega zraka).

Kako korigiramo nastavitve tlaka v peči zaradi prvega vpliva?

1. a) Ročno

Med enim ciklom poteka sarže je možno ročno regulirati pritisk s tem, da se nastavitve menja. To delo opravi topilec peči. Pri tem se ne more dati dokončnih številčnih instrukcij, ker je vsa ta peč regulirni objekt zase. Za nekatere peči je najti v literaturi naslednje orientacijske vrednosti:

med popravilom dna in zalaganje	+ 2 mm vod. stebra
med vlivanjem tekočega grodja in taljenjem	+ 2,5 mm vod. stebra
med rafinacijo	+ 3 mm vod. stebra

Neki podatki inozemskih peči pa navajajo kot praktične vrednosti naslednje pritiske v peči:

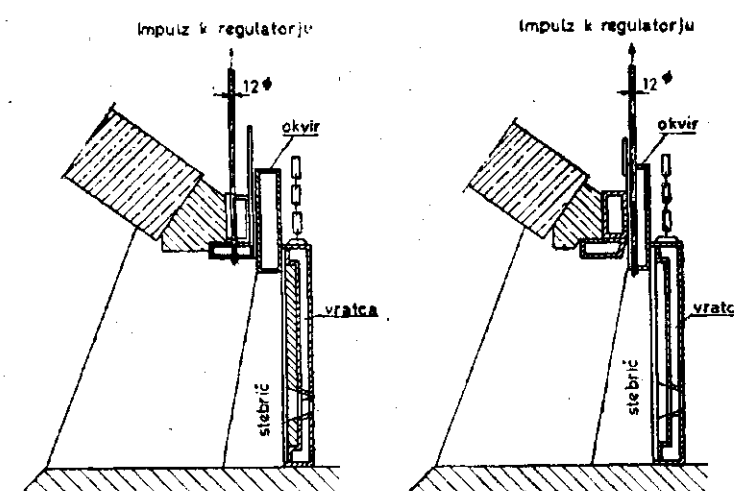
med popravilom	+ 2 mm vod. stebra
med zalaganjem	+ 3—3,5 mm vod. stebra
med taljenjem	+ 2,6—3 mm vod. stebra
med rafinacijo	+ 2—2,4 mm vod. stebra

Zgornji podatki so vezani na posamezne faze procesa in seveda na velikost peči (nastavitveni tlak predvideva odvzem impulza na oboku peči).

Bolj smiselno bi bilo nastavitve menjati ob spremembah dovajanja zraka ali plina. — Tega načina so se nekateri martinari že oprijeli. Naslednja tabela naj nam služi samo za orientacijo.

Nastavitve pritiska v peči v odvisnosti od množine plina in zraka

Pritisk pod obokom mm vod. stebra	Dovajanje koksne- ga plina Nm ³ /h	Dovajanje plavžnega plina Nm ³ /h	Dovajanje zraka Nm ³ /h
1	1000	4500	17.000
1,75	2000	5000	22.000
2,1	3000	4700	26.000
2,5	4000	4500	31.000
1,75	5000	4000	32.000

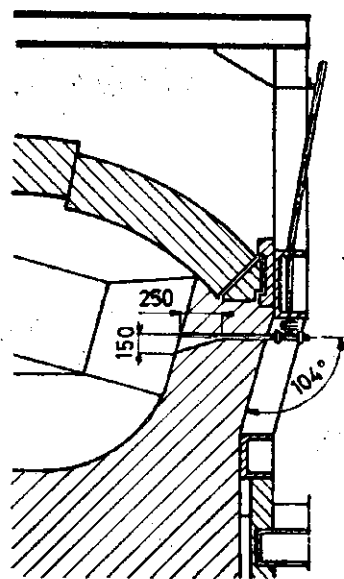


Slika 3

Jasno je, da se optimalni časovni potek pritiska da ugotoviti poizkusno, saj je treba topilcu vedeti le to, na katerem nivoju ničelne linije pritiska naj plamen izbija skozi zalagalna vrata, pri tem pa skuša sam uravnati nastavev pritiska v skladu s to zahtevo.

1. b) Avtomatska korekcija

Pod avtomatsko korekcijo pritiska v peči razumemo korekcijo pritiska z ozirom na impulz, ki ga prejmemo od množine goriva in zraka. Takšen način regulacije pritiska je najbolj smiselni, ker na pritisk v peči od vseh omenjenih količin najbolj vpliva množina dovedenih plinov in zraka.



Slika 4

V praksi ta način še ni poznan, čeprav je teoretsko najbolj osnovan. Nadejati se je, da bodo prihodnje sheme že upoštevale korekture na množino plina in zraka.

2. Omenjena shema seveda ne upošteva še drugih motilnih količin kot n. pr. spremembo temperature in barometerskega tlaka zunanjega zraka, ki vpliva lahko do $\pm 0,5$ mm vodnega stebra. Te motilne količine pa skušamo paralizirati z ustreznimi odvzemi impulza pritiska, kakor se bo videlo iz naslednjega teksta:

Doslej najbolj razširjeno mesto za odjem impulza pritiska je bilo na oboku peči (glej skico 2). Vendar, kot smo že omenili, nam takšen odjem impulza ne jamči za najboljši režim pritiska v peči, ker obstojajo vplivi zaradi spremembe temperature odvodnih plinov, temperature zunanjega zraka in barometerskega pritiska zraka.

Računi kažejo, da je sprememba pritiska pod pečnim obokom zaradi spremembe specifične teže produktov gorenja razmeroma majhna in da je običajno pod občutljivostjo samega regulatorja.

Spremembe pritiska zaradi kolebanja temperature in barometerskega tlaka pa ne smemo zanemariti, ker so iznosi tolikšni, da jih regulator pritiska lahko zazna in s tem tudi uveljavlja (do $\pm 0,5$ mm).

Lahko pa se z impulzom pritiska z oboka peči umakemo na sprednji okvir zalagalnih vrat (glej skico 3) pri čemer dosežemo, da se temperaturni barometerski popravki zmanjšajo pod občutljivost regulatorja pritiska.

Velja načelo, da je smiselno izbirati točke odvzema pritiska v bližini ničelne linije pritiska v peči.

V tem smislu predlagajo izbirati mesto na sprednji steni na stebriču, in sicer na višini malo nad opazovalno odprtino in to čimbolj na polovici peči (glej skico 4).

Nekaj napotkov za izvedbo impulza pritiska tlaka v peči.

1. Impulzna in kopenskijska cev morata potekati vzporedno 18—25 mm Ø.

2. Dolžina vodov ne sme biti daljša od 50 m.

3. Cevi naj bodo položene z nagibom 1:50 ter naj bodo na najnižjem mestu opremljene s kondenzacijskimi lončki.

4. Kontrola na tesnjenje se izvaja s stisnjenim zrakom pod pritiskom 400 mm vodnega stebra; v treh minutah ne sme pritisk pasti za več kot 5 mm vodnega stebra.

(Dalje prihodnjič)

ING. LOJZE PREŠEREN
DK 669.18

Novi procesi za proizvodnjo kvalitetnega jekla

Do leta 1953 je proizvodnja jekla temeljila na treh osnovnih procesih: zračno žilavenje tekočega grodlja določene kvalitete v konvertorju, žilavenje v SM pečeh, kjer je standardni vložek sestavljen iz dela starega železa in dela grodlja določene kvalitete in izdelava jekla v električnih pečeh.

Določene surovine in vedno večje kvalitete zahteve jekla so sicer povzročile razvejnost omenjenih procesov: pri zračnem žilavenju se je skušalo z večjim dodatkom kisika ali s kisikom in vodno paro doseči izboljšanje produkta, s kombinacijo konvertorja in SM peči (duplex) je bila podana možnost izdelave kvalitetnega jekla tudi iz neustreznih osnovnih surovin, v SM peči sami je Talbot proces nudil možnost proizvodnje kvalitetnega jekla iz — za navadni SM proces — neustreznih surovin. Omenjeni osnovni procesi so torej bili v stanju slediti nastalemu surovinskemu položaju in vsaj delno zadostiti kvalitnim zahtevam. Toda pojavilo se je vprašanje ekonomike teh razvejanih procesov. Na splošno moremo trditi, da dodatni stroški večjih ali manjših odstopanj od osnovnega konvertorskega procesa ne krijejo minimalnih kvalitnih izboljšav, dalje da ima duplex proces pozitiven ekonomski efekt le tam, kjer so stroški grodlja zelo nizki (severna Amerika), oziroma kadar skrajšanje časa sarže krije izgube manjšega izplena. Če k temu dodamo še splošno situacijo starega železa, katerega zaloge so v zadnjih letih padle zaradi boljšega izplena modernih valjarn in pojemajoče svetovne zaloge kvalitetne

rude, je razumljivo, da so prav v zadnjih letih metalurgi pristopili k študiju in praktičnim poizkusom ekonomičnejših in enostavnejših procesov, s katerimi bi bili jeklarji v stanju praktično neodvisno od surovinske osnove izdelovati jekla najkvalitetnejših zahtev.

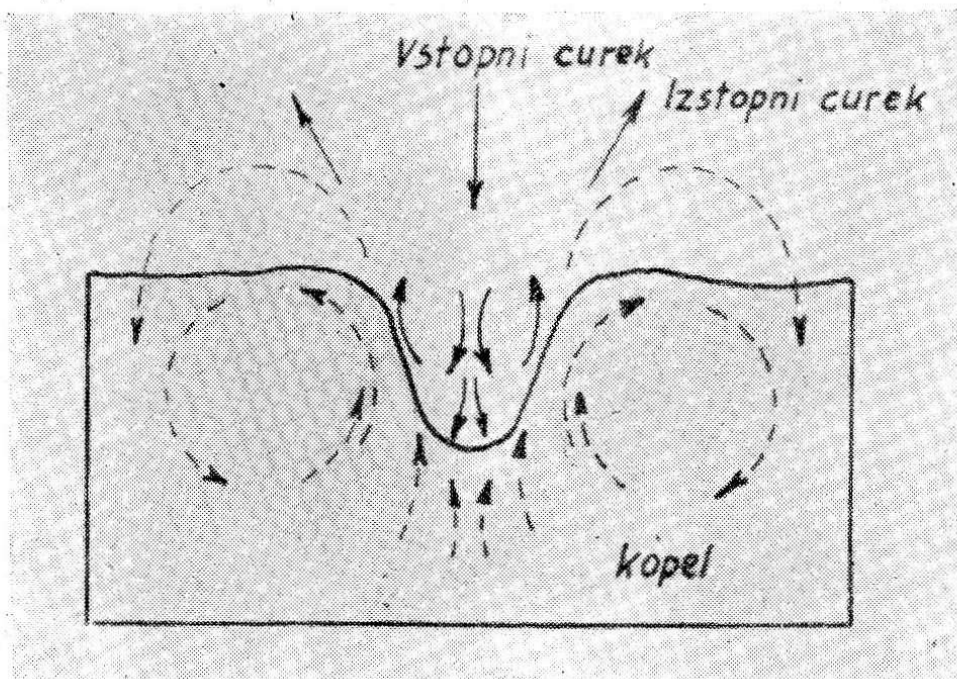
Osnovno nov proces za izdelavo jekla je nastal, ko kisika niso več uporabljali samo kot sredstvo za obogatitev zraka, temveč, ko je postal kisik neodtujljivo žilavilno sredstvo v procesu. Metalurgi so preizkušali s pihanjem kisika na najrazličnejše načine: usmerili so kisikov curek v kopel od strani, od vrha, z večjo ali manjšo izstopno hitrostjo, z večjo ali manjšo oddaljenostjo kisikovega kopja od površine kopeli ali pa celo v kopel samo, dokler v letih 1954 do 1956 niso teoretično in praktično osvojili LD procesa za izdelavo jekla iz tekočega belega grodlja normalne analize. Istočasno so osvojili postopke izdelave kvalitetnega jekla iz fosfornega grodlja po Kaldu, Graefu in 1956. leta po nekoliko spremenjenem LD — tako zvanem LDP procesu.

V omenjenih letih je Tomasov proces doživel ekonomsko neutemeljenost in danes uporabljamo praktično le še konvertor kot takšen, namesto zraka pa uporabljamo delno zrak, ki smo ga obogatili s kisikom za 30 do 32 %, ali pa mešanico kisika in vodne pare kot oksidant novega OW procesa, medtem ko se pri isti surovinski osnovi metalurgi v novih jeklarnah odločajo za moderne procese, kjer nastopa kisik kot edino žila-

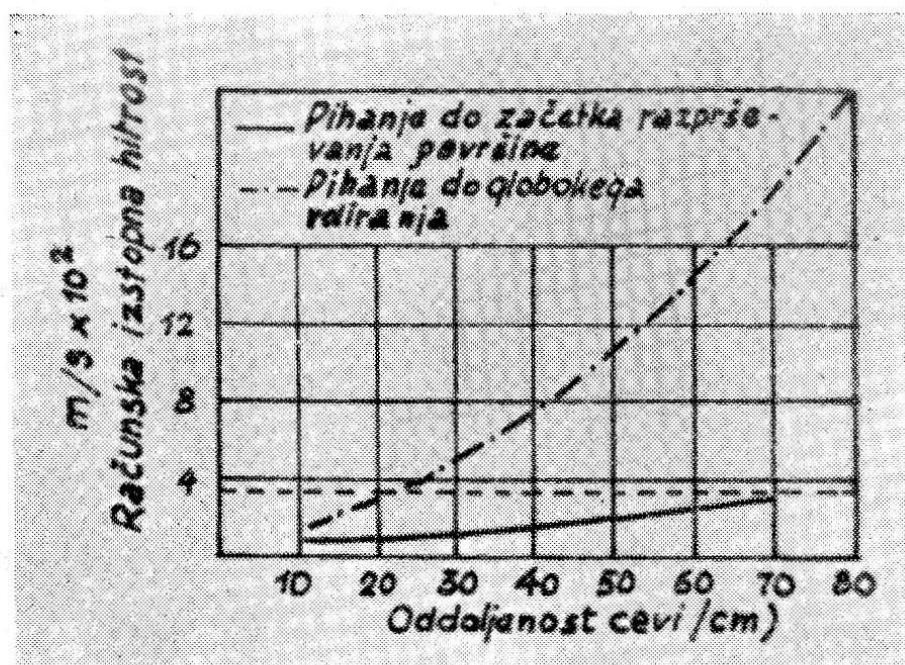
vilno sredstvo. Lahko trdimo, da povzroča v sedanjem času kisik v proizvodnji jekla tisto revolucijo, kakor jo je leta 1856 povzročilo zračno žilavenje v konvertorju. Kisik predstavlja za Kaldo, LD in LDP glavno osnovo, v kisiku pa vidijo danes tudi martinarji ono sredstvo, ki bo verjetno še nadalje utemeljevalo ekonomski obstoj trenutno dobrih SM peči. Vsekakor pa daje tehnični svet že danes pri planiranju novih jeklarn prednost kisikovemu žilavenju v konvertorju ali rotorju pred navadnim SM procesom in je uvedba SM procesa morda le tam na mestu, kjer je potreba po manjših količinah jekla zelo pestrega asortimana. — Prihodnja leta poizkusov v kvalitetnih jeklarnah, kot n. pr. v Bochumu, bodo verjetno ovrgla tudi to utemeljenost SM peči, saj že danes trdijo in dokazujejo jeklarji, da je s kisikovim žilavenjem možno izdelati vse vrste navadnih in kvalitetnih, nizko in srednje ogljičnih ter srednje legiranih jekel.

Glavna predstavnika novega procesa proizvodnje kvalitetnega jekla s kisikovim žilavenjem sta tako zvani LD oziroma LDP in Kaldo proces.

Teorija obeh procesov sledi v glavnem istim zakonitostim: kisik, ki ga pihamo navpično ali pa pod določenim kotom na površino kopeli, reagira direktno z Fe in C. Za pravilno razumevanje posameznih reakcij je potrebno v glavnih črtah opisati mehaniko pihanja na površino. S tankimi kopji in majhnimi izstopnimi hitrostmi kisika ustvarjamo tako zvani laminarni curek, ki lahko prodre globoko v kopel, ker zavzema malo vpadno površino. Vendar je praksa dokazala, da je globoko prodiranje zelo težko ali celo nemogoče doseči. Nasprotno pa je turbulentni curek širši, zavzema večjo vpadno površino in ne prodre globoko v kopel. Globina prodiranja pri obeh curkih je odvisna od oddaljenosti kopja od površine in od izstopne hitrosti kisika. Pri pihanju na površino imamo vedno samo turbulentni curek. — Za določeno globino prodiranja



Slika 1



Sl. 2

v talino so potrebne zelo velike izstopne hitrosti. Curek kisika povzroča na površini poglobitev (sl. 1), nakar se curek zaobrne v nasprotno smer in zaradi trenja s talino povzroča njeno gibanje. Pri zelo velikih hitrostih pa izstopa ta sekundarni curek s tako močjo, da povzroča razpršitev tekoče površine okrog vpadnega mesta primarnega kisika, kar povzroča lokalno cirkulacijo taline. Vendar so izstopne hitrosti za dosego te cirkulacije manjše kot je meja zvočne hitrosti — odvisno od oddaljenosti kopja od površine (sl. 2).

Pri oddaljenosti kisikovega kopja od površine preko 70 centimetrov pa so potrebne hitrosti večje od zvočne. Praksa je ugotovila, da se pojavlja karakteristični rjavi dim le tedaj, kadar pride do prej omenjene cirkulacije površine taline. — kot n. pr. Tomas, ali samo na meji jeklo-žlindra kot SM proces, žilavenje pri kisikovem žilavenju torej ne poteka samo v talini ali samo na vpadni površini primarnega kisika, temveč poteka žilavenje v glavnem iznad površine na razpršenih delcih taline. Čim burnejša je cirkulacija površine, tem večja je žilavilna hitrost, tem večja je količina rjavega dima. Ta ugotovitev predstavlja osnovo za tolmačenje posameznih reakcij LD in Kaldo procesa, oziroma razmejuje karakteristično specifičnost obeh procesov.

Začetna reakcija pri kisikovem žilavenju je:



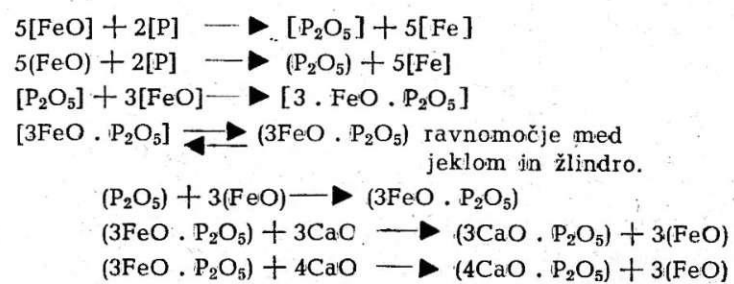
Ker vpada kisik tudi na žlindro, ki se nahaja na površini kopeli, povzroča oksidacijo (FeO) v železov oksidul višje stopnje, ki se z [Fe] ponovno reducira v (FeO).

Odstranjevanje C poteka delno po direktni oksidaciji s kisikom, delno pa preko FeO:

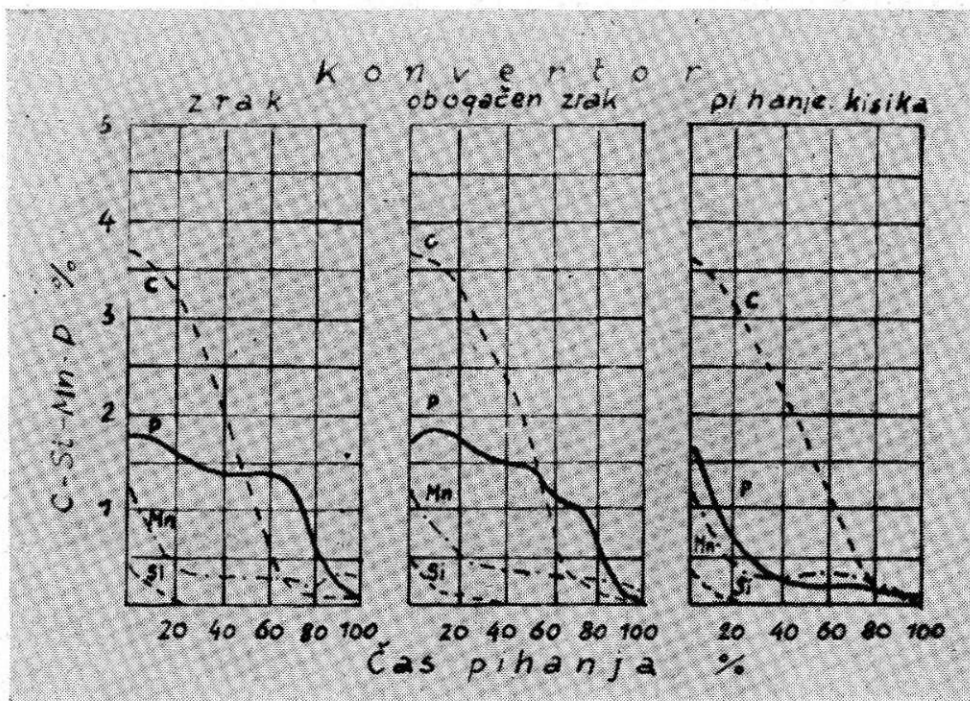


Direktna oksidacija preko kisika poteka v notranjosti taline ali pa na meji jeklo-žlindra. Ko postane žlindra tekoča, potekajo reakcije ostalih elementov Si, P, Mn preko [FeO] in (FeO), torej se more proces smatrati sličen rafinaciji v SM peči. Navzočnost aktivne tekoče žlindre in izredno burna cirkulacija taline dovoljujejo zelo efektivno potekanje medsebojnih reakcij, kar se predvsem odraža v odstranjevanju P in S. Žilavilna hitrost pri kisikovem žilavenju je zelo velika, vendar jo moremo regulirati, kar je LDP proces koristno izrabil. Pri zračnem žilavenju (Tomas) imamo zelo veliko žilavilno hitrost, vendar nismo v stanju občutno vplivati na zmanjšanje te hitrosti, kar ima izredno negativne posledice za celoten proces. Od hitrosti žilavenja je namreč odvisna koncentracija kisika v jeklu. Medtem ko imamo v končni fazi Tomasovega procesa večjo koncentracijo prostega kisika kot pri SM procesu, na začetku procesa manjka kisik. Vzrok je prevelika hitrost zračnega toka in premajhna hitrost enakomerne razdelitve kisika. Šele pri zadržani žilavilni hitrosti, to je pri nizkih vsebnostih C, je tak višek kisika, da nastopi efektnejša oksidacija fosforja. Kadar imamo pri kisikovem žilavenju izhodno surovino beli grodelj normalne analize, predvsem v pogledu P in S, potem je LD proces praktično isti kot pri zračnem žilavenju: izredno velika žilavilna hitrost, oksidacija P je sekundarnega značaja, kratek saržni čas in proces pa spremlja velika količina rjavega dima. Toda praksa je znala pri kisikovem žilavenju izkoristiti drugo specifičnost procesa, in sicer, da se more z regulacijo žilavilne hitrosti, to je z zadržanjem hitrosti zgorevanja ogljika, doseči večjo hitrost oksidacije fosforja. Danes je glavni cilj kisikovega žilavenja v tem, da odstranjevanje fosforja poteka vzporedno ali celo hitreje od oksidacije ogljika, kar pri zračnem žilavenju ni slučaj. Pri kisikovem žilavenju imamo v začetni fazi višek kisika — podobno kot SM proces —, kar pozitivno vpliva na oksidacijo P kljub razmeroma velikim žilavilnim hitrostim; v končni fazi pa ugotavljamo, da je produkt $\text{C} \times \text{O}$ pri nizkih koncentracijah C zelo blizu ravnomočnega pogoja. Konkretno znaša ta produkt pri višjih vsebnostih C — 0,004, pri nizkih vsebnostih C — 0,003, ravnomočni pogoji pa določujejo $\text{C} \times \text{O} = 0,002$. Ravnomočno odstopanje je torej manjše kot pri SM procesu.

Oksidacija P in efektivnost te reakcije sta vezani na tekočo žlindro. Reakcija se vrši v več fazah:



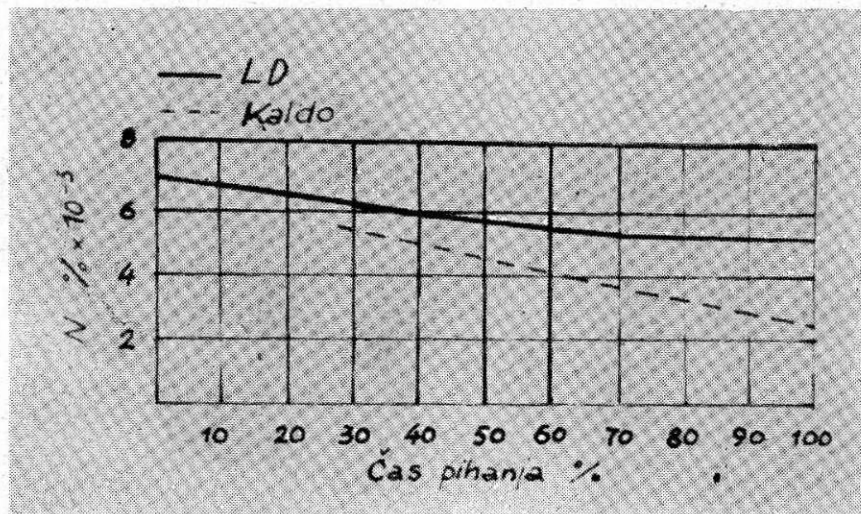
imamo zaradi izredno velike zračne struje skozi talino pod pritisk 0,3 atmosfere, pri SM procesu pa imamo pod skorjo žlindre pritisk CO do 30 atmosfer, kar povzroča burno vretje in dovoljuje pod površino žlindre take koncentracije kisika, da more nastopati oksidacija P tudi pri visokih vsebnostih C. Zaradi dolge rafinacije (1,5 do 2 uri) pride do zadostnih koncentracijskih izmenjav med žlindro in jeklom. Pri kisikovem žilavenju poteka oksidacija P prav tako preko FeO, ločeno od oksidacije C, ker se nahaja v bližini vpadnega mesta kisikovega curka višek kisika v žlindri in v jeklu. Edini pogoj je hitra tvorba aktivne tekoče žlindre za vezanje (P_2O_5) v stabilni kompleks.



Slika 3

Končni produkt je tri- ali tetrakalcijev fosfat, katerega tvorba in stabilnost sta odvisni od tekoče žlindre z dovoljeno prosto bazo in FeO.

Čim večja je vsebnost P v grodlju, tem večjo skrb moramo posvetiti hitri tvorbi tekoče žlindre, tem bolj pride do izraza potreba po regulaciji žilavilne hitrosti. Običajni LD proces,

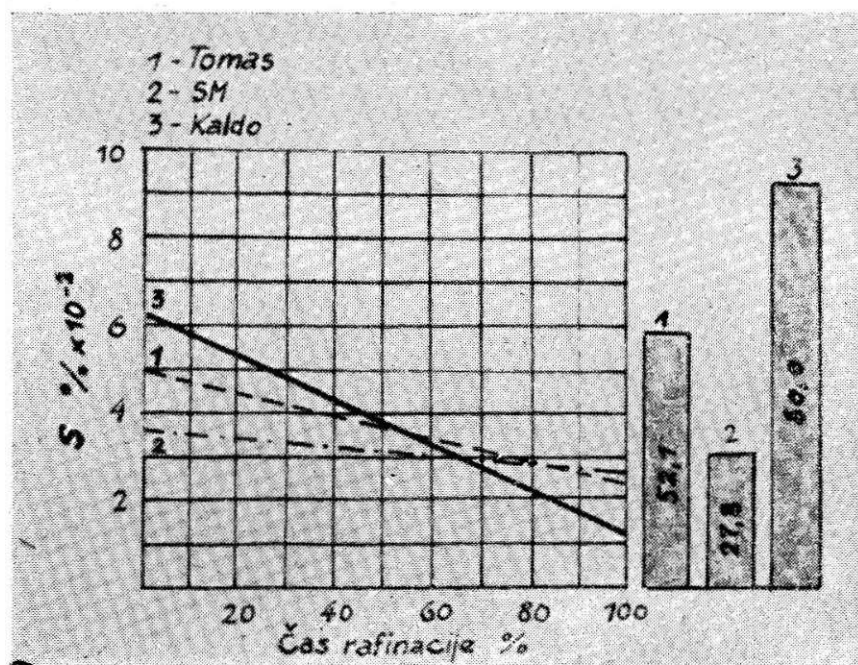


Slika 4

Glavna reakcija odstranjevanja P poteka na meji jeklo-žlindra in v žlindri. Zaradi viška kisika je v začetni fazi kisikovega žilavenja oksidacija P istočasna z oksidacijo C. (Schematični potek reakcij zračnega in kisikovega žilavenja je prikazan na sliki 3.)

V opisanem specifičnem obnašanju istočasne oksidacije C in P sta si LD in SM proces podobna. Pri zračnem žilavenju

katerega so razvili v Linzu in Donawitzu, predstavlja praktično izdelavo jekla iz tekočega grodlja z maksimalno vsebnostjo P do 0,5 % in nj vezan na regulacijo žilavilne hitrosti ali posebno paznjo pri tvorbi tekoče žlindre. Vendar trdijo strokovnjaki, da je tudi pri LD procesu v primeru višjega P kot 0,2 % treba uvesti dodatno fazo odstranjevanja žlindre ob določenem povečanju celotnega apna.



Slika 5

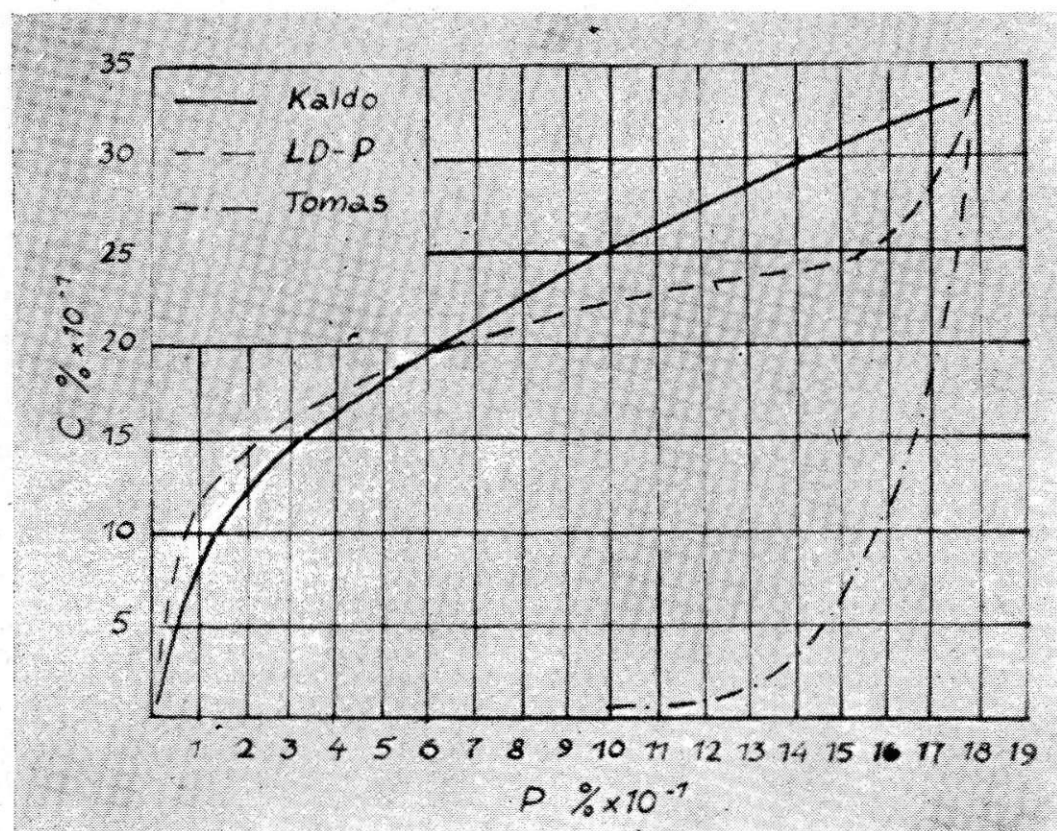
Kaldo proces, ki ga je uvedel prof. Bo Kalling v švedski jeklarni Domnarvet, je tipičen predstavnik kisikovega žilavenja, kjer v rotirajoči posodi z različno hitrostjo rotiranja in pri določeni oddaljenosti kisikovega kopja od površine dosega večjo ali manjšo žilavilno hitrost, višjo ali nižjo temperaturo kopeli, oziroma žilindre in uspeva predelati v kvaliteto

ogljčnega jekla, je treba pri srednje ogljičnih jeklih posvetiti izredno pozornost čim hitrejši tvorbi tekoče žilindre in regulacijo žilavilne hitrosti izvajati zelo previdno. Pri prehitrem žilavenju v začetni fazi se podaljšuje čas tvorbe aktivne žilindre in primanjkuje aktivne proste baze za vezanje fosforne kisline v stabilni kompleks. Omenjeni proces izkorišča rotacijo peči in s tem v zvezi večje ali manjše izkoriščanje toplote zgorevanja CO v CO₂ v peči sami za doseg čimbolj vroče žilindre. Prav ta proces nudi zelo velik toplotni efekt, saj je možno pri določeni rotacijski hitrosti doseči 75-odstotno zgorevanje C v CO₂ v peči sami, medtem ko znaša v konvertorju ta delež le 25 %. To dejstvo, ki prinaša procesu določeni višek toplotne energije, dovoljuje pri Kaldo procesu dodatek rude do 16 % na vložek, medtem ko znaša isti pri LD procesu le do 5 %. Zaradi regulacije žilavilne hitrosti pa ima Kaldo proces še druge prednosti pred LD procesom: kljub uporabi 95 do 98 % kisika ima Kaldo jeklo nižji dušik od LD jekla, ki uporablja 99 % kisik (sl. 4).

Odstranjevanje žvepla je pri predelavi fosforne grodlja učinkovitejše kot pri predelavi navadnega grodlja, saj znaša razžvepljanje v prvem primeru do 80 %, v drugem do 50 %. Vzrok za to je v nižji vsebnosti Si v grodlju, v časovno večji količini proste baze in daljšem saržnem času. Na splošno dovoljuje kisikovo žilavenje razžvepljanje do 0,03 % od začetne koncentracije 0,1 % S (sl. 5).

Konkretno moremo pri kisikovem žilavenju doseči isto stopnjo razžveplanja pri 18 % proste baze v žilindri, napram 25 % proste baze pri SM procesu.

Posebno prakso izdelave kvalitetnega jekla iz fosforne grodlja je uvedla železarna Pompey, tako zvani LDP proces. V bistvu je princip vodenja sarže isti kot pri Kaldo procesu, le da Pompey uporablja enostavni konvertor, kot običajni LD

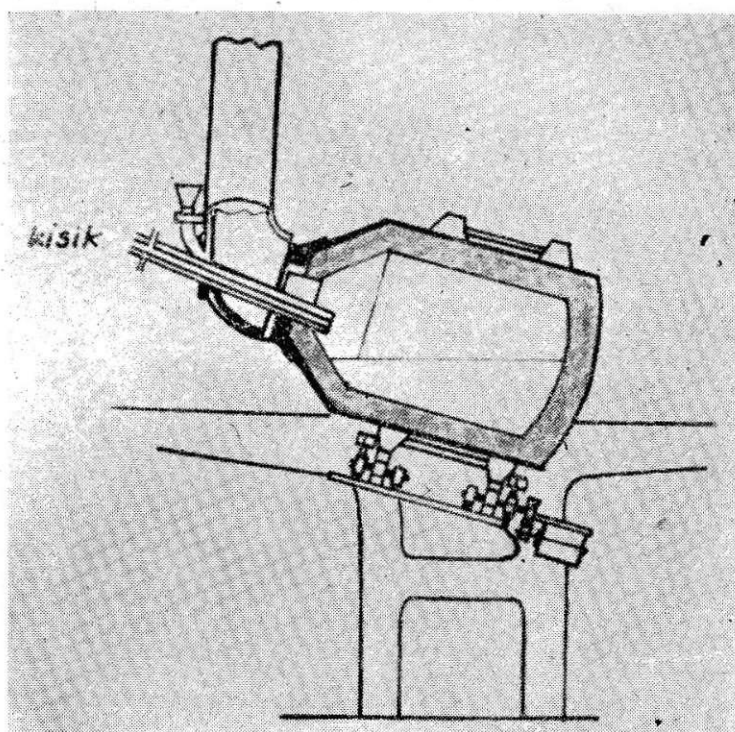


Slika 6

jeklo tekoči grodelj z maksimalno količino fosforja do 2,5 %. V primerjavi z LD procesom ima Kaldo proces manjšo žilavilno hitrost, specifično porabo kisika 43 kubičnih metrov na minuto napram LD procesu s 100 kubičnimi metri na minuto, zaradi tega daljši saržni čas, proces pa spremlja manjša količina rjavega dima. Medtem ko omogoča omenjeni proces brezhibno izdelavo kvalitetnega pomirjenega in nepomirjenega nizko

proces. Spreminjajoče žilavilne hitrosti, ki so nujne za doseg istočasne oksidacije P in C, ustvarja LDP proces s spreminjanjem višine kisikovega kopja, s spreminjanjem pritiska kisika in s tem, da ob koncu procesa odlijemo le jeklo, tekočo žilindro pa zadržimo v posodi. Sestav te aktivne žilindre je: 20 do 25 % FeO, 6 % P₂O₅, 50 % CaO in 8 do 10 % SiO₂. Ta bogata oksidna žilindra takoj reagira z novo količino tekočega grodlja in že

v začetku samega procesa dovoljuje delno oksidacijo Si, P in C. Praksa LDP je zelo točno utrdila medsebojne odnose



Slika 7

žilavilnih hitrosti, lege kisikovega kopja, pritiska kisika in s tem dosegla razmeroma enostaven, vendar zanesljiv proces.

Pri spuščeni legi kisikovega kopja in velikem pritisku zaznavamo veliko žilavilno hitrost in zvišanje temperature, pri gornji legi kisikovega kopja in malem pritisku pa žilavilno hitrost zadržujemo in izredno povečamo koncentracijo kisika v žilindri. S tem pa je ustvarjen pogoj zadostne oksidacije fosforja. Velika količina tekoče žilindre, ki je preostala od prejšnje sarže, nudi izredno aktivno bazo za hitro vezanje fosforne kisline, s čimer je podan drugi pogoj za pravilno odstranjevanje fosforja. Opisana praksa dovoljuje zelo sigurno odstranjevanje P tudi pri srednje ogljičnih jeklih, ($C = 0,2$ do $0,3\%$). Sicer pa so specifični pokazatelji porabe kisika približno enaki s Kaldro procesom. Odlike LDP procesa so v enostavnem postrojenju, enostavnem izvajanju procesa in v krajšem saržnem času; sicer pa proces nima onega pozitivnega toplotnega efekta in dovoljeni dodatek rude znaša do 6% .

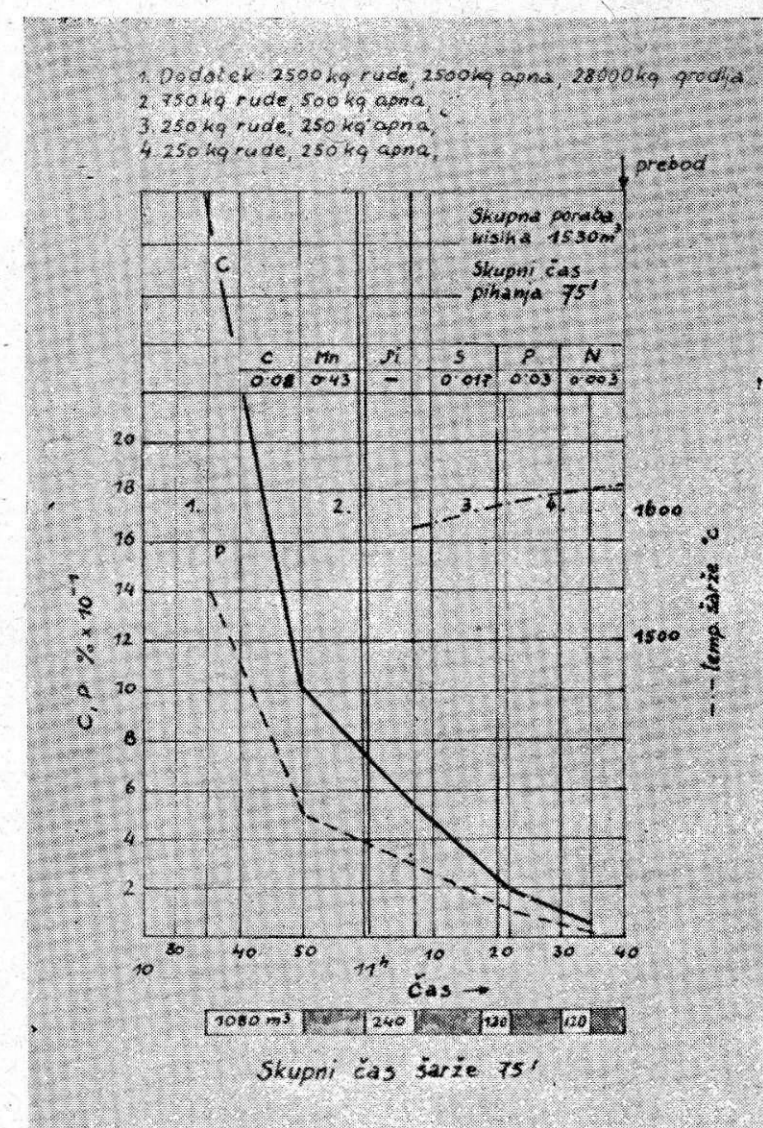
Primer odvisnosti odstranjevanja P od C pri Tomasovem, Kaldro in LDP procesu prikazuje slika 6.

Iz te primerjave moremo zaključiti, da nudita Kaldro in LDP proces pri isti izhodni analizi grodlja končni produkt enake kvalitete pri mehko ogljičnih jeklih, medtem, ko nudi pri srednjih ogljičnih jeklih LDP proces določene prednosti v odstranjevanju P. Primer praktičnega vodenja Kaldro sarže je naslednji:

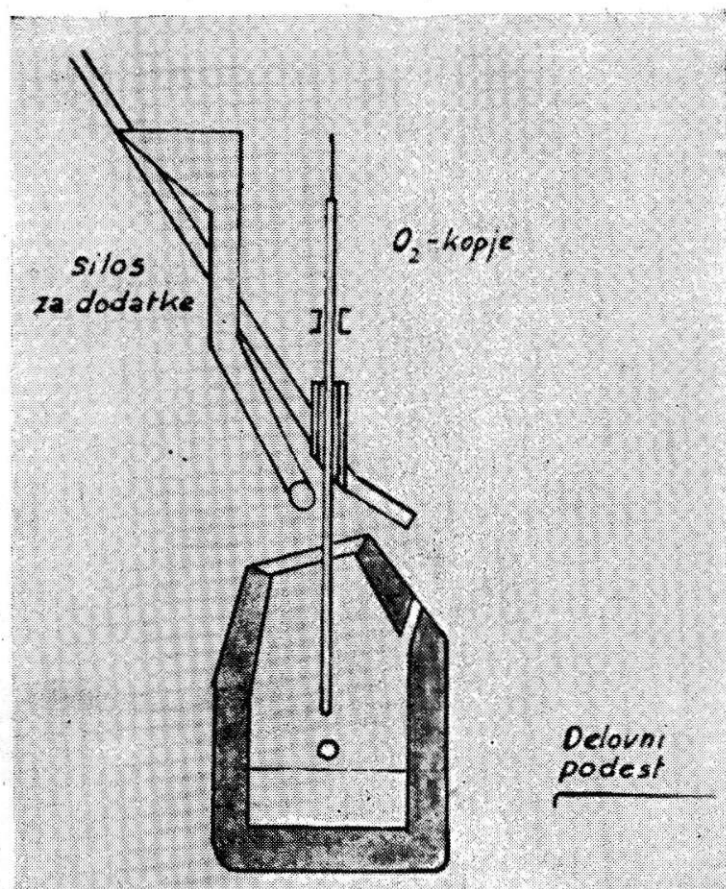
V rotacijsko posodo (sl. 7) vsipamo določeno količino rude in apna ter dolijemo določeno količino tekočega fosfornega grodlja. Začetno fazo oksidacije izvajamo pri specifični porabi kisika približno 40 kubičnih metrov na minuto, ki ga pijamo skozi kopje pod določenim kotom na površino kopeli v oddaljenosti približno 70 centimetrov. Začetna rotacijska hitrost znaša približno 6 obratov na minuto, plamen je kratek in rdeč-rjave barve, nakar se plamen razširi in postane svetel; po 15 minutah je plamen izrazito bel. Pri izdelavi mehkih kvalitet se do približno $0,2\%$ C izvaja proces pri veliki rotacijski hitrosti — 15 obratov na minuto — nato pa se rotacijska hitrost zmanjša. Pri izdelavi srednje ogljičnih jekel izvajamo od vsega začetka proces z malo rotacijsko hitrostjo, kar vpliva na hitrejšo tvorbo tekoče žilindre in večji višek kisika za zadostno oksidacijo P. Pri malih rotacijskih hitrostih namreč zgori velik del CO v CO₂ v delovnem prostoru peči same in ustvarja na ta način dodatno toploto, katera zaradi rotacije

posode hitro prehaja na jeklo in žilindro. Po približno 20 minutah pihanja odlijemo del žilindre, dodamo novo količino rude in apna in ponovno žilavimo do konca sarže. Povprečni čas pihanja znaša okoli 36 minut. Pri določenih pogojih moramo žilindro večkrat odliti in dodati novo količino apna. Slika 8 prikazuje stvarno izdelavo sarže v Kaldro-rotorju.

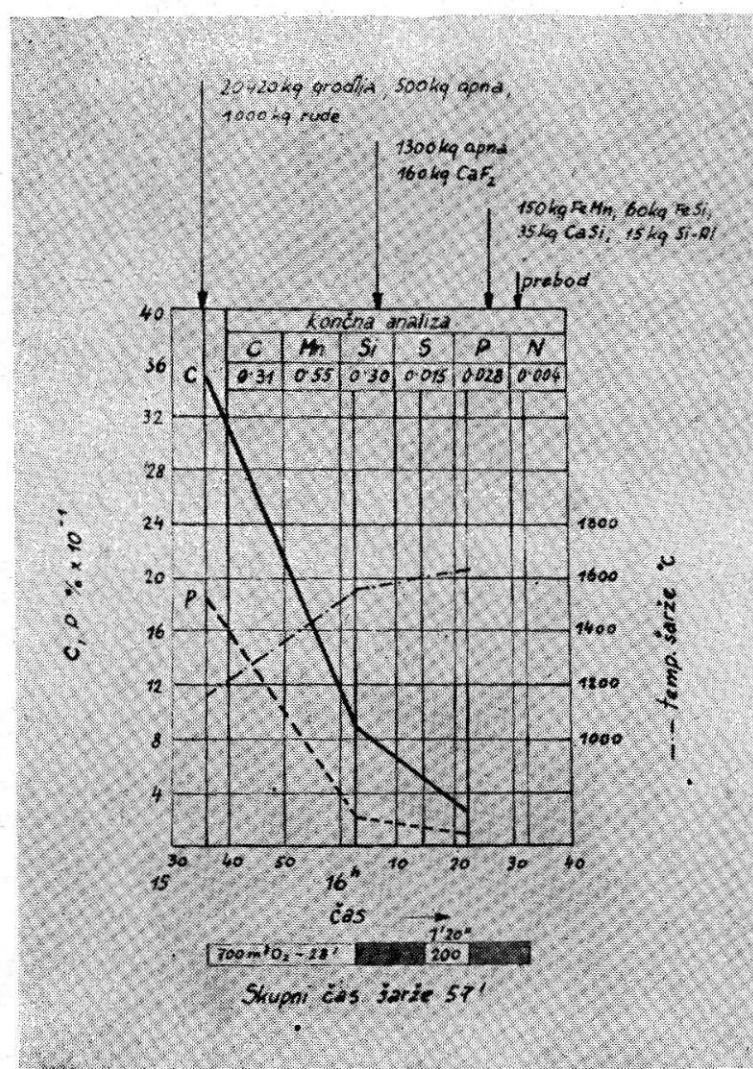
Izdelava LDP sarže: v konverter, kjer se nahajajo določena količina tekoče žilindre končne faze prejšnje sarže, s približno analizo CaO — 50% , SiO₂ — 9% , FeO — 22% , P₂O₅ — 6% dolijemo določeno količino tekočega fosfornega grodlja. Ze med dolivanjem pride do burne reakcije grodlja z žilindro, nakar pričnemo s pihanjem kisika. Dve do 3 minute dodajamo kisik pri najnižji legi kopja 0,7 m pri pritisku 7 atmosfer in specifični porabi približno 50 kubičnih metrov na minuto. Ta praktični prijem nudi veliko začetno žilavilno hitrost žilindre in kopeli; s tem se ustvari izredno aktivna žilindra. Med pihanjem dodamo 4% apna in do 6% rude. Po 3 minutah pihanja dvignemo kopje na oddaljenost 1,2 do 1,4 m in kisik dodajamo pri pritisku 4 do 5 atmosfer in specifični porabi 23 kubičnih metrov na minuto. To dejstvo povzroča zadržano žilavenje in večjo hitrost oksidacije P zaradi velike koncentracije kisika v žilindri. Po približno 14 minutah — pri $C = 1,4\%$ — se začetno žilindro odlije pri sestavi 50% CaO, 7% SiO₂, 6% FeO in 22% P₂O₅ (umetno gnojilo). Nato se prične druga faza procesa z novim dodatkom apna in rude, kjer pijamo pri 1,2 metra oddaljenosti kisik pod pritiskom 5 do 6 atmosfer in specifično porabi okoli 35 kubičnih metrov na minuto. Končni 2 minuti pijamo z velikim pritiskom in oddaljenostjo 1,2 metra, s čimer dosežemo veliko končno žilavilno hitrost in hitro povišanje temperature kopeli. Jeklo odlijemo tako, da nagremo konverter skozi prebod, ki je nameščen na najnižjem delu trebuha konvertorja, žilindro pa obdržimo v posodi za naslednjo saržo. Slika 9 prikazuje shematični prerez LDP konvertorja, slika 10 pa stvarno izdelano saržo po LDP procesu.



Slika 8



Slika 9



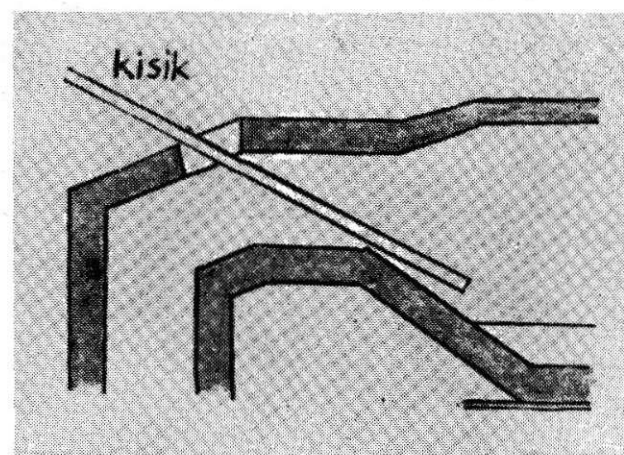
Slika 10

Omenjeni procesi kisikovega žilavenja dovoljujejo torej izdelavo kvalitetnega jekla praktično neodvisno od surovinske baze, le z nekoliko izpremenjeno prakso vzpostavitve učinkovitih oksidacijskih pogojev in izdelave aktivne žilavice. S tem je dana možnost izrednega povečanja proizvodnih kapacitet kvalitetnega jekla.

Povsem naravno je vprašanje, v kakšno ekonomsko razmerje moramo postaviti sodobni SM proces pri standardnih surovinah in kvalitetnem gorivu ter trenutno najbolj ekonomski kapaciteti SM peči. Kisikovo žilavenje na splošno zavzema vedno širše interesno območje in pri planiranju novih jeklen dajemo že danes prednost kisikovemu žilavenju.

Vendar skušajo martinariji obdržati ekonomsko utemeljenost svojih agregatov s tem, da uvajajo v rekonstruirane SM peči vedno večje količine kisika v fazi taljenja in rafinacije, s čimer so dosegli izredno zadovoljive rezultate. Po podatkih poizkusov v Rusiji, Angliji, Ameriki in Italiji so z dodatkom kisika za izboljšanje zgorevnih pogojev direktno v gorilec ter za izboljšanje žilavenja skrajšali skupni saržni čas v določenih primerih tudi preko 100 %, odvisno od količine porabljenega kisika in kvalitete izhodnih surovin.

Slika 11 kaže več primerov načina dodatka kisika v fazi taljenja — direkten dohod kisika skozi plinski gorilec — in v fazi rafinacije. Pri povprečni porabi do 35 kubičnih metrov na tono moremo pričakovati skrajšanje rafinacijskega časa za preko 100 % poleg ostalih prednosti, ki jih kisikovo žilavenje nudi. Konkretno moremo doseči veliko povečanje proste baze, kar vpliva na učinkovitejšo razžveplanje in znižanje FeO, s tem pa se tudi zmanjšuje kisik v jeklu; kisikovo žilavenje dovoljuje tudi občutno zmanjšanje porabe goriva, ker se v času dodatka kisika gorivo reducira na minimum. Časovni prihranek v fazi taljenja in rafinacije je neposredno odvisen od količine porabljenega kisika. Konkretno so v železarni Appleby, kjer predstavlja v 250-tonskih SM pečeh vložek fosfori grodelj (1 do 1,2 % P) v količini 55 %, pri porabi kisika 67 kubičnih metrov na tono, uspeli znižati saržni čas od prvotnih 16 ur na 5,25 ur, s čimer so povečali storitev od 20 na 41,7 tone na uro. V železarni Cornigliano so uspeli povišati storitev od 26 na 55 ton na uro, pri čemer predstavlja vložek približno 60 % tekočega grodlja normalne analize. Treba pa je poudariti, da moramo pri preusmeritvi standardnega SM procesa na forsirani proces z večjo porabo kisika izvesti detajlne študije o rekonstrukciji peči, načinu dodatka kisika, količini kisika, najprimernejšem času za dodatek kisika, izbiri šob in pritisku ter končno o vzdržnosti ognjestalne opeke v gornjem in spodnjem ustroju peči.

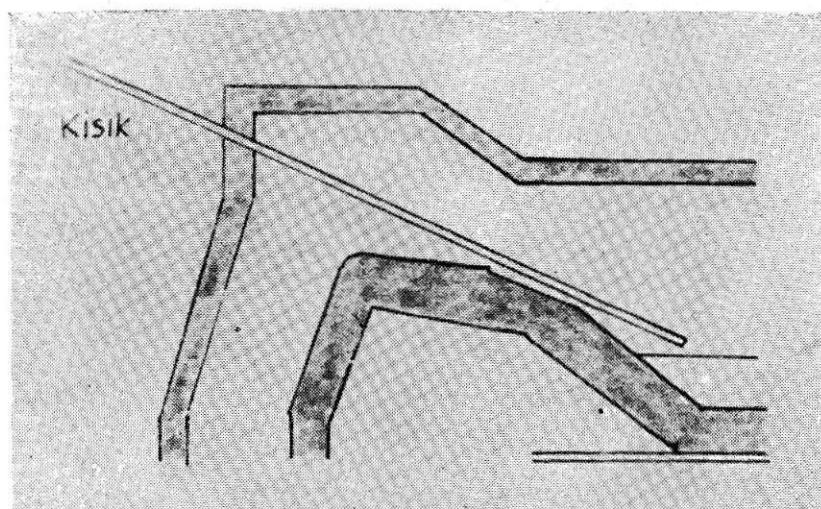


Slika 11a

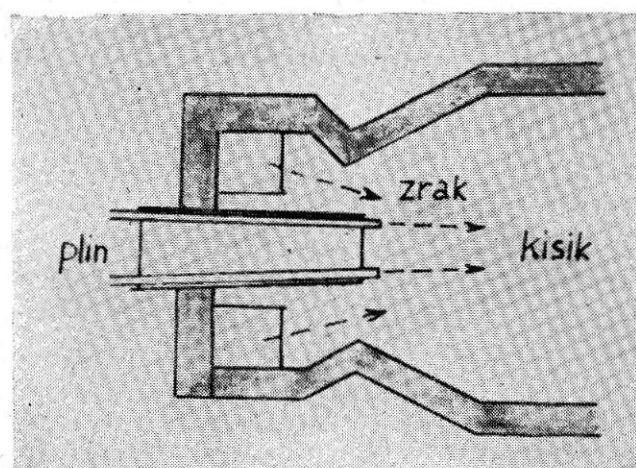
Glede rekonstrukcije SM peči je predvsem posvetiti skrb zračnim gredelam, kajti zaradi ogromne količine prahu bodo normalno grajene gredele v nekaj dneh zamašene.

Nepravilno dovajanje kisika za izboljšanje zgorevnih pogojev lahko izredno toplotno obremeni gornji ustroj peči, predvsem obok, ne bo pa nudil zaželenega efekta v skrajšanju talilnega časa.

Dovod kisika se mora usmeriti skozi vodohlajeno šobo tako, da tvori na spodnjem delu plinskega ali oljnega pla-



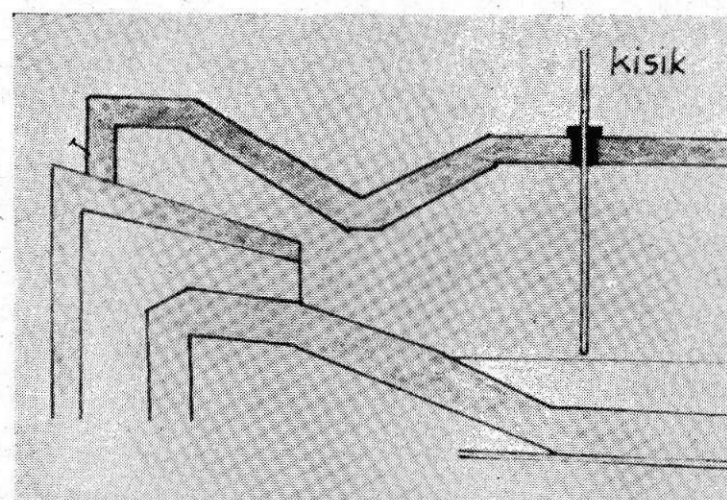
Slika 11b



Slika 11c

mena izredno vročo zgorevno ploskev, ki prenese toploto neposredno na površino kopeli. Zato je zelo važna izbira kisikove šobe, pritisk kisika in oddaljenost šobe od plamena. Po rezultatih ruskih preiskav je treba doseči optimalno skrajšanje talilnega časa takrat, kadar dovajamo kisik skozi 2 cevi pod kotom 7 do 12 stopinj ob steni plinskega gorilca, — oziroma izpod oljnega gorilca, kadar je peč kurjena 100-odstotno s tekočim gorivom. Ekonomika forsiranega obratovanja SM peči z uporabo kisika je odvisna tudi od deleža tekočega grodlja v celotnem vložku. Najpovoljnejše rezultate so dosegli pri približno 60-odstotnem dodatku tekočega grodlja. Na splošno moremo trditi, da je lahko doseči zelo veliko povečanje storitve pri SM pečeh s kisikom le tedaj, če so vsi pogoji — surovine, gorivo, konstrukcija peči, transportni pogoji, avtomatična regulacija, vlagalni čas — idealno izbrani.

Iz vsega navedenega moremo zaključiti, da je postal kisik eno najvažnejših pogonskih sredstev, brez katerega si ne moremo misliti ekonomskega obstoja moderne in tudi starejše jeklarne. Pozitivni rezultati zelo številnih poskusov in rednega obratovanja so v glavnem nakazali smernice, kako se lotiti rekonstrukcije peči, oziroma načina dovajanja kisika. Ni pa še rešeno vprašanje slabše vzdržnosti, predvsem obokov, zaradi česar danes še ne moremo prikazati vseh pozitivnih faktorjev, ki jih nudi poraba kisika.



Slika 11d

Uporabljena literatura:

Journal of Iron and Steel, november 1958;
Journal of the iron and steel institute, september 1958;
Metallurgizdat, julij 1958.
Praktično izvedene probe na SM peči št. 1 — Jesenice.

ING. FRANC VIČAR
DK 621.785

Žarenje v atmosferi zaščitnega plina

Pri hladni predelavi tračnega jekla ali žice se le-ta utrjuje. Raztržna trdnost narašča, pada pa raztezek in zmanjšuje se sposobnost za nadaljnjo predelavo. Vsaka kovina ima svojstveno sposobnost za predelavo, t. j. za valjanje ali vlečenje v hladnem stanju, ta pa zavisi od strukture kovine. Jeklo z nizkim procentom ogljika ima zelo veliko sposobnost predelave v hladnem stanju, dosežemo lahko do 90 % predelave. Površino prereza zmanjšamo za 90 % in material se temu primerno podaljša, pri tem pa se trdnost poveča od začetnih 32 kg/mm² na 100 kg/mm², raztezek pa se zniža od 30 % na 2 %. Pri taki predelavi pa obstoji že nevarnost, da uničimo sam ma-

terial in delovno orodje, zato take močne hladne predelave v praksi ne uporabljamo, ampak tračno jeklo »vmesno mehko« žarimo. Vmesno imenujemo zato, ker to žarenje vršimo med dvema valjanjima, mehko žarjenje pa zato, ker hladno valjan in utrjen trak postane zopet mehak. S hladnim valjanjem smo strukturo kristalov uničili, izkoristili smo njih drsno sposobnost, a z žarjenjem kristalom to drsno sposobnost in s tem sposobnost za nadaljnje hladno valjanje vrnemo, zato pravimo, da si kristali opomorejo. Če je naročeno mehko belo žarjeno tračno jeklo, žarimo lahko tudi končno in to žarjenje imenujemo končno mehko žarjenje.

Površina hladno valjanih trakov je svetla, bela in gladka, in to površino moramo tudi obdržati. Oksidi železa na površini trakov uničujejo površino trakov in površino delovnih valjev, zato oksidirana površina ni zaželena. Ogrevanje železa pri višjih temperaturah v zraku je nujno povezano z oksidacijo železa na površini trakov. Kisik zraka se veže z železom v železove okside in površina ni več svetla, ampak se z ozirom na debelino oksida in temperaturo, pri kateri je ta oksid nastal, obarva od rjave preko modre do sive barve. Debelina oksidne skorje ni povsod enaka in zavisi od različnih faktorjev: količine zraka, temperature in zakona difuzije. Oksidno skorjo lahko odstranimo kemično z luženjem v razredčeni žvepleni kislini, s tem povečamo izgube železa in zmanjšamo izplen hladno valjanih trakov. Razen znižanja izplena, zaradi različne debeline oksidne skorje, dobimo tudi različno debelino tračnega železa po luženju. Predpogoj za izdelavo različnih kvalitet hladno valjanih trakov pa je konstantna in do stotinke milimetra natančna debelina, zato luženje ne pride v poštev za čiščenje oksidov med hladnim valjanjem. Zato moramo nastajanje oksidov pri mehkem žarjenju preprečiti. Nastajanje oksidov pa lahko preprečimo na dva načina in to, da žarimo v razredčenem zraku in z žarjenjem v atmosferi zaščitnega plina.

Žarjenje v razredčenem zraku vršimo v globinskih žarilnih pečeh. Ta postopek imenujemo žarjenje v »vakuumu«. Način vlaganja je sledeč: v žarilni kotel na tri nosilne palice obesimo tračno jeklo in pokrov kotla tesno zapremo, na pokrovu odpremo izpušni ventil. Vakuumski sistem žarjenja izkorišča zakon Gay-Lusaca, ki pravi, da plini pri ogrevanju za 1°C povečajo svoj volumen za 1/273 volumna pri 0°C, pri konstantnem pritisku. Konstantni pritisk v kotlu imamo, ker se skozi odprti ventil pritisk vedno lahko izenači z okolico. Pri ogrevanju materiala ogrevamo tudi zrak, ki se v žarilnem kotlu nahaja.

Volumen zraka v kotlu je 1,328 m³. Ko v kotel vložimo tračno jeklo, nam to izpodrine toliko zraka, da znaša volumen zraka v kotlu še 1,137 m³. Žarilni kotel nato vložimo v peč in ga ogrevamo od 20 do 750°C, s tem ogrevamo tudi vložek v kotlu in zrak.

Volumen zraka se pri ogrevanju od 20 na 750°C poveča od 1,137 na 4,26 m³, kar lahko izračunamo po enačbi Gay-Lusac-a.

$$V_1 = 1,137 \cdot \frac{273 + 750}{273} = 4,26 \text{ m}^3$$

Volumen zraka se je povečal, ni se pa povečal tudi volumen žarilnega kotla in tudi pritisk je ostal konstanten, zato mora zrak, ki veča svoj volumen, skozi odprti ventil izhajati v prostor. V žarilnem kotlu nam je tako ostalo samo 26,5 % prvotnega zraka, 73,5 % zraka pa je skozi ventil odšlo v prostor.

V istem razmerju pa se zmanjša tudi količina kisika v preostalem razredčenem zraku. Količina ki-

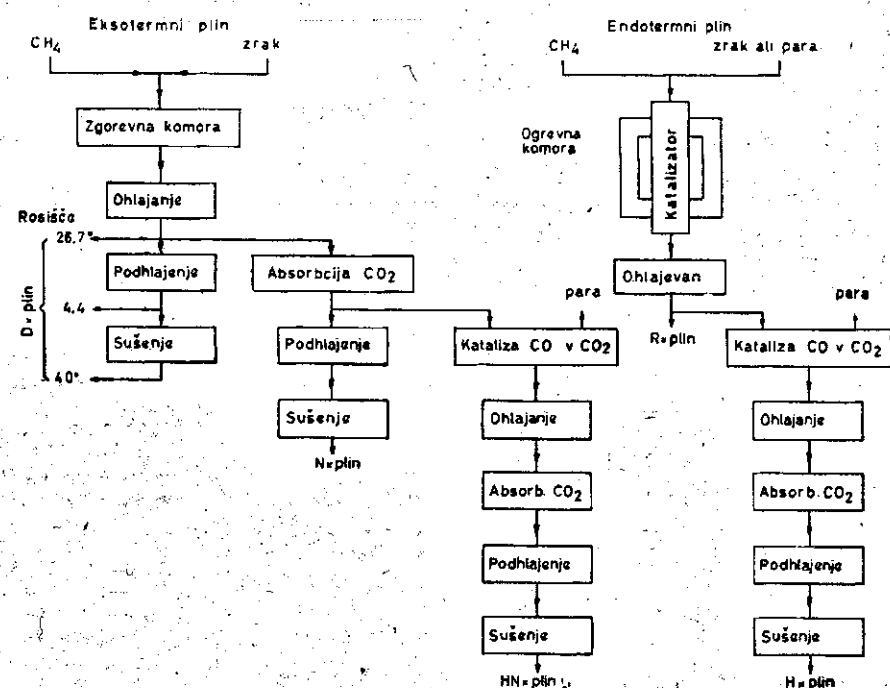
sika je znašala v hladnem zraku 0,238 m³ pri ogretim razredčenem zraku pa znaša samo še 0,063 m³.

Ko je žarjenje končano, ventil na pokrovu kotla hermetično zapremo in ohlajujemo žarjeno tračno železo v razredčenem zraku. Ko se 1,137 m³ zraka ponovno ohladi od 750 na 20°C, znaša njegov volumen samo še 0,303 m³. Zaradi tega nastane v žarilnem kotlu podpritisek in od tod tudi ime žarjenje v »vakuumu«.

Količina kisika, ki ostane še v kotlu, je minimalna in zato ostane površina tračnega železa bela. Oksidirajo pa zunanji navoji kolobarjev in robovi traku, na mestih, kjer lahko pridejo v stik s kisikom. Površina traku je za nadaljnjo predelavo dovolj svetla in primerna, ni pa primerna in dovolj čista za posvinčenje in pokositrenje. Poleg tega, da so robovi delno oksidirani, pa se pojavlja pri tem načinu žarjenja delno razogličenje površine žarjenih trakov. Da bi se izognili vsem tem napakam, se je razvil postopek žarjenja v zaščitni atmosferi. Prisotni zrak izpodrinemo in nadomestimo s plinom, ki pa mora biti nevtralen, jekla ne sme oksidirati, niti razogličiti. V poštev pridejo vsi žlahtni plini, dušik in drugi. Vendar je pridobivanje vseh teh plinov predrago, tako da razen dušika ne pridejo v poštev za veliko industrijsko uporabo.

V inozemstvu so v zadnjem času razvili celo vrsto postopkov za pridobivanje zaščitnih plinov. Postopke v glavnem delijo v dve večji skupini in to eksotermno pridobljeni plin in plini, katere proizvajajo endotermno. Največ uporabljajo pline, ki jih pridobivajo eksotermno. Z delnim izgorevanjem koksarniškega plina, ali plina mestnih plinarn, dobijo nov plin, ki ga uporabljajo kot zaščitni plin pri žarjenju. S količino zraka za zgorevanje lahko točno regulirajo sestavo zaščitnega plina. Tako dobljeni plin nato ohlajajo, da kondenzira vlaga in s tem znižajo rosišče tega plina do 27°C, če ta plin pa ohlajevanju še sušijo v sušilnih sredstvih, kot je aktivirani aluminijev oksid ali pa silikagel, lahko količino vlage zmanjšamo tako, da znaša temperatura rosišča + 4 do - 50°C. S pranjem pa iz teh plinov lahko odstranijo še ogljikov dioksid. Slika 1 prikazuje shemo pridobivanja različnih vrst zaščitnega plina.

Koksarniški plin ali plin iz plinarn v zgovalni komori delno zgori, nato ga ohladijo in osušijo, tako da znižajo rosišče tega plina do - 40°C. Tako znižajo tudi količino vodne pare v plinu in preprečijo kondenzacijo vode na žarjenem materialu. Na ta način pridobljeni plin imenujemo DX plin, v Nemčiji pa ga imenujemo ekso-plin. Če za zgorevanje dodajo več zraka, tako da večina ogljikovega monoksida zgori v CO₂, a nastali CO₂ pa nato v etanolaminskih ali alkacidnih raztopinah absorbirajo, dobijo nov plin. Plin ohladijo in sušijo, da odstranijo še vlago, tako dobljeni plin imenujejo NX plin. Modifikacijo plina lahko nadaljujejo še naprej, tako, da po absorpciji CO₂ preostali CO s pomočjo vodne pare in katalizatorjev spremene v CO₂ ter ga po-



Slika 1

novno absorbirajo, podhladijo in sušijo plin. Tako modificirani plin imenujejo HNX plin.

Plina HNX in NX sta se uveljavila posebno v zadnjem času. NX je plin, ki je pretežno sestavljen iz dušika, ima še minimalni procent ogljikovega monoksida in vodika. Plin HNX pa je praktično brez ogljikovega monoksida, vsebuje pa večji ali manjši delež vodika in dušika.

Odstranjevanje ogljikovega monoksida je bilo potrebno pri žarjenju trakov, predvidenih za proizvodnjo bele pločevine. Ogljikov monoksid pri temperaturi 900°C malo, pri 300°C pa zelo močno razpada po reakciji $2CO \rightarrow C + CO_2$ in ustvarja prosti ogljik in ogljikov dioksid. Ta reakcija je toliko močnejša, čim manj je v plinu prisotnega ogljikovega dioksida. Ogljikov dioksid pa v plinu ni zaželen, ker deluje kot oksidant. Prosti ogljik se vseda na površini trakov in povzroča težave pri nadaljnji proizvodnji bele pločevine. Zato plin, v katerem ne želimo ogljikovega monoksida, vodimo preko vročega katalizatorja iz železovega oksida pri 370°C in dodajamo vodno paro ter spremenimo CO v CO_2 , nastali CO_2 pa nato v amskem stolpu absorbirajo. Za absorpcijo potrebno toploto dobijo iz zgorevne komore, ki jo morajo zaradi visokih temperatur ohlajevati.

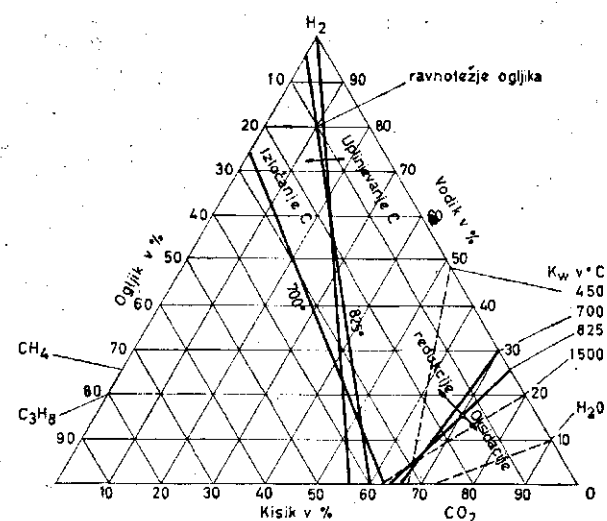
V ZDA pa so razvili postopek endotermnega razvijanja plina in ga imenujejo RX plin. Shema proizvodnje RX plina je ravno tako razvidna iz slike 1. Pri proizvodnji RX plina dodajajo za zgorevanje koksarniškega ali plinarniškega plina minimalno količino zraka, tako da je toplota, ki se pri gorenju razvija, prenizka in mora zgorevno komoro dodatno

ogrevati, če hočejo doseči modifikacijo plina. Ta plin ima zaradi malega zračnega faktorja nizek procent CO_2 in ga imenujemo RX plin. Ogljikov monoksid s konventiranjem z vodno paro lahko prevedejo v ogljikov dioksid, tega pa nato absorbirajo. Plin ohladijo in sušijo ter tako dobijo HX plin, ki se od HNX plina razlikuje po tem, da vsebuje pretežno vodik in malo dušika.

Najčistejši HX plin pa dobijo pri termičnem razkroju amonijaka, pri tem procesu dobijo plin, ki vsebuje 75 % vodika in 25 % dušika. Če amonijaku po izparitvi dodajajo še zrak in amonijak s tem zrakom gori, dobijo HNX plin, količina vodika se zmanjša, količina dušika pa zveča. Pri tem procesu pa morajo paziti, da imajo amonijak vedno v prebitku, da se ne more v plinu nikoli pojaviti svobodni kisik. Vsi naštetí postopki obravnavajo pridobivanje plina samo z plinastih surovin, lahko pa zaščitni plin pridobivamo iz trdnih goriv, kot so premog, koks ali les. Z uplinjanjem omenjenih goriv v generatorjih, dobimo generatorski plin, ki po svoji sestavi precej dobro odgovarja zahtevam zaščitnega plina. Edina nevarnost, ki jo ima generatorski plin, je ta, da z uplinjanjem goriv, ki vsebujejo žveplo, to žveplo tudi spremenimo v klin SO_2 in to nam pri žarjenju povzroča težave. Površina žarjenih trakov ni svetla, ampak ima sivo-modre madeže, ki jih pa tudi z naknadnim luženjem ne moremo odstraniti. Temu pa se lahko izognemo tako, da uplinjamo gorivo v generatorju z nizko nasiplno višino tako, da praktično vse žveplo zgori v SO_2 , tega nato v pralnih stolpih absorbiramo.

E. Kunze je izdelal trokomponentni sistem OHC, s katerim lahko kontroliramo kvaliteto plina. Vse komponente v plinu preračunamo na te tri osnovne elemente in nato v diagramu poiščemo točko, v kateri se ta zaščitni plin nahaja in tako ugotovimo, ali je plin v oksidacijskem, redukcijskem ali v nevtralnem območju. Tako tudi ugotovimo, kakšna bo površina trakov ali svetla ali oksidirana, lahko pa svetla in naogljčena ali pa razogljčena.

Za brezhibno žarčenje jekel v atmosferi zaščitnega plina je potrebna stalna kontrola sestave zaščitnega plina. Minimalne količine nezaželenih komponent nam uničijo površino jekel ali jo naogljčijo, ali oksidirajo. Za določevanje minimalnih količin posameznih komponent v plinu pa je navadni »Orsatov« aparat premalo občutljiv, zato so izdelali celo vrsto merilnih in registriranih aparatov, ki določajo in



Slika 2

registrirajo tudi najmanjše količine nezaželenih komponent plina. Ti aparati za svoje delo izkoriščajo različne fizikalne lastnosti posameznih plinov. V naslednji tabeli je kratak pregled teh aparatov in principov, na katerih sloni delovanje teh aparatov.

Z raziskavami so dognali, da moramo posebno natančno kontrolirati količino CO₂ in H₂O. Posebno pa je važno, da imamo vedno samo dovoljeno količino CO₂ v plinu in ta količina se ne sme povečati niti za 0,05 %, zaradi tega pa so za kontrolo CO₂ v plinu nujno potrebni izredno občutljivi instrumenti. CO₂ in vodna para delujeta kot oksidanta ter razogljčujeta in oksidirata površino žarjenih trakov.

Iz vsega navedenega sledi, da moramo poznati škodljive vplive posameznih komponent v plinu in potem lahko vsak plin z naknadnim modificiranjem priredimo tako, da je plin neškodljiv, seveda moramo za modificiranje plinov imeti občutljive merilne aparate, da to modificiranje nenehno zasledujemo in

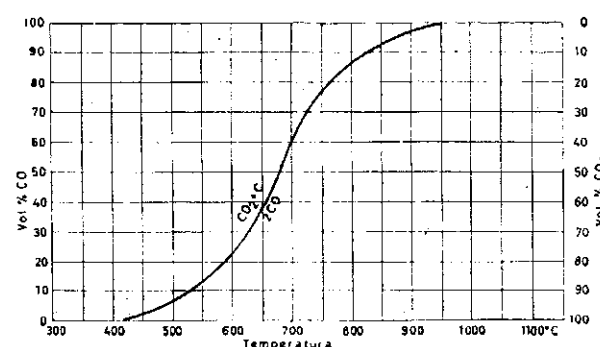
Fizikalna lastnost	Plinska komponenta	Merilno območje v % minim. maks.	Naziv aparata
Toplotna prevodnost	H ₂ CO ₂ CH ₄	0—1 0—100	Caldos 2
magnetne susceptibilite	O ₂	0—1	Magnos oxymat
absorpcije infrardečih žarkov	CO CO ₂ CH ₄	0—0,02 0—0,05 0—0,05	0—100 0—100 0—100
električna prevodnost	CO ₂ NH ₃ H ₂ O CO ₂ CO CH ₄ NH ₃	0—0,005 0—0,005 0—0,013 0—0,01 0—0,01 0—0,01 0—0,003	0—0,5 0—1,3 0—2,5 0—100 0—100 0—100 0—100
mejni tok difuzije	O ₂	0—0,002	0—0,1 Elcoflux

kontroliramo. (Zgornje podatke in raziskave sem povzel po »Stahl und Eisen« reviji, zvezek 21 od dne 16. oktobra 1958. leta.)

Žarjenje v atmosferi zaščitnega plina pri nas

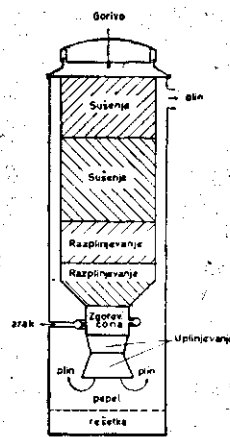
Proizvodnja zaščitnega plina: Zaščitni plin proizvajamo z uplinjanjem lesa v generatorjih tipa »IMBERT«. Generatorji delujejo na principu istosmernega uplinjanja. Gorivo, zrak in plin se gibljejo v isti smeri. Iz priložene skice je razvidno delovanje takega generatorja.

Glavno plinsko vetrilo iz vmesnega prostora med obema plaščema generatorja odsesava plin in s tem ustvarja v vmesnem prostoru in generatorju podpritis. Zaradi podpritiska v generatorju pa skozi zračno zaklopko prihaja vedno nov zrak, potreben za gorenje. Pred pihalicami les zgoreva pretežno v CO₂, ta pa se na žarečem ogljiku v redukcijski coni redu-



Slika 3

Tako dobjeni generatorski plin nato v sistemu čistilec grobo očistimo. Iz generatorja gre plin v usedlinska rezervoarja, kjer kondenzirja velika večina pare in hlapi katrana. Nato ga v ogrevalcu ponovno ogrejemo ter nato protitočno s prho očistimo. Po čiščenju z vodo teče plin še skozi »ciklon« in tako je grobo čiščenje končano. Grobo očiščeni plin nato vodimo do žarilnih peč. Plin, ki smo ga iz generatorjev dobili in je grobo očiščen, ima naslednjo sestavo: CO 11,80 %, CO₂ 17,50 %, C_xH_y 0,20 %, CH₄ 0,40 %, H₂ 16,30 %, N₂ 52,90 % in O₂ 0,50 %.



Slika 4

Finno čiščenje: Iz priloženega diagrama ravnotežja med CO in CO₂ po »Boudouard-u« je razvidno, da

Plin vodimo v zgorevalno komoro, ter ga ogrejemo do 900⁰ C. Težki ogljikovodiki in delno tudi vodna para se pri tem razkroajo in CO₂ se s prostim ogljikom reducira v CO. Sestava plina se spremeni tako, da plin, ko izhaja iz zgorevne komore, ne vsebuje nobenih težkih ogljikovodikov, zmanjša se procent CO₂ in poveča procent CO.

Iz sestave grobo očiščenega plina vidimo, da imamo CO_2 še preveč in nam ni potrebno, da bi z dodatnim zrakom spreminjali sestavo plina v korist CO . Zato zraka v zgorevno komoro ne dodajamo. Plin vodimo skozi zgorevno komoro in sestava plina se zaradi visoke temperature spremeni, kot sem že omenil.

Fino očiščenj plin ima naslednjo sestavo: CO_2 11 %, CO 17,10 %, $\text{C}_x \text{H}_y$ 0, CH_4 0,80 %, H_2 17,10 %, N_2 53,20 %, O_2 0,40 %.

Po Boudouard-u pa ima plin sestavo, kot sem zgoraj navedel, ravnotežje med CO_2 in CO pri 700°C , seveda pri tem izključim ostale komponente v plinu.

Kontinuirno žarilno peč v hladilni kanal moramo napolniti s plinom ter šele nato pričnemo z žarjenjem. Peč polnimo s plinom približno 10 do 16 ur; v peči pa moramo imeti temperaturo 650° C. Če plin ujavljamo v hladno peč, obstoja nevarnost, da se zrak in plin v peči mešata, a v gotovem razmerju je ta mešanica zraka in plina eksplozivna. Pri temperaturi 650°C v peči, zaščiteni plin zgoreva s prisotnim zrakom toliko časa, da porabi vse kisik in dimni plini

napolnijo peč. Zaščitni plin nato izpodrine te dimne pline iz peči in hladilnega kanala in peč je pripravljena za žarjenje. Pri polnjenju hladne peči s plinom obstoji nevarnost, da zraka nikoli popolnoma ne izpodrinemo. Specifični teži plina in zraka sta toliko različni, plin je lažji od zraka $\gamma_{\text{zr}} = 1293 \text{ kg/m}^3$, $\gamma_{\text{pl}} = 1186 \text{ kg/m}^3$, da obstoji nevarnost, da se v zgornjih slojih peči nabira plin, v spodnjih slojih peči pa ostaja zrak neizpodrinen. Ko tako napolnjeno peč pričnemo ogrevati, obstoji nevarnost, da se mešanica plina in zraka eksplozivno vžge in uniči peč, zato uvajamo plin vedno samo v peč s temperaturo 650°C .

Za ustvarjanje zaščitne atmosfere v žarilnih zvonovih zvonastih žarilnih peči pa ima dva načina. Zaščitni plin uvajamo pod žarilni zvon v hladnem stanju, ali pa vložek najprej ogrejemo do 650°C in šele nato žarilni zvon napolnimo s plinom in izpodrinemo prisotni zrak.

Drugi postopek, t. j. uvajanje plina pri temperaturi 650°C , je manj nevaren v pogledu eksplozij, je pa tračno jeklo do 650°C izpostavljeno oksidacijskemu vplivu kisika, ki se pod žarilnim zvonom nahaja. Razen tega pa se jeklo pri žarjenju vsled lastne teže poseda in kolobarji se tesno prilegajo drug drugemu ter prisotni zrak med posameznimi ovoji in kolobarji zaprejo, tako da tega zaprtega zraka ne moremo s plinom izpodriniti in ta delno oksidira robove trakov.

Pri prvem postopku, to je z uvajanjem plina pod hladni žarilni zvon, nam ta izpodrine ves prisotni zrak, moramo pa s posebnimi pripravami kontrolirati, kdaj pod žarilnimi zvonovi ni več zraka. Kontroliramo lahko z »orsat« aparatom za plinske analize ali enostavneje s plamenom. Pri nas kvaliteto

plina pod žarilnim zvonom kontroliramo s plamenom, postopek je enostaven, vendar nevaren zaradi eksplozij. Na istočni cevi s plamenom preizkušamo prisotnost znaka, če plamen mirno gori in je modro obarvan, je to znak, da je zrak izpodrinen in lahko pričnemo z žarjenjem. Dokler imamo pod žarilnim zvonom še zrak, obstoji nevarnost, da se plamen skozi istočno cev razširi pod žarilni zvon in nastopi zgorevanje zraka in plina pod žarilnim zvonom, v skrajnem primeru pa tudi eksplozija. Zato s plamenom ne smemo preizkušati kvalitete plina prezgodaj, moramo predhodno žarilni zvon polniti s plinom približno eno uro ter se šele nato lahko s plamenom približamo iztočni cevi.

Nevarnost eksplozij pa smo odstranili s tem, da smo na istočne cevi priključili posebne varnostne ventile, ki propuščajo plin, a plamena v nasprotni smeri pa ne. Tako, da tudi v primeru, ko nam skozi iztočno cev izhaja še mešanica zraka in plina, ni nevarnosti, da bi se plamen razširil pod žarilni zvon in s tem povzročil eksplozijo. Tako sta oba načina dela postala enakopravna, za prakso žarjenja pa je primernejši način, da žarimo tudi do 650°C že v zaščitni atmosferi.

Zaščitni plin v žarilnem zvonu ne miruje, ampak plin stalno dovajamo, da oplakujemo vložek in nato pri iztočni cevi izhaja v prostor. S tem zagotovimo, da se plin ne more »umazati« z oljnimi in vodnimi parami, ki bi spremenili sestavo plina v toliki meri, da bi dobili vedno bolj oksidativni plin. Umazani plin izpodrivamo vedno s svežim plinom in to ves čas med žarjenjem in tudi med ohlajevanjem.

Rezultati, ki smo jih pri žarjenju v zaščitni atmosferi dosegli, so zadovoljivi, kljub temu, da sestava plina še vedno ni popolnoma pravilna.

VINKO KAVČIČ
DK 661.25

Regeneracije žveplene kisline v lužilnicah

Iz večine tovarn se iztekajo najrazličnejše odpadne vode, ki v manjši ali večji meri onesnažijo in tudi zastrupljajo vodo potokov in rek.

Med take izvore moramo upravičeno prištevati tudi odpadno vodo lužilnic železarn, ki obratujejo s kopelmi z razredčeno žvepleno kislino. Obstojajo tudi lužilnice, ki delujejo z drugimi kisljinami, kot so n. pr. solna, solitna ali fosforna kislina, vendar so to navadno le manjše cnote, katerih odpadne lužine ne predstavljajo večjih problemov ter jih na tem mestu tudi ne bom obravnaval.

Lužilnice z žvepleno kislino so v svetu zelo razširjene ter so skoraj redni spremljevalci večine železarn, saj se približno 60 % celotne svetovne produkcije jekla luži, kar pomeni, da se od približno 200 milijonov ton svetovne produkcije jekla luži 120 milijonov ton.

Takoj na prvi pogled jo pa razvidno, da v Jugoslaviji ne dosegamo navedenega procenta, ker imajo lužilnice poleg naše železarne še Železarna Sisak, Smederevo in Boris Kidrič v Nikšiću, medtem ko so naša največja železarna Zenica ter železarni Ravne in Štore brez lužilnic. V naši

železarni znaša to razmerje pri letni produkciji približno 280.000 ton letno ter pri 95.000 ton luženega materiala 34 %.

Kljub navedenemu pa so količine odpadne lužine, ki bi se jim moralo ali ki se jih delno tudi še vodi pri nas kot odplake v Savo, precej velike.

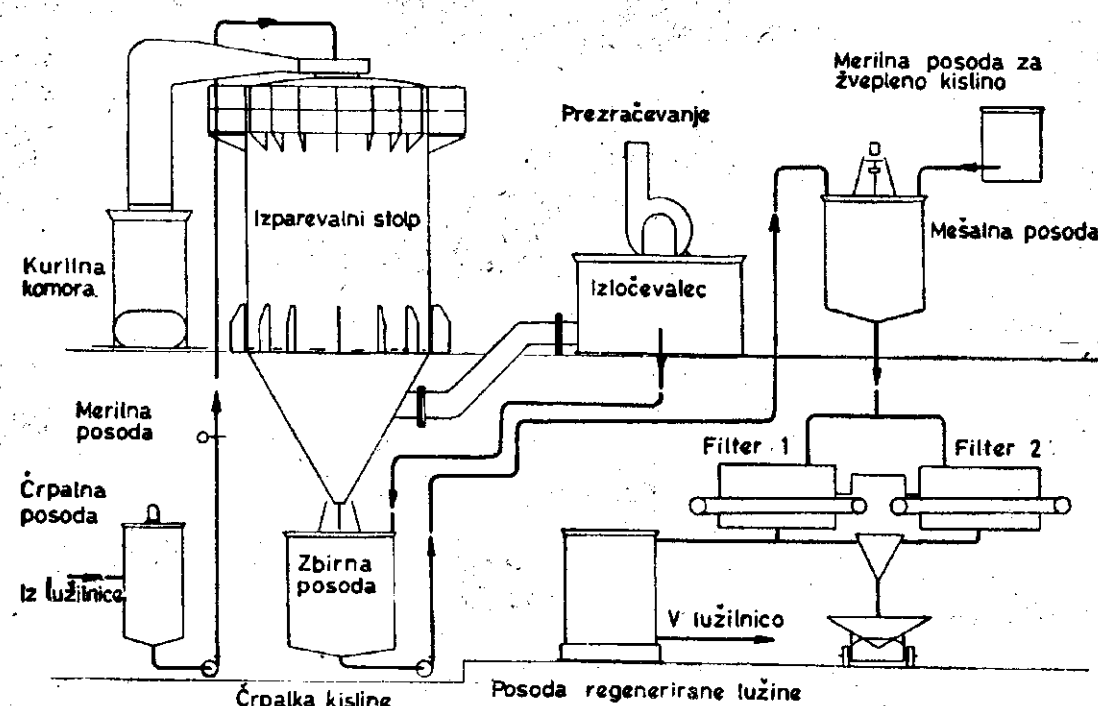
V naši železarni obratujejo tri lužilnice, in sicer prva v valjarni tanke pločevine na Javorniku z letno produkcijo 24.000 ton, druga v predelovalnih obratih za žico in trakove z letno produkcijo 60.000 ton ter tretja v cevarni z letno produkcijo 11.000 ton. Za vse tri navedene lužilnice znaša letna poraba žveplene kisline s približno 58°Bé 2827 ton. Na podlagi predpostavke, da se začetna matična lužina pripravlja v povprečni koncentraciji 15 % ali 13,5°Bé ter da se odvaja odpadna lužina z 1,5 % neizrabljene žveplene kisline ter s 100 g Fe v litru lužine, znaša celotna letna količina odpadne lužine 19.000 ton, v kateri je še 392 ton neizkoriščene žveplene kisline in 1.900 ton železa.

Poleg neposredne gospodarske škode povzroča odplaka mnogo večjo gospodarsko škodo z zastrupljanjem vode ter s tem v vodi živeče favne, s škodljivimi odpla-

V našem primeru dobimo, če bi vso odpadno lužino nevtralizirali letno 140.000 ton blata, kar je tudi vredno premisleka.

V svetu je poznanih več načinov navedene predelave lužine iz žveplene kisline, vendar sta najbolj znana in tudi največkrat praktično uporabljena naslednja dva postopka:

Izparilno toplotno se dovaja v odpadno lužino s posebnimi potopljenimi gorilci. Zgoreli plini pronikajo skozi matično lužino, ki jo prekinjajoče dovajamo. Pri tem se izvrši tudi do 90 % toplotna izmenjava. Monohidrat se pridobiva iz lužine v posebni posodi, kjer se lužini dodaja



Slika 1

Glede preprečenja usedlin je veliko ugodnejši način nevtralizacije s pomočjo magnezije (MgO), kjer so tudi nevtralizacijski produkti topni v vodi in ne zapuščajo nikakih usedlin.

Nepriemerne večje prednosti imajo pa načini, s pomočjo katerih se odpadna lužina sploh ne odvaja, temveč se iz še uporabne lužine izloči samo odvišni FeSO_4 v obliki monohidrata ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ali pa v obliki heptahidrata ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Regenerirana lužina se pa z dodatkom potrebne kisline in vode vrača v delovni proces, to je nazaj v lužilnico. Iz gornjega sledi, da se more izvršiti regeneracija lužine na naslednje načine:

Precej takih naprav deluje že v ZDA ter so uporabne za velike in male količine odpadne lužine, kakor je razvidno iz spodnje razpredelnice:

Podjetje	Izparjena voda v t/24 h	v obratu od leta
Steel Co. of Wales Ltd.	90	1954
Iron & Steel Corp.	100	1952
Lancashire & Corby Steel Mfg. Co. Ltd.	7	1950
Rylands Brs. Ltd.	45	1955
Stewart & Lloyds Ltd.	35	v gradnji

2. Pri drugem Fackert - Zahn-ovem postopku se lužina črpa v izparilni stolp, kjer se jo razprši s pomočjo posebnih šob. Istočasno se dovajajo v stolp vroče plini iz prigrajene zgorevalne komore ali pa se uporabijo tudi odvodni plini v bližini stoječe peči. Intenzivno mešanje zelo razmegljenе lužine z vročimi plini povzroča takojšnje izparevanje določenega dela vode iz lužine. Iz koničastega spodnjega dela stolpa izteka zgostena ter

obogatena lužina v posebno posodo, iz katere se zopet vodi v drugo posodo, kjer se lužini dodaja sveža žveplena kislina pri čemer se izloča monohidrat.

V Nemčiji deluje zgoraj opisana naprava že od leta 1955. S kapaciteto izparivanja približno 12 t/24 ur s pridobivanjem 3 tone monohidrata, kar ustreza kapaciteti 15.000 ton mesečno lužnega materiala.

Shematičen prikaz take naprave je raziden iz slike 1.

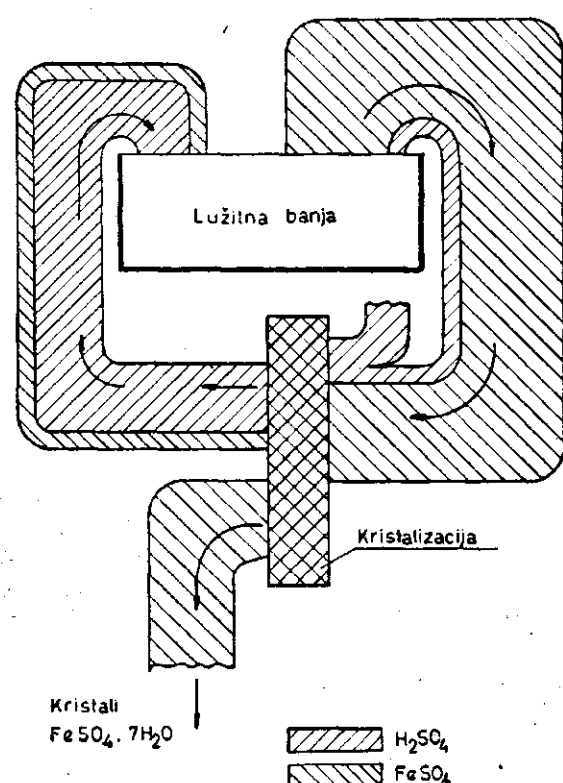
Pri totalni regeneraciji Fe. Ruthner, katero nam je ta svoječasno dobavila in na katero se bom še povrnil, je bila prva faza postopka enaka zgoraj opisanemu. Pri tem se je v izparilnem ter z nafto kurjenem stolpu pridobivala zgoščena ter z monohidratom obogatena lužina, iz katere se ni več pridobival monohidrat, temveč se je lužina v naslednjih fazah predelovala dalje.

Iz opisa podobnih naprav v tehnični reviji Stahl und Eisen je razvidno, da naprave z izločanjem monohidrata omogočajo redukcijo ferrosulfata v lužinah celo na 15 g Fe/l, to je, na 40 g FeSO_4/l . Prednost tega postopka je tudi v majhni teži monohidrata, saj znaša utežno razmerje proti heptahidratu 1:1,64.

B. Najdlje poznane in uporabljane so naprave za pridobivanje heptahidrata ali železovega vitriola iz lužine. Vsi različni in množični postopki delujejo na principu, da se heptahidrat v tem večji meri izloča, čim bolj je lužina ohlajena. Čim večja je koncentracija žveplene kisline v lužini, tem jačje je izločanje železovega sulfata, zato obratujejo lužilnice z lužino, ki ima 15 do 20 % kisline, ali s 13 do 18° Bé.

Hlajenje lužine se vrši s pomočjo vode, zraka, ohlajene solnice ter z vakuumskim izparevanjem.

V mnogih primerih se uporablja tudi po več načinov hlajenja hkrati na eni napravi.

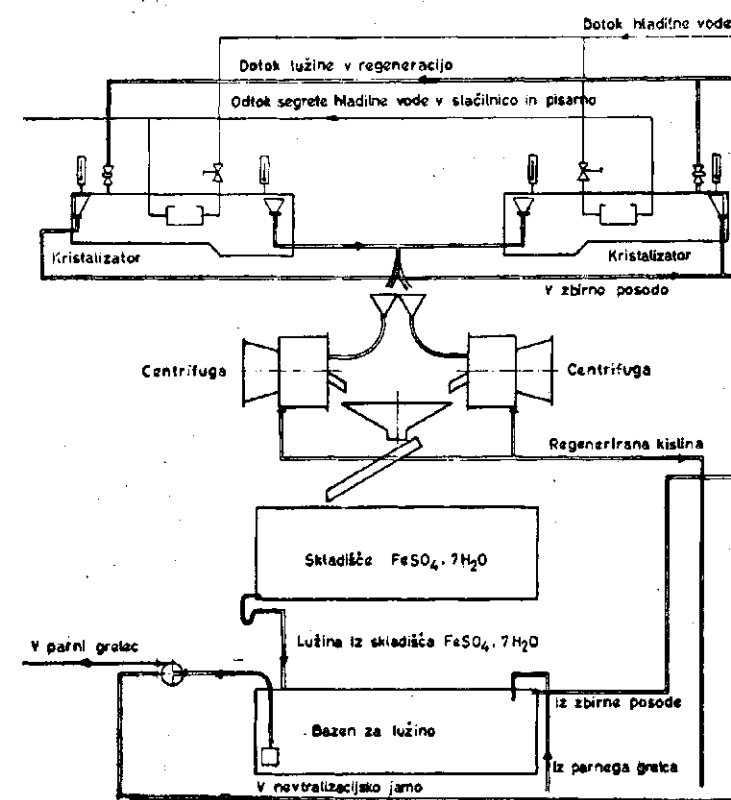


Slika 2

Principialna shema delovanja takih naprav je prikazana na sliki 2. Njihova značilnost je poleg kemičnega procesa, v tem, da obratujejo neprekinjeno.

Železarna Jesenice je že pred vojno pristopila k regeneraciji lužine, vendar s prekinjajočim postopkom. Poleg stare lužilnice v predelovalnih obratih sta bili pod rokami postavljeni dve posodi (kristalizatorja), v katerih se je

lužina ohlajala s pomočjo vode, ki so jo vodili po cevni spirali, kakor tudi s pomočjo mešanja (vrtenja ustreznih loput v posodi z lužino). Od časa do časa se je spuščala iz navedenih kristalizatorjev ohlajena lužina v centrifugo, kjer se je železov vitriol izločal. Lužina



Slika 3

se je nabirala v posebni posodi na bregu Save, od koder so jo od časa do časa črpali nazaj v lužilne kadi in dodajali potrebno svežo kislino in vodo.

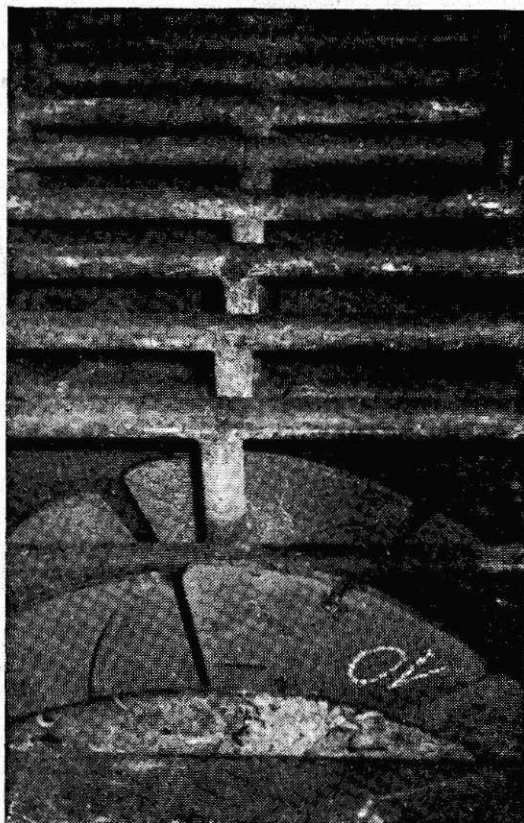
Navedena regeneracijska naprava je bila za tedanje čase že precej moderna, vendar ni zadostila potrebam lužilnice, zato se je moral del odpadne lužine odvajati preko nevtralizacije v Savo.

Po osvoboditvi je Železarna pristopila k gradnji dveh novih lužilnic, in sicer v novih predelovalnih obratih v Hrenovci ter v novi valjarni tanke pločevine na Javorniku. V obeh primerih smo skušali že istočasno z gradnjo lužilnic rešiti tudi problem odpadne lužine. V novih predelovalnih obratih smo osvojili totalno regeneracijo Fe. Ruthner, ki pa je pri nas popolnoma odpovedala. Iz gornjega razloga se je Železarna lotila gradnje regeneracije pri lužilnici tanke pločevine na Javorniku po lastni zamisli ter po doma izdelanih načrtih.

Kot osnova se je uporabila zamisel regeneracijske naprave po Sulfrianu, ki jih je prvi izvedel z neprekinjenim delovanjem ter s krogotokom lužine, pri čemer se v kristalizatorju vrši mehansko mešanje lužine, ki je istočasno hlajena z vodo. Prve take naprave so začele obratovati v letu 1955.

Naša regeneracijska naprava je povsem podobno izvedena ter sestoji v celoti iz črpalke za lužino, iz dveh kristalizatorjev, iz dveh centrifug ter iz krmilnega aparata. Slika 3.

Kristalizator sl. 4 ima obliko odprtega korita s polkroglim dnom. V koritu je po dolžini nameščena gred, na kateri je nasajenih večje število okroglih plošč z rebri, ki mešajo lužino, obenem pa podobno plugu potiskajo goščo po dnu korita. Med okroglimi ploščami so v koritu vložena hladilna telesa v obliki tankih predelnih sten, ki katere se pretaka hladilna voda. V svrhu čim večje površine hlajenja, je v steno vdolanih večje število večjih lukenj, tako da ima od zunaj izgled perforirane plošče.



Slika 4

S pomočjo črpalke se dovaja v lužino nasičeno s FeSO_4 iz lužilnih kadi, preko zbirne posode v kristalizator. Lužina ima pri vходу v kristalizator temperaturo približno 50°C . S pomočjo opisanega hlajenja s hladilnimi ploščami ter z istočasnim mešanjem se lužina pri pretoku iz enega kraja kristalizatorja do drugega ohladi do približno 15°C . (Pri temperaturi hladilne vode 8°C).

Ohlajena lužina izteka iz kristalizatorja v centrifugo. Ker se more izvršiti v centrifugi polnjenje z istočasn timer centrifugiranjem ter praznjenje izmenoma, je omogočeno neprekinjeno delovanje naprave le v primeru, da obratujeta obe centrifugi, ko se ena polni, se druga prazni in obratno. V primeru, da je v obratu le ena centrifuga, tedaj se mora izvršiti iztekanje lužine iz kristalizatorja prekinjeno. V primeru potrebe intenzivnejšega hlajenja lužine je treba obratovati z obema kristalizatorjema. V tem primeru lahko izteka lužina stalno ter istočasno iz obeh, ali pa stalno, vendar izmenoma enkrat iz enega, drugič iz drugega ali celo istočasno prekinjajoče iz obeh. Vse navedene kombinacije krmiljenja izvaja poseben

avtomatičen krmilni aparat. Shema navedenega krmiljenja je prikazana na sliki 5.

Z opisano regeneracijsko napravo smo pridobili v letu 1958 350 ton zelene galice, kar pomeni, da smo z regeneracijo izkoristili samo 15 % zelene galice, medtem ko se je 85 % zelene galice z odpadno lužino odvajalo preko nevtralizacije v Savo. Gornji rezultati niso nič kaj vzpodbudni ter bi bilo vsekakor potrebno, da se ugotovi vzroke tako slabega delovanja navedene naprave ter podvzame vse potrebne ukrepe za njih izboljšanje.

Ob koncu novembra 1958 je začela v predelovalnih obratih obratovati regeneracijska naprava fe. Ruther z Dunaja, pri kateri se izvrši hlajenje s pomočjo zraka in solnice. Shematični prikaz navedene naprave je razviden na sliki 6.

Sestoji se iz črpalke za lužino, dveh filtrov, dveh kristalizatorjev, neprekinjeno delujoče centrifuge ter hladilne naprave, ki deluje z amonijakom in solnico.

Kristalizator sam ima obliko cilindričnega stolpa. Gornji del, plašč je izdelan iz gume, spodnji del pa je okrogla — znotraj s proti kislini odporno oblogo prevlečena posoda. V tej posodi je nameščena cevna špirala iz svinca, po kateri se pretaka solnica, kakor tudi tako imenovana mamut — črpalka, ki deluje s pomočjo stisnjene-ga zraka.

Lužino iz lužilnih kadi se s pomočjo črpalke dovaja vrh stolpa, kjer se s pomočjo posebnih šob razmegli, tako da pada v fino razpršenem stanju proti spodnji posodi. Skozi spodnjo posodo se v stolp dovaja s pomočjo posebnega ventilatorja zrak, ki se pretaka v nasprotni smeri to je po stolpu navzgor, s čimer se izvrši intenzivno hlajenje razpršene lužine. Hladilni zrak istočasno s hlajenjem razpršene lužine povzroča plahutanje gumijastega plašča, kar prepreči vsedanje kristalov sulfata na plašč. Ker je odvisno navedeno hlajenje od temperature zunanega zraka, je nujno, da se lužina, posebno v poletnih mesecih še dodatno hladi, kar se izvrši v spodnji posodi s pomočjo solnice, ki se pretaka v cevni špirali. Da se prepreči v spodnji zbirni posodi, kjer je že zelo ohlajena lužina, izločanje kristalov sulfata, se lužino s pomočjo tako imenovane mamut — črpalke vzburkava. Zadnja deluje s pomočjo stisnjene-ga zraka, ki se proizvaja v posebnem kapicistem vetrilu. Ohlajena lužina se iz spodnje zbirne posode pretaka v centrifugo, ki kontinuirno izloča kristale zelene galice od regenerirane lužine. Lužina se vrača nazaj v delovni proces, to je v lužilne kadi, pri čemer se mora ponovno ogrevati ter dodajati potrebno količino sveže kisline in vode.

Opisana regeneracijska naprava je sedaj v obratu šele dva meseca, pa moramo reči, da obratuje kar zadovoljivo, če ne upoštevamo manjše začetne težave, ki se navadno pojavljajo pri novih napravah.

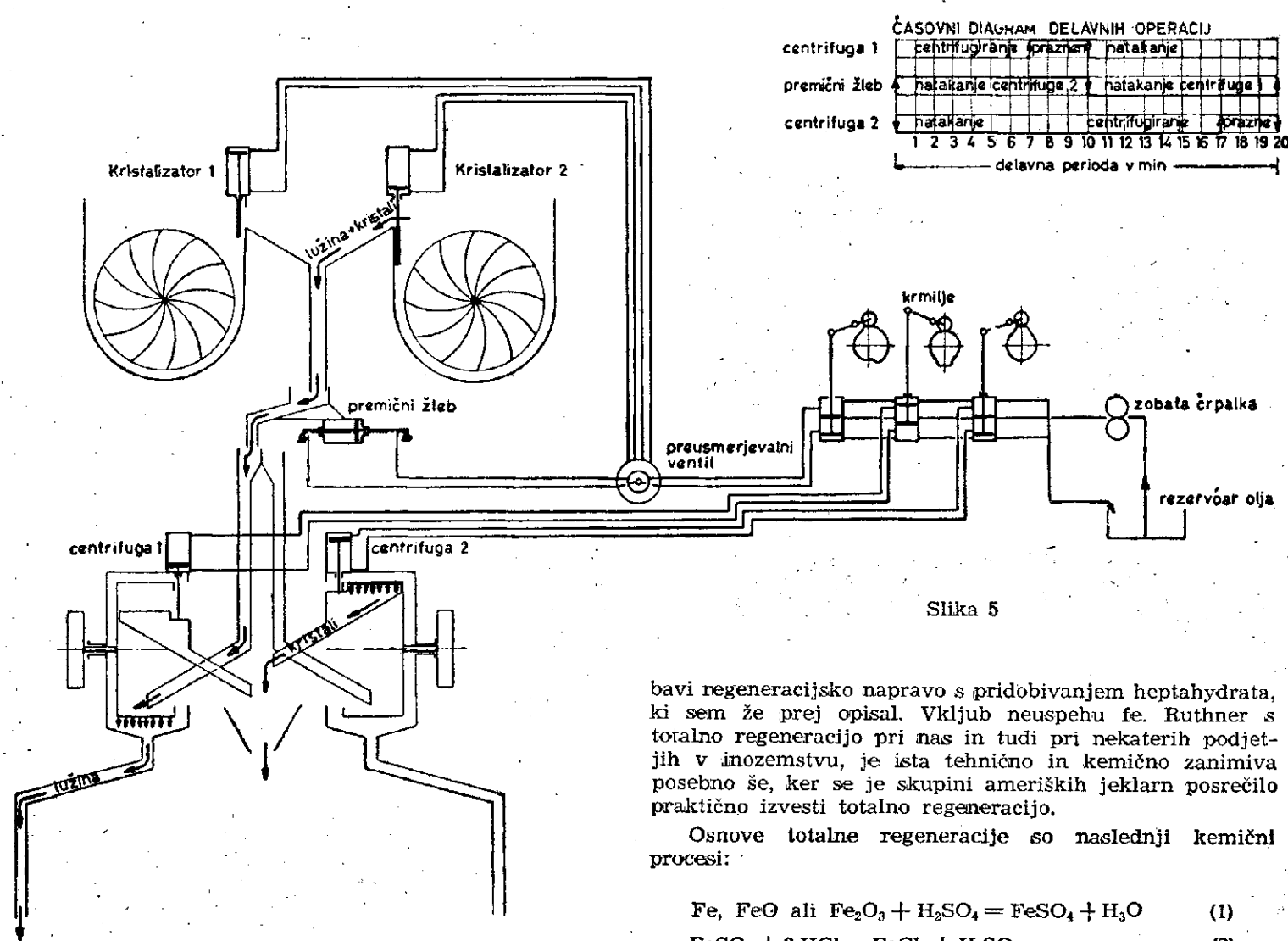
Predelovalni obrati so v tem času odpremili že 192 ton zelene galice, kar pomeni, da znaša izkoristek 44 % z ozirom na 208 ton porabljene kisline v tem času).

Kot tretji v svetu poznani način regeneracije lužine s pridobivanjem zelene galice, ki pa pri nas ni bil uporabljen, je tako imenovani »vakuumski postopek« po Lurgi-ju, prikazan na sliki 7.

V tem primeru se ohlaja in izpareva lužina s praznimi vakuumskimi ejektorji. Te naprave so precej komplicirane, imajo velike zahteve glede upravljanja, tako da se izplačajo samo za velike kapacitete.

Z vsemi opisanimi regeneracijskimi napravami se s kroženjem lužine reši le majhen procent kisline, ki bi sicer šel v izgubo z odpadno lužino. Poleg tega se pridobiva kot stranski produkt monohidrat ali heptahidrat, katerega nizka cena se ne more niti primerjati s ceno izgubljene kisline in železa. Kljub nizki ceni monohidrata ali heptahidrata je njuna prodaja večkrat zelo problematična. Pri nas je bil to primer pred vojno, ko nismo vedeli, kam z zeleno galico.

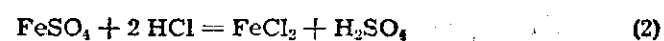
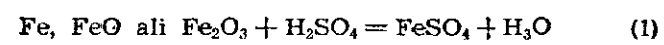
Zaradi navedenih vzrokov se v svetu poizkuša obiti navedene nedostatke in ni čudno, da se je tudi naša Zelenarna oprijela leta 1952 ponudbe fe. Ruther, kot rešilne



Slika 5

bavi regeneracijsko napravo s pridobivanjem heptahidrata, ki sem že prej opisal. Vkljub neuspehu fe. Ruthner s totalno regeneracijo pri nas in tudi pri nekaterih podjetjih v inozemstvu, je ista tehnično in kemično zanimiva posebno še, ker se je skupini ameriških jeklarn posrečilo praktično izvesti totalno regeneracijo.

Osnove totalne regeneracije so naslednji kemični procesi:



ki se med seboj prepletajo po naslednji shemi slika 8. Iz sheme sledi, da dobimo nazaj zvepleno kislino, kakor tudi solno kislino, ki se pa uporablja v procesu le kot reakcijsko sredstvo. Končni produkt je železov oksid (FeO).

Povsem shematični prikaz totalne regeneracije je razviden iz slike 9.

Prva faza — izparevanje lužine ter pridobivanje monohidrata je povsem podobna že na začetku opisani regeneracijski napravi.

Druga faza predstavlja pretvarjanje železovega sulfata v železov klorid, kar se izvrši v posebni koloni, nakar se loči železov klorid od kisline s pomočjo centrifuge.

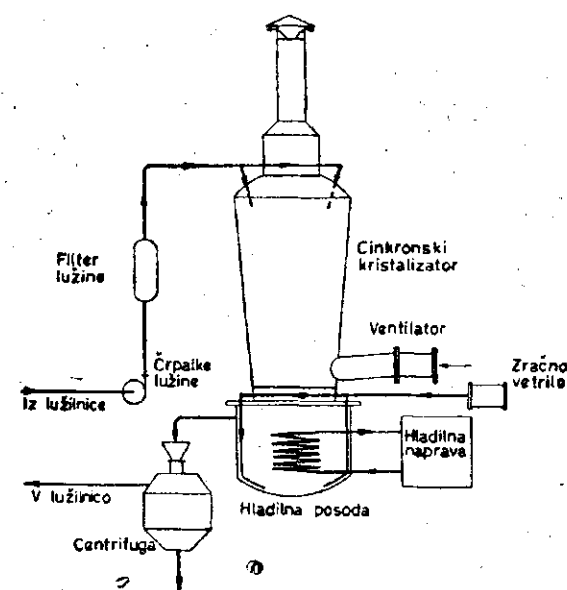
Tretja faza predstavlja praženje železovega klorida v pržni peči pri 400° v prisotnosti s paro nasičenega zraka, pri čemer se pridobiva FeO.

Četrta ter tudi zadnja faza predstavlja precej kompliciran postopek razplinjevanja ter povratno pridobivanje solne kisline v plinskem stanju.

Iz nekega poročila, ki opisuje izvedbo totalne regeneracije po gornjem postopku v Ameriki sledi, da je bila naprava grajena za kapaciteto 18000 l/h, medtem ko je kapaciteta naše regeneracije 5 do 6 krat manjša.

Gradbeni stroški celotne naprave so znašali 4.500.000 dolarjev ali okoli 3.000.000.000 din. Če primerjamo stroške obratovanja v primeru nevtralizacije lužine z apnom, s stroški obratovanja totalne regeneracije ugotovimo, da se naprava totalne regeneracije amortizira v 8,5 letih. Iz na vedenega poročila sledi, da je znašal izkoristek regeneracije skupno z lužinicco z ozirom na porabo kisline 82,15 %, izkoristek same regeneracijske naprave pa 93,88 %.

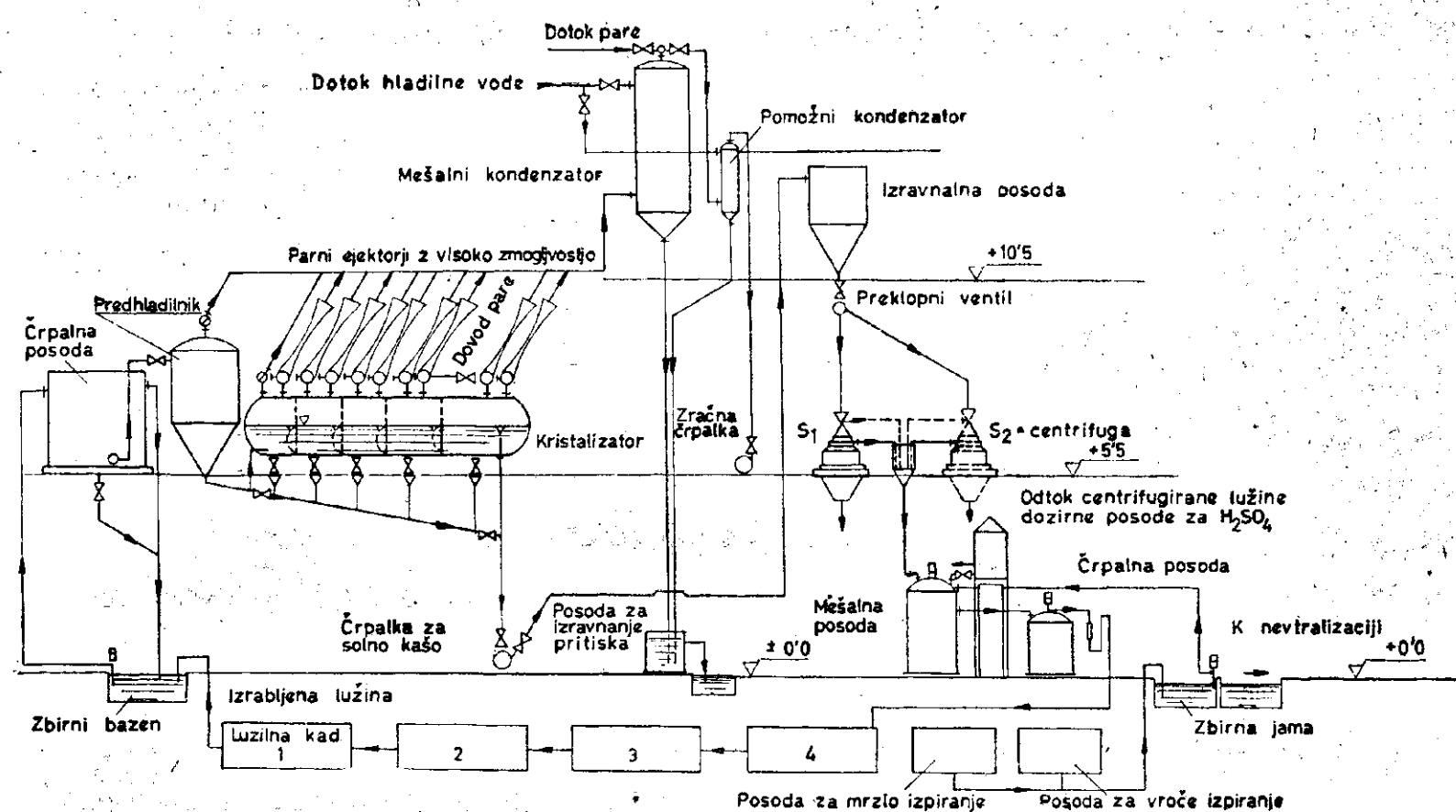
Končno naj omenim še elektrolitski regeneracijski postopek, ki je pa šele v poizkusni fazi. V tem primeru se uporablja kot katoda živo srebro, ki se pretaka po dnu



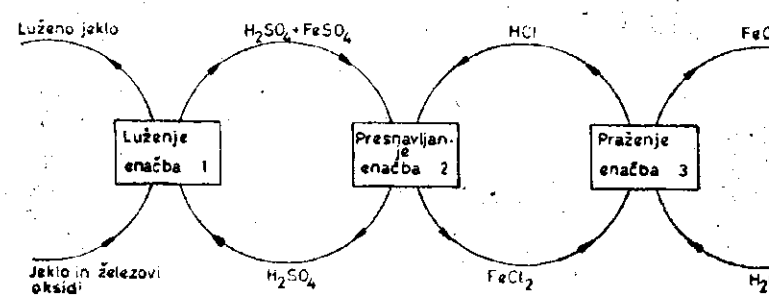
Slika 6

bilke, ko nam je ponudila tako imenovana totalno regeneracijo, s katero bi se pridobival kot stranski produkt železov oksid, zveplena kislina pa bi se vračala nazaj v delovni proces lužilnice.

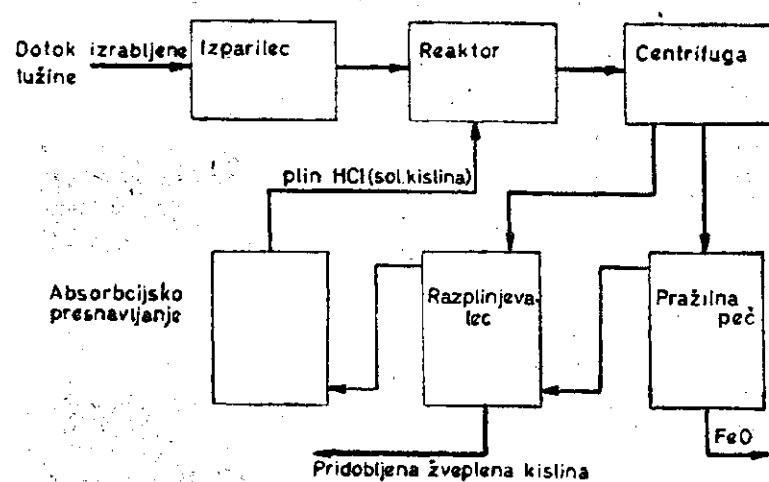
Teoretično je celoten postopek zelo mamljiv ter je bil laboratorijsko tudi izveden, toda praktično ga firma Ruthner pri nas ni mogla izvesti vse do leta 1956, ko smo celotno napravo reklamirali. Po daljših pogajanjih je firma pristala, da nam v zameno za gornjo napravo do-



Slika 7

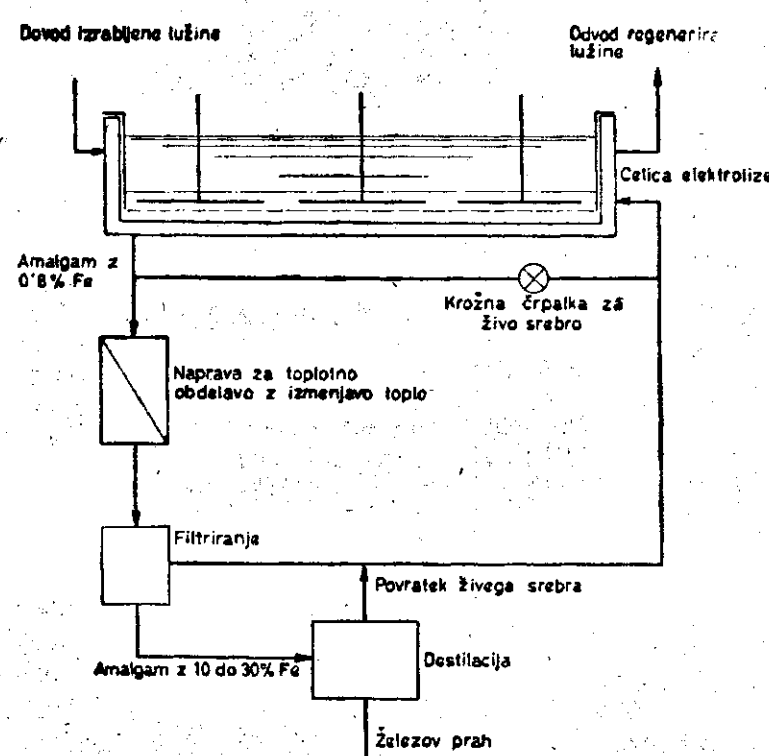


Slika 8



Slika 9

elektrolitske celice. Ravno tako se preko elektrolitske celice kontinuirno pretaka izrabljena lužina. Železo se izloča na katodi ter tvori s tekočim katodnim živim srebrom železov amalgam, ki ima omembe vredno odpornost



Slika 10

proti močni kislini elektrolita, in ga ne razjeda. Amalgam, ki pravzaprav predstavlja suspenzijo finih železnih delcev v živem srebru, je do vsebine okoli 0,5 železa v živem srebru dobro tekoč. Tekočinsko stanje izgubi pri približno 1,5%. Po dnu elektrolitske celice se pretaka živo srebro z brzino okoli 0,2 m/sek., kar dosežemo z nagibom dna pod kotom 1°.

Poizkusna elektroliza se je izvršila z gostoto toka 2000 A/m², z napetostjo okoli 4,2 V ter s porabo energije

okoli 6 kWh/h, pri čemer se je izločilo 1 kg železa in povratno pridobilo 1,78 kg žveplene kisline, ki se z lužino vrača nazaj v delovni proces.

Skoraj težji problem kot elektroliza lužine, predstavlja ločitev železa in živega srebra iz amalgama. Poizkuse so delali z dvema načinoma, in sicer v prvem primeru se izvrši ločitev železa iz amalgama z dodatno elektrolizo, v drugem primeru pa z izparevanjem živega srebra. V shematičnem prikazu celotne naprave na sliki 10 je prikazan drugi način ločitve železa iz amalgama. Na opisani način pridobljeno železo v prahu je mogoče s pomočjo stiskanja in sintranja predelati za nadaljnjo uporabo.

Zaključek: z gornjim sestavkom sem skušal podati bežen pregled do sedaj znanih načinov predelave odpadne lužine in regeneracije, z istočasnim opisom njihove uporabe v naši železarni. Hote ali nehot, vendar pa izzveni nekako, da je zadnji opisani način regeneracije s pomočjo elek-

trolize morda najbolj simpatičen in tudi najbrž najmanj problematičen.

V zvezi z odpravo škodljivih odpadkov v naši Železarni se bomo morali tudi še nadalje baviti z dokončno 100 % ureditvijo regeneracij odpadne lužine. Iz opisa je razvidno, da regeneracija v lužilnici tanke pločevine na Javorniku dela za enkrat zelo slabo, v cevarni na Jesenicah pa lužilnica sploh še nima regeneracije. Regeneracija v predelovalnih obratih, ki je v obratu šele dva meseca ima pa po dosedanjih izkušnjah vse predpogoje, da zadosti vsem zahtevanim pogojem, če bo le skrbno in strokovno vzdrževana. Kolikor bo postala morda sčasoma problematična odprodaja zelene galice ter kolikor bi se hotelo preiti na rentabilnejše naprave, bo morda le potrebno, da se povrnemo na naprave s totalno regeneracijo, ki pa bodo morale biti prej malo bolj preizkušene, kot je bila naprava totalne regeneracije v predelovalnih obratih, ki smo jo morali demontirati.

ING. KAREL RAVNIK
DK 669.183.2

Odžveplanje pri izdelavi bazičnega SM jekla

Odžveplanje pri izdelavi bazičnih SM jekel je rezultat reakcij, ki potekajo v tri-faznem sistemu, med jekleno talino, žlindro in plinsko fazo.

Raziskavanja so pokazala, da je množina žvepla med kopeljo, žlindro in plinsko fazo odvisna predvsem od bazičnosti žlindre, ki določa razmerje žvepla v žlindri (S) proti žveplu v jeklu (S), od odvisnosti (FeO) in (MnO) v žlindri, od koncentracije (Mn) v jeklu ter od vsebnosti žvepla v kurilnem plinu in vložku.

Obnašanje žvepla med potekom sarže je bilo raziskano pri različnih kvalitetah SM jekel, izdelanih v bazičnih SM pečeh, različnih velikosti in kurjenih z različnimi gorivi: generatorskim plinom, z mešanico generatorskega plina in mazuta, z mazutom in katranom.

Količina žvepla, ki je prišla v kopel z generatorskim plinom, je pri izdelavi posameznih sarž močno vplivala na sam potek odžveplanja. Iz analiziranih vzorcev generatorskega plina je bilo razvidno, da je množina žvepla varirala med 5 do 8 g žvepla na m³ generatorskega plina. To je povzročilo nenehno nažveplanje kopeli v času zakladanja in taljenja. Ta močan dotok žvepla iz generatorskega plina je vplival na sam proces odžveplanja s tem, da je že ob raztalitvi posameznih sarž dobljeni % žvepla močno vplival na končni % žvepla ob izpustitvi sarže.

Da bi se ta močni dotok žvepla v kopel omilil, naj bi bila doba zakladanja in taljenja čim krajša.

Poleg generatorskega plina vplivajo na sam potek odžveplanja še fizikalno-kemijski procesi. Posamezne vrednosti, ki se v bazični SM peči stalno spreminjajo, močno vplivajo na smer in hitrost reakcij. Iz analize vzorcev jekla in žlindre je možno računsko zasledovati omenjene procese.

V diagramih, ki sledijo, so podani računsko dobljeni rezultati, analiz jekla in žlindre, od raztalitve pa do izpusta sarže.

Poleg analitsko dobljenih vrednosti vplivajo še:

1. Kemična sestava vložka (železna ruda, apno);
2. Kemična sestava in temperatura žlindre ter jekla med rafinacijo;
3. Kemična sestava dodatkov v peč med rafinacijo (apno, železna ruda, grodelj, Si-zreal, kokilne zlomnine, boksit, grafitne elektrode, FeMn, SiMn), ki so nanešene v tabeli št. 1. V diagramu št. 1 dobimo še variranje elementov C, Mn, S ter razmerij $\frac{[S]}{[S]}$, $\frac{(CaO)}{(SiO_2)}$ sarže.

Analiza železne rude: (Kosovski indijski hematit)

SiO ₂	1,7 %	CaO	0,34 %
Al ₂ O ₃	6,6 %	MgO	0,12 %
Fe ₂ O ₃	83,2 %	P ₂ O ₅	0,10 %
Mn ₂ O ₃	1,5 %	S	0,038 %

Vzorci jekla in žlindre so bili vzeti pri sedanjih vratcih SM peči. Temperatura žlindre in jekla je bila merjena s pomakalnim termoelementom M-PtRh in instrumentom Heneywell - Brown.

Iz tabele št. 1 lahko razberemo tudi nekaj faktorjev, ki so vplivali na odžveplanje pri posameznih saržah. Iz izračunane vložne bilance je razvidno, da se giblje stopnja bazičnosti skoraj pri vseh navedenih saržah v dovoljenih mejah.

Eden izmed činiteljev, ki v bistvu zavira dobro odžveplanje, je previsok % žvepla v generatorskem plinu. K temu lahko dodamo še vpliv žvepla, ki pride s tekočim, oziroma mrzlim grodljem v peč in vpliv eventualno visokega procenta MgO in S v apnu.

V bazični SM peči se približujemo med jeklene taline in žlindro ravnotežnemu stanju. Ker pa se temperatura in sestava žlindre vseskozi spreminjata, ne dobimo teoretično predvidenega stanja ravnotežij vseh reakcij.

Za odžveplanje bazičnih SM jekel je nujno postaviti pogoje, pod katerimi lahko dosežemo razmeroma visoke vrednosti za razmerje $\frac{[S]}{[S]}$, da prevedemo iz tekočega jekla čim več žvepla v žlindro.

Ravnotežno razmerje nam ponazarja enačba: (H. Schenk II.-), Einführung in die Chemie der Eisenhüttenprozesse, št. 68.

Konstanti K₁S in K₂S v odvisnosti od temperature, nahajamo v isti knjigi.

$$\eta_s \text{ rav.} = \frac{[eS]}{[S]} = \frac{(CaO)}{(FeO) K_1 S} + \frac{[Mn]}{K_2 S}$$

Za izračun proste baze (CaO) je bila vzeta enačba po Herty-ju: (Nahajamo v zgoraj navedeni knjigi).

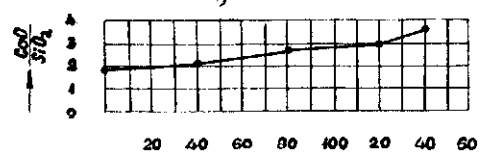
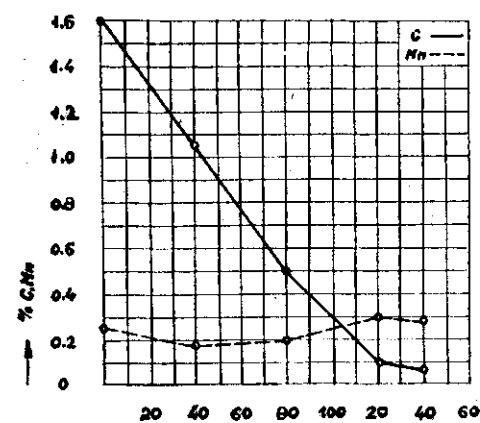
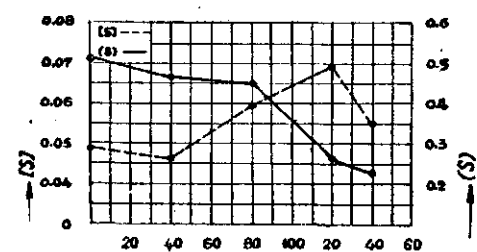
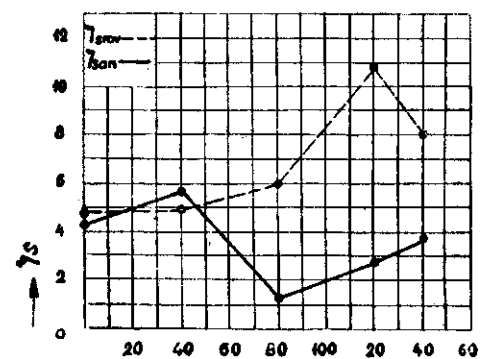
$$CaO = 0,01 (e CaO) - 0,93 (e SiO_2) - 1,18 (P_2 O_5)$$

Ravnotežno razmerje, katero navaja Schenck z enačbo $\eta_s = \frac{[eS]}{[S]}$ je za potek reakcij osnovnega pomena. Odžvep-

lanje jeklene kopeli se vrši le toliko časa, kolikor časa η_s ravni. večje od obstoječega dobljenega razmerja

$$\eta_s = \frac{(\eta S)}{[S]} \text{ anal. Torej } \eta_s \text{ ravni.} > \eta_s \text{ anal.}$$

Ta enačba, vzeta v obratnem smislu povzroča nežveplanje kopeli. Kot je razvidno iz slike 1, dobimo različen potek krivulj za η_s ravni. in η_s anal. Krivulja η_s ravni. po 40 min. rafinacije preseže krivulja η_s anal., nato pa



Sl. 1

se močno oddalji od nje. Vzrokov, da η_s ravni. ne presega večkrat η_s anal. je lahko več, in jih je iskati v stalnem naraščanju žvepla iz generatorskega plina v kopeli, v prenasitosti kopeli z dodatkom prevelikih koli-

čin apna in konkretno za saržo št. 4892, je dodana prevelika količina železne rude. Posledica vsega tega je mrzla kopel, prenasitena žilindra, slab hod reakcij, to je slabo odžveplanje. To nam dokazujejo tudi sarže št. 4892, 3323, 3309, 3342, pri katerih se žveplo pred izpustom in žveplo v končni probi ni nič spremenilo. Dočim pa pri sarži št. 3287 zaznamo močno odžveplanje ob koncu rafinacije, kljub temu, da η_s ravni. ne preseže η_s anal., ampak se krivulji le približujeta ena drugi.

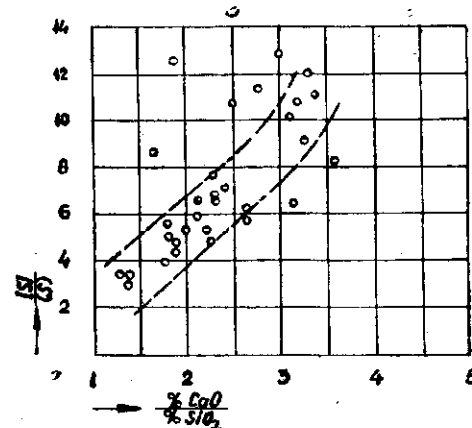
Slika 2, 3, 4 nam pa ponazarjajo odvisnost, vrednosti za β S ravni. in η_s S anal., konstanti K_1S , K_2S od stopnje bazičnosti $\frac{CaO}{SiO_2}$.

Te fizikalno-kemijske vrednosti nahajamo v tabeli št. 2

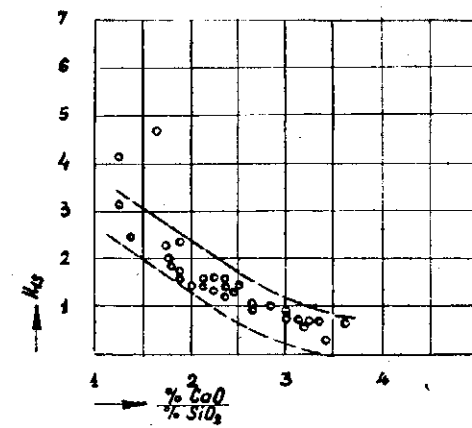
Iz slike 2, ki prikazuje odvisnost vrednosti $\frac{(S)}{[S]}$ od stopnje bazičnosti $\frac{CaO}{SiO_2}$ času kuhanja sarže, ugotovimo, da odžveplanje raste z naraščajočo bazičnostjo, medtem, ko je iz slike 3, ki ponazarja odvisnost vsebnosti K_1S od $\frac{CaO}{SiO_2}$ razvidno, da se z naraščajočo stopnjo bazičnosti $\frac{CaO}{SiO_2}$ v žilindri znižuje in s tem odžveplanje pospešuje, medtem, ko bi naraščajoč procent FeO v žilindri, odžveplanje zaviral. Po razpršenosti točk v sliki 4 lahko sklepamo, da konstanta $K_2S = \frac{[Mn] \cdot [S]}{[Mn]}$ nima večjega vpliva na odžveplanje.

Pri praktičnem delu se je pokazalo, da poleg večje bazičnosti odžveplanje narašča z rastočo temperaturo.

Pri meritvah, ki so bile izvedene na bazičnih SM pečeh, so varirale temperature žilindre ob raztalitvi v intervalu med 1540°C do 1625°C in so se povzele ob koncu rafinacije od 1625°C do 1695°C.



Sl. 2

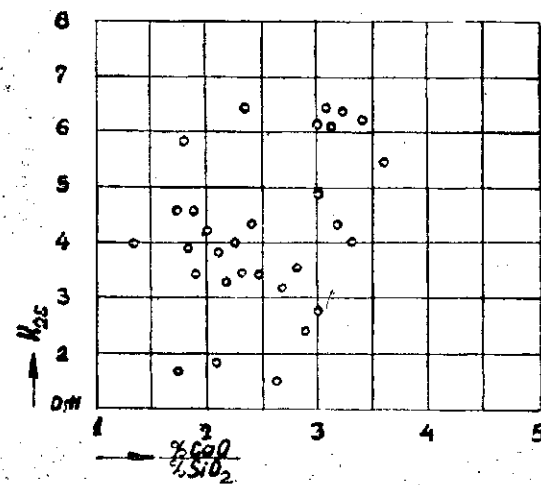


Sl. 3

Porast temperature žilindre ob koncu rafinacije je znašal okoli 70°C. Iz omenjenega lahko sklepamo, da je bilo vsaj pri nekaterih saržah (Gl. tabelo št.1) to povišanje temperature pozitivno, saj je bilo, kljub eventualnim drugim slabim pogojem končno stanje žvepla zadovoljivo.

ZAKLJUČEK

1. Za dobro odžveplanje v bazičnih SM pečeh moramo imeti na razpolago kvalitetne surovine to je: generatorski plin, mazut, katran, s čim manjšim % žvepla, grodelj z nizkim % S, CaO z nizkim % MgO in S.
2. Doba zakladanja in taljenja naj bo čim krajša, da
3. Stopnja bazičnosti $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ v vložku mora biti v zadovoljivih mejah; to lahko reguliramo z dodatkom apna v se omili dotok žvepla v kopel.



Sl. 4

peč. Količina dodanega CaO pa zavisi od kvalitete samega vložka, (zakaj pri vložku z visokim % Si bomo dodali v peč večjo količino CaO, kot pa pri vložku s povprečno vsebnostjo Si).

4. Apno in žel. ruda naj bi se ne dodajala v peč natančno, ampak v presledkih po potrebi. To velja zlasti za začetek rafinacije, ko sarža še ni dovolj vroča in bi dodatek prevelike količine apna, oziroma železne rude zavrl proces.

5. Stopnja bazičnosti žilindre v prvi predprobi naj bi bila 2,0, temperatura žilindre pa preko 1560°C.

BORIS PUH
DK 620.197

Sl. sarže	Proba	K _{1s}	K _{2s}	η _{San.}	η _{Srav.}	CaO SiO ₂ med raf.	T _{je} °C	T _{žl.} °C
3264	1	1,63	0,119	5,0	0,8	2,1	1530	1550
	2	1,02	0,137	14,1	2,6	2,8	1590	1610
	3	0,89	0,149	14,3	3,1	3,0	1620	1640
3274	1	1,6	0,14	5,3	1,9	2,2	1600	1625
	2	1,65	0,145	7,1	2,9	2,3	1815	1635
	3	0,78	0,165	10,7	6,3	3,2	1670	1690
3287	1	4,75	0,19	8,7	0,9	1,6	1510	1540
	2	1,7	0,135	12,5	1,2	1,9	1570	1600
	3	0,8	0,161	6,2	5,1	3,1	1640	1680
3299	1	1,5	0,139	5,9	1,1	2,1	1570	1610
	2	1,4	0,135	10,6	3,4	2,5	1610	1660
	3	0,82	0,165	10,2	4,8	3,1	1670	1695
3311	1	1,05	0,135	6,3	1,2	2,6	1580	1600
	2	0,8	0,140	12,0	2,4	3,3	1595	1615
	3	0,6	0,163	11,0	3,1	3,4	1640	1690
3323	1	3,1	0,14	3,2	1,0	1,4	1600	1620
	2	1,85	0,145	4,9	2,0	1,8	1610	1635
	3	1,2	0,165	6,5	2,9	2,3	1660	1690
3342	1	2,59	0,135	2,9	0,4	1,4	1580	1600
	2	2,25	0,145	4,4	1,0	1,9	1600	1630
	3	2,0	0,159	5,5	1,5	1,8	1630	1670
3469	1	4,1	0,128	3,2	0,5	1,3	1510	1580
	2	2,25	0,139	3,8	1,2	1,8	1600	1610
	3	1,5	0,135	6,4	2,7	2,3	1640	1660
4009	1	1,52	0,141	5,2	1,4	2,0	1600	1620
	2	1,35	0,143	6,8	2,4	2,4	1615	1630
	3	0,85	0,143	9,3	2,7	3,2	1615	1630
4892	1	1,7	0,129	4,73	4,2	1,9	1520	1580
	2	1,4	0,132	4,85	5,6	2,2	1515	1580
	3	1,15	0,132	6,0	1,2	2,6	1525	1590
	4	0,9	0,161	10,9	2,8	3,0	1620	1680
	5	0,7	0,155	8,1	3,8	3,6	1640	1660

Tabela št. 2

6. Nadzoroval naj bi se % proste baze (CaO) kolikor je mogoča hitra laboratorijska izvedba, ali pa stopnja bazičnosti $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ med samo rafinacijo. S tem bi se vsaj delno praktično kontroliralo stanje ravnomočaj reakcij, v bazični SM peči.

Metaliziranje

1. Princip:

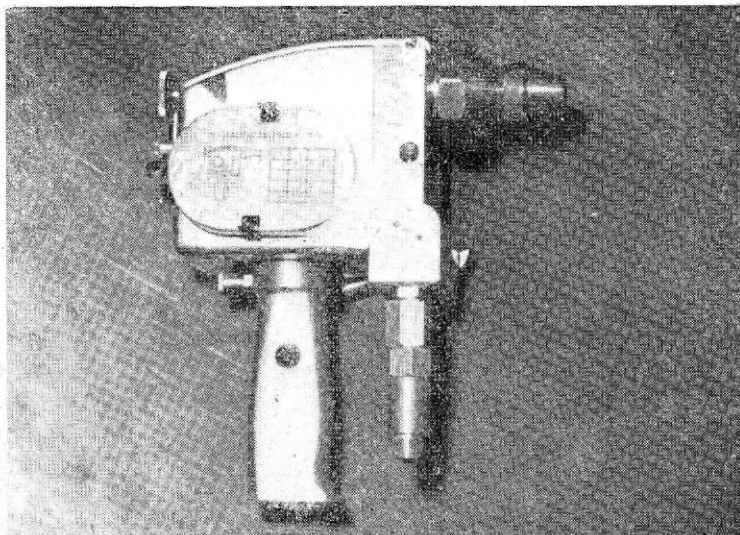
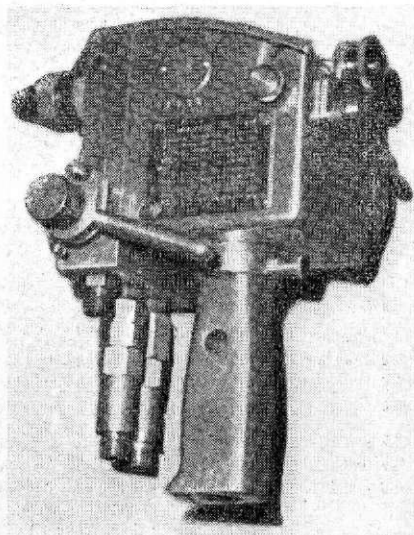
Bistvo metaliziranja je v tem, da poljubno kovino, ki se da iz nje izdelati žica, s pomočjo naprave, ki jo imenujemo »metalizator« (glej sliko 1) raztopimo in jo v trenutku, ko je tekoča, razpršimo z zrakom, (3 atmosfere). Zrak, ki prihaja z veliko hitrostjo iz šobe metalizatorja, vzame raztopljene delce kovine s seboj in jih s silo meče na poljuben objekt.

V trenutku, ko raztopljeni delci kovine dosežejo metalizirani objekt, se ob njem sploščijo in nekako prilepijo. Tako nanešana plast kovine, ki jo na objektu drži adhezija, ni homogena, temveč porozna. Delci med potovanjem skozi zrak nekoliko oksidirajo, zato se ne zvarijo, niti s kovinsko osnovo, niti med seboj.

Kavilete nabrizganih plasti zavise od kvalitete žice, talilne temperature kovin, od razdalje med šobo in objektom, od plamena, ki je lahko nevtralen, redukcijski ali oksidativni. Končno še od načina priprave površin pred metaliziranjem.

Metalizator se sestoji iz ohišja, v katerem se nahaja zračna turbina, ki poganja preko polževnega pogona iz dveh zobnikov dva kolesca, ki potiskata žico v šobo.

Zaradi različnih talilnih temperatur kovin mora imeti žica, ki se tali v razmeroma konstantnem plamenu, raz-



Sl. 1

lične hitrosti. Čim nižje je tališče, tem manjša hitrost je potrebna.

Kot že omenjeno sta med zračno turbino in kolescem za potiskanje žice dva zobnika, ki jih na enostaven način lahko zamenjamo; na razpolago sta dva para. Zobnika prvega para imata: $z_1 = 14$ in $z_2 = 38$, drugega para pa $z_1 = 22$, $z_2 = 30$.

S pomočjo obeh parov dobimo štiri različne hitrosti, in sicer:

- | | | |
|------------|------------|----------------------|
| a) 14 : 38 | 1,0 m/min. | 2 Ø mm jeklo; |
| b) 22 : 30 | 2,0 m/min. | 2 Ø mm Cu, medenina; |
| c) 30 : 22 | 3,5 m/min. | 2 Ø mm Al; |
| d) 38 : 14 | 6,0 m/min. | 2 Ø mm Zn, Pb. |

Žico raztali acetilenski plamen, ki nastaja med gorenjem mešanice acetilena (C_2H_2) in kisika (O). Navedena plina mešamo načelno vedno v razmerju 1 : 1. V tem primeru je plamen nevtralen. Izjemoma pa je za nekaj primerov včasih potrebno enega ali drugega plina več ali manj. Če je kisika več, je plamen oksidativen, če je acetilena več, pa je plamen redukтивен. Kot že omenjeno, vpliva to na kvaliteto nabrizgane plasti. Iz navedenega je razvidno, da morajo biti na metalizatorju priključki za tri pline: Kisik in aceten sta potrebna za plamen, zrak poganja turbino in z njo mehanizem za podajni pomik žice, hladi šobo in razpršuje raztaljeno kovino (glej sliko 2).

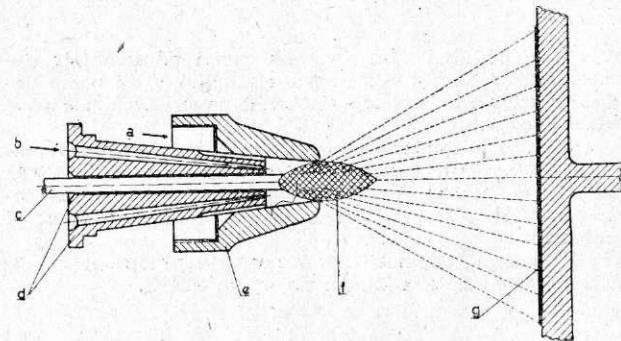
2. Uporaba

A. Reparaturno metaliziranje

V naši lovarni je v obratovanju zelo veliko število najrazličnejših strojev. Večina delov, ki te stroje sestavljajo, je na določenih mestih stalno izpostavljena obrabi, zato postanejo stroji sčasoma nesposobni za nadaljnje obratovanje. Če hočemo, da nam stroj zopet normalno dela, moramo dele, ki so obrabljeni, zamenjati, kar je zvezano s precejšnjimi stroški. Navadno tak del pošljemo v staro železo in izdelamo namesto njega novega. Zato je potreben nov material in določene strojne in ročne izdelavne ure.

Da bi se temu izognili, so že desetletja nazaj skušali pokvarjeni strojni del popraviti na mestu obrabe in ga ponovno vgraditi.

Splošno znano je reparaturno navarjenje, s katerim se da rešiti marsikateri problem. Običajno je navarjenje tvegano. Predvsem ni priporočljivo za strojne dele, ki so izpostavljeni dinamičnim obremenitvam. Po navadi taki strojni deli tudi niso iz dobro varilnega jekla. Poleg tega se proces navarjenja vrši pri tako visokih temperaturah, da se spremeni struktura osnovnega materiala. S tem se spremenijo tudi mehanske in fizikalne lastnosti. Nastanejo tudi dodatne notranje napetosti, za katere ni mogoče



Slika 2

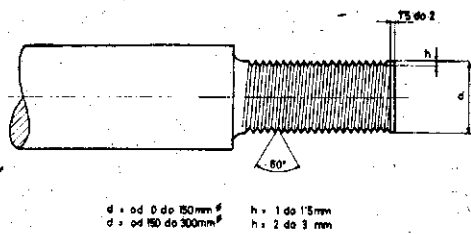
- a — vstop zraka pod pritiskom 3 atmosfer
- b — vstop mešanice (C_2H_2 pod pritiskom 1,2 atmosfere)
- c — žica 2 Ø mm
- d — šoba
- e — zračni okrov
- f — acetilenski plamen
- g — nanešena kovinska obloga

predvideti, kaj bodo na nekem tako popravljenem strojnem delu med obratovanjem povzročile. S primernim zarjenjem jih sicer lahko odpravimo, vendar je tudi to kočljivo, ker je težko predvideti, kakšne deformacije bodo medtem nastale. Običajno strojne dele, osi, gredi in podobno, tako skrivni, da za nadaljnje obratovanje niso uporabni. Zaradi navedenih pomanjkljivosti so dolgo iskali način, pri katerem bi bile med reparaturnim postopkom nižje temperature, ki ne bi spreminjale osnovnih last-

nosti materiala. Tekom časa se je način nabrizgavanja kovin tako izpopolnil, da pride v poštev tudi za reparaturno metaliziranje.

Pri tem postopku se metalizirani predmet ne segreje več kot do 200°. Pri tej temperaturi se struktura jekla ne spremeni in s tem tudi ne lastnosti.

Pred reparaturnim metaliziranjem je obrabljeni del predmeta pripraviti kot ga kaže slika 3.



Slika 3

Med struženjem naj bo nož nekoliko pod sredino predmeta, da čimbolj natrguje. S tem dobimo zahtevano hrapovo površino. Poleg načina kot ga kaže slika 3, lahko izdelamo še drugačne navoje. Na primer žagaste in slično. Pripravo je izvršiti na dobri stružnici, medtem ko metaliziranje na taki, ki je zaradi netočnosti vzeta iz produkcije.

Slično, kot za rotacijska telesa, pripravimo površino tudi za reparaturno metaliziranje ravnih površin.

Trdnost z metaliziranjem nanošene plasti je 1,5 kilograma na mm², v najboljšem primeru do 4 kilograma na mm². Iz tega se vidi, da za obremenitve na nateg in upogib ni primerna, pač pa odgovarja za obremenitve na tlak, kar v največ primerih tudi rabimo.

Po ameriškanskem patentu obstoja možnost, da se izdelavi hrapave površine v svrhu reparaturnega metaliziranja lahko izognemo. To pride v poštev posebno pri gladkih — brušenih površinah, ki so lahko tudi kaljene ali cementirane in bi jih bilo zaradi tega težko ostružiti, kot je zgoraj opisano in kot kaže skica. V takem primeru nabrizgavamo z molibdenom, ki se zaradi lastnosti, da med potovanjem skozi zrak ne oksidira, privari na osnovo. Molibden je razmeroma draga kovina, zato z njim nabrizgavamo na gladke — površine čisto tanke plasti. Po potrebi pa na nanašeno plast molibdena lahko nabrizgavamo druge kovine, ki se z molibdenom tudi zvarijo.

Nabrizgana plast se po ohladitvi skrči in s tem je zaradi večjega pritiska na osnovo oprijem še boljši. Kadar reparaturno metaliziramo površine, ki so znotraj, kot na primer ohišje krogličnega ležaja, moramo vse ohišje pred nabrizgavanjem greti. Nabrizgana plast se nato med ohlajevanjem krči istočasno z ohišjem. S tem preprečimo nevarnost, ki obstoja, da bi nanešana plast odstopila od osnove.

B. Alitiranje

Jeklene dele, ki so izpostavljeni višjim temperaturam, na primer žarilne lonce, posode solnih kopeli, izpušne cevi, posode za pepel, plinske generatorje, rekuperatorje, zaščitne cevi pirometrov itd., nabrizgamo z aluminijem v debelini 0,2 do 0,3 mm. Nato jih žarimo 10 do 20 minut pri 750 do 800°C. Med žarenjem moramo preprečiti dostop zraka. Pri tem difundira aluminij v železo. Dobimo plast Al₂O₃, ki pod vplivom vročih plinov do 1000°C preprečuje oksidacijo (tvorbo škake).

C. Priprava ohišij ležajev za zalivanje z belo kovino

Ohišja ležajev pred zalitjem z belo kovino metaliziramo z bakrom. Stare ležaje je potrebno pred navedenim postopkom razmasiti in na površini, kjer bodo zaliti, peskat.

D. Korozija — splošno

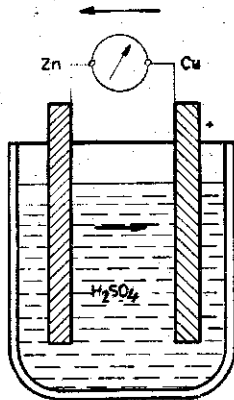
Kot je znano, razumemo pod korozijo propadanje kovinskih površin. Najbolj znana korozija je tista, ki nastane med kemijskimi reakcijami. Zaradi istočasnega delovanja zraka in vodne pare nastaja rja, ki je po sestavi hidroksid. Nastajanje rje preprečimo s tem, da površine jeklenih objektov miniziramo in barvamo, oziroma lakiramo. Olnate barve in laki, ki jih zato uporabljamo, morajo biti čimbolj odporni proti vremenskim neprilikam. Znano je, da neke kovine v atmosferskih prilikah oksidirajo samo na površini. Nastali oksidi, na primer cinkovi, aluminijevi, svinčevi, so tako gosti, da preprečujejo nadaljnje delovanje kisika, oziroma vlage. Zaradi tega so prišli na idejo — zavarovati jeklene objekte s takimi kovinami ali njihovimi oksidi. Praktično se prevleka zelo dobro obnese pod pogojem, da je homogena in neprekinjena.

Predpostavljamo, da je nanešana zaščitna kovina že od začetka ali stasoma iz kakršnih koli vzrokov na nekem mestu prekinjena. Nastalo prekinitev, ki jo lahko smatramo za poro, prej ali slej zalije voda. Ker pa ta voda v naravi nikoli ni kemično čista, ampak vsebuje razne absorbirane pline (CO, CO₂, SO₂ itd.) ali soli, nastane elektrolit, to je tekočina, ki prevaja električni tok. Kadar pride dveh kovin različnih električnih potencialov v dotik z elektrolitom, se skušata potenciala izenačiti, zato nastane električni tok. S prekinitvijo zaščitne kovine nastanejo naravni galvanski členi. Tok, ki nastane, gre vedno od kovine višjega proti kovini nižjega potenciala.

Tabela potencialov kovin

Za osnovo služi napetost v platini raztopljenega plinastega vodika, nasproti vodikovim ionom. Platina v elementarnem stanju topi plinski vodik, ki ga razstavi v enatomske molekule, ki dobijo kovinski značaj in so silno reaktivne. Na ta način moramo meriti električno napetost med ioni vodika in »kovinskim« vodikom.

Naziv	Potencial v voltih	Naziv	Potencial v voltih	Naziv	Potencial v voltih
Kalij	— 2,32	Železo	— 0,44	Vodik	+ 0
Natrij	— 2,71	Kadmij	— 0,40	Baker	+ 0,34
Magnezij	— 1,55	Kobalt	— 0,29	Srebro	+ 0,81
Aluminij	— 2,28	Nikelj	— 0,22	Živo sr.	+ 0,86
Mangan	— 1,08	Svinec	— 0,13	Zlato	+ 1,5
Cink	— 0,76	Kositer	— 0,10	Platina	+ 1,8

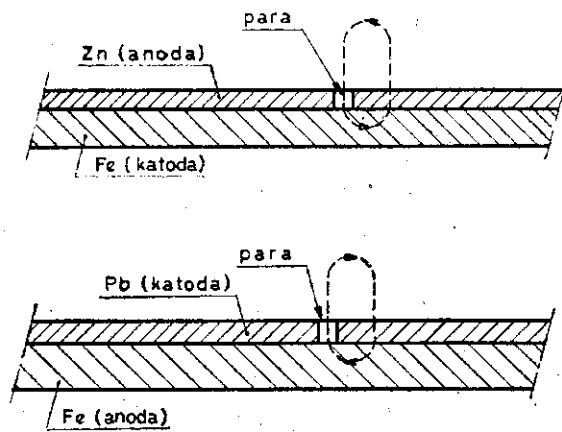


Slika 4

Naslednja skica predstavlja enostavni galvanski člen, ki se sestoji iz bakra in cinka. Kovini sta potopljeni v razredčeno žvepelo kislino.

Nastane reakcija: $\text{Zn} + \text{N}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$. Istočasno nastane električni tok. To traja tako dolgo, dokler se ne iztroši cink ali žveplena kislina.

Iz primerov vidimo, da se troši vedno kovina z nižjim potencialom. Približno isto se dogaja v naravnih galvanskih členih.



Sl. 5—6

Vzamemo primer, da ima zaščitna kovina manjši potencial od železa. V tem primeru se troši cink, površina železa ostane nekorodirana. (Glej sliko 5.)

Primer, da ima zaščitna kovina višji potencial od železa, kaže slika 6. V tem primeru ostane svinec nespremenjen. Železo razpada še hitreje kot brez prevleke. Iz navedenega je razvidno, da so za zaščito jekel proti koroziji najprimernejše kovine, ki imajo nižji potencial od železa (glej tabelo).

Zaščita jekel s kovinami višjega potenciala je zelo primerna, dokler je prevleka z njimi homogena. Ko je prevleka iz svinca, niklja, kroma, kositra itd. že načeta, začne železo zelo hitro razpadati.

E. Antikorozijsko metaliziranje

Najprimernejša metoda za nanašanje cinka je ročna, z acetilenskim plamenom. Industrijski metodi sta pocinkanje s potapljanjem in galvaniziranje. Prva ročna metoda pride v poštev za manjše predmete. S potapljanjem pocinkamo predvsem pločevino in dele raznih gospodinjskih in drugih naprav. Galvanizacija pride malo v poštev.

Vsem naštetim načinom so glede na priprave površine pred pocinkanjem (luženje) in z ozirom na razpoložljive banje glede velikosti postavljene gotove meje. Medtem ko za pocinkanje z nabrizgavanjem — metaliziranjem glede velikosti objektov ni nobenih meja, če je v neposredni bližini stisnjen zrak, kisik in acilen. Za zaščito proti koroziji lahko metaliziramo s cinkom cevovode, jeklene konstrukcije vseh vrst, ograje itd. To lahko izvršimo pred montažo ali na terenu postavljene objekte. Pod normalnimi atmosferskimi pogoji vzdrži nabrizgana zaščitna plast cinka (400 do 500 gramov na kvadratni meter) najmanj petkrat daljši čas kot dvakratno minliziranje. Ako nabrizgamo plast cinka do debeline 0,15 mm, se čas zaščite še podaljša. Pod nepreagresivnimi atmosferskimi prilikami traja do 20 let. Kot že omenjeno, obstoja v plasti nanešeni z metaliziranjem neka gotova poroziteta. Če samo enkrat prebarvamo z oljanto barvo ali lakiramo, da s tem pore zamažemo, podaljšamo življenjsko dobo zaščite do 30 let.

Poleg cinka je za zaščito proti koroziji zelo važna kovina aluminij. Iz tabele potencialov je razvidno, da ima aluminij še nižji potencial od cinka, zato v še večjem obsegu ščiti železo proti koroziji. Poleg tega je plast aluminija, nabrizgana z reducirnim plamenom, zelo gosta in se tudi zelo dobro prime površine železa. Ako ga nabrizgamo z oksidirnim plamenom, se tvori precejšnja količina aluminijevega oksida, ki je zelo trd in zato odporen proti eroziji.

Zaradi dobre elektroprevodnosti ga mnogo uporabljajo v elektro in radio industriji.

V posebnih primerih pride v poštev kombinacija nabrizgavanja cink — aluminij ali obratno. Za zaščito objektov, ki se nahajajo v dušični atmosferi, priporočajo najprej metaliziranje s cinkom, nato z aluminijem, medtem ko za objekte v žvepleni atmosferi najprej z aluminijem in nato s cinkom.

Ze iz tega je razvidno, da za različne atmosfere pridejo v poštev različne kombinacije zaščitnih kovin. Nekih pravil, oziroma predpisov ni. Za vsako podjetje je priporočljivo, da za atmosfero v svojem območju eksperimentalno določi, kakšna kombinacija zaščitnih kovin pride v poštev na njenem območju.

3. Priprava površin pred antikorozijskim metaliziranjem

Površina jeklenega objekta, ki ga hočemo metalizirati za zaščito proti koroziji, mora biti kovinsko čista in primerno hrapava. To dosežemo lahko na več načinov. Predvsem pa s peskanjem, bodisi s kremenčevim ali jeklenim peskom. Ker je pri peskanju nevarnost silikoznega obolenja, je bolj priporočljiv jeklen pesek. Jeklen pesek z ostrimi robovi uporabljamo v velikosti zrn 3 do 4 mm.

Jekleni pesek se nahaja v posodi, pod katero je mešalni ventil. Ta ima tri odprtine. Skozi gornjo pada v ventil pesek, v prvo stransko vstopa komprimiran zrak pod pritiskom približno 5 atmosfer. Ta vzame s seboj dotekajoči pesek in ga skozi drugo stransko odprtino potiska skozi gumijasto cev. Na koncu gumijaste cevi je jeklena šoba z izvrtino 8 Ø mm. Iz te izstopa mešanica zraka in peska z veliko hitrostjo. Tako nastali curek usmerimo na objekt, katerega peskamo. Ko pesek opravi očiščevalno delo, pada skozi rešetke nazaj v posodo in iz te zopet v mešalni ventil. Kroži isti pesek.

Komprimirani zrak vsebuje oljne in vodne hlape, zato ga pred vstopom v mešalni ventil očistimo v izločilu olja in vode. V nasprotnem primeru bi površino objekta, katero peskamo, lahko namastil. Posledica bi bila slab prijem nabrizgane zaščitne kovine z osnovo. Po navedenih principih peskamo v delavnici. Objekte na terenu lahko peskamo z žilindrnim peskom. Zahteva sicer več časa, lahko pa gre brez večje škode v izgubo.

Delavec, ki izvaja peskanje, je do pasu v maski. Skozi posebni ventil dovajamo v masko očiščen zrak pod pritiskom. Na ta način je popolnoma ločen od zaprašene atmosfere, ki vlada v prostoru peskanja.

Podatki:

1. Iz prakse pri podjetju »Rengshausen« Dunaj;
2. »Die Metallspritz-technik« v Rengshausen;
3. Kemija, ing. Hubert Ankerst;
4. Mehanična tehnologija, ing. Oto Horvat.)

TESNILKE Z MANŠETAMI IZ FLUOROPLASTA (Vestnik mašinstroenija)

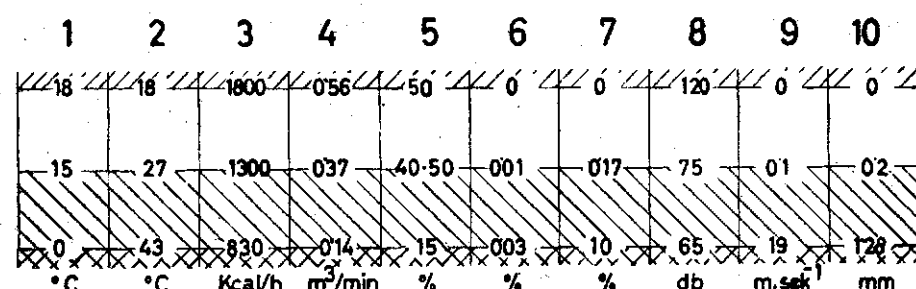
Manšetne tesnilke iz fluoroplasta imajo zelo široke možnosti uporabe, saj so primerne tako za zelo nizke kot tudi za višje temperature. Njih območje sega od -195 do $+250^{\circ}\text{C}$ in so tudi odporne proti raznim kemičnim vplivom.

V mnogih primerih te tesnilke sploh ne potrebujejo maziva in se dajo dobro obdelovati. Število tesnilnih obrobov zavisi od pritiska.

OSNOVNI PODATKI VPLIVOV OKOLICE NA ČLOVEKA

Za ugodje človeka je potrebno, da so v okolju, v katerem živi in dela izpolnjeni nekateri pogoji, ki sicer močno vplivajo na naša zunanja čutila. Delavcu pri stroju kot tudi ustušbencu za pisalno mizo je treba urediti delovno mesto tako, da se lahko nemoten od okolja poglobi v svoje delo.

Nekatere vplivne okoliščine, katerim je človek izpostavljen pri svojem vsakdanjem poslu so vnesene v spodnjo tabelo, kjer je počutje prikazano kot funkcija zunanjih vplivov.



POČUTJE

- Odlično
- Prijetno
- Neprijetno
- Nevzdržno

VPLIVI

1 Spodnja temp. meja	6 vsebina CO
2 Gornja temperatur. meja	7 vsebina CO ₂
3 Poraba toplote na osebo	8 Ropot - jakost zvoka
4 Dovod svež. zraka na osebo	9 Pospeški
5 Relativna vlaga	10 Tresljaji - amplitude

Sl. 1

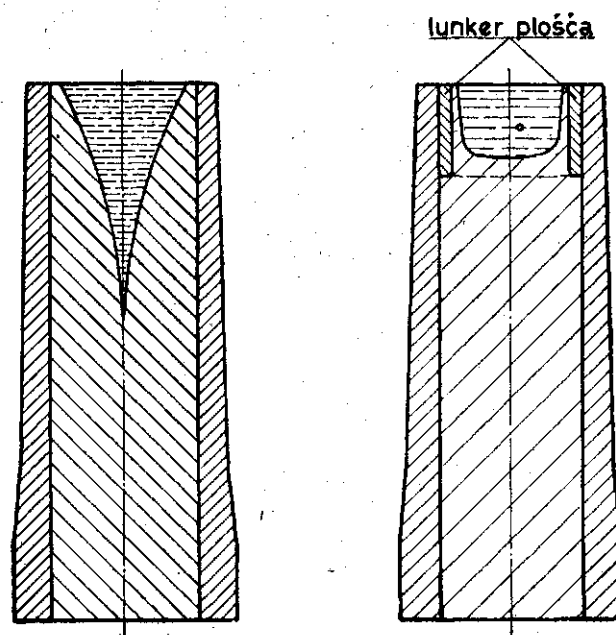
Ing. A. Prešeren, M. Gabrovšek, S. Čop, A. Karba in L. Božič

PREPREČEVANJE LUNKERJA PRI VILIVANJU BRAMSKIH FORMATOV ZA KOTLOVSKO PLOČEVINO

Lunker predstavlja pri izdelavi jekla problem, katerega rešuje vsaka jeklarna na način, ki se je izkazal kot specifično najuspešnejši.

Lunker nastane pri vliivanju jekla v kokile različnih formatov zaradi tega, ker ima jeklo v raztaljenem stanju večji volumen kot v trdnem stanju in se odliči blok pri ohlajevanju krči. Da se doseže lunker, ki bi bil koncentriran v zgornjem delu odlitega bloka in čim manj raztegnjen v dolžino, je nujno potrebno, da se obdrži po končanem vliivanju pri vrhu bloka jeklo čim dalj časa v raztaljenem stanju. To se lahko doseže z dobro izolacijo stene pri vrhu bloka, da se na ta način zmanjša odvod toplote skozi steno kokile in pa z dodajanjem posebnega lunker prahu na površino bloka, kateri razvije močne eksotermne reakcije, zviša toploto, taline v zgornjem delu bloka in jo potem izolira navzgor.

V naši martinarni normalno pri ingotih ni težav z lunkerjem, precejšnji problemi pa so nastopili pri vliivanju bramskih formatov in so jih dalj časa reševali na različne načine, vendar dolgo ni bilo pravega uspeha. Šele v letu 1956 se je posrečilo z uvedbo posebej izdelanih izolacijskih plošč rešiti



Slika 1

v glavnem problem lunkerja, ki je nastopal pri bramah in, medtem ko se za izolacijo navzgor uporablja poseben prah, ki ima podobno sestavo.

Izolacijske plošče se izdelujejo iz koksa, plavžne žindre, žaganja in veznega srodstva, se po pripravi mešanice stiskajo na posobni stiskalnici in potem sušijo pri nizki temperaturi. Te plošče se montirajo za kokile s pomočjo posebne naprave in na ta način izolirajo odvod toplote proti steni kokile,

medtem ko se za izolacijo navzgor uporablja poseben prah, ki ima podobno sestavo.

Prednosti teh izolacijskih plošč so naslednje: cenene domače surovine, nizki proizvodni stroški, teža glave bloka se je zmanjšala od 30 na 10 do 12 % (odvisno od teže brame), enostavna manipulacija pri montiranju v kokilo in nevarnost lunkerja v izvaljani pločevini se je zelo zmanjšala.

POPRAVEK

V drugi številki Tehnične priloge se je na strani 46 pri klišeu oziroma sliki št. 6 k članku »Regeneracija žveplene kisline v lužilnicah« vrnila neželena pomota. — Tako bi moralo pisati ciklonski in ne cikronski kristalizator. Na strani 47 pa je prav tako pri klišeu pomotoma napisano lužilna kad — pravilno lužilna kad.

OBVESTILO UREDNIŠTVA TEHNIČNE PRILOGE ŽELEZARJA

Vsem bralcem Tehnične priloge sporočamo, da je druga številka izšla nekoliko pozneje zaradi tehničnih ovir. — Bralce prosimo, da zamudi oprostijo.

Uredništvo Tehnične priloge Železarja

Našim sodelavcem

1. Strokovni članki naj bodo tipkani samo na eni strani lista običajnega formata, in to pet centimetrov od levega roba. Prav tako naj bo tam, kjer naj bi bila med tekstom slika ali diagram, prazno mesto. Na njegovem spodnjem delu pa naj bo natipkana vsebina slike oziroma diagrama.

2. Slike oziroma diagrame je treba posebej priložiti s spiskom le-teh po vrstnem redu, s katerim so vključeni v članek. Slike oziroma diagrami naj bodo tuširani na paus papirju, njihova velikost pa naj bo približno dvakrat (za majhne trikrat) večja od želene velikosti klišaja. Vse oznake na slikah oziroma diagramih je treba vpisati čitljivo s svinčnikom. Kolikor to ni mogoče, pošiljajte čitljive prostoročne skice. Člankom priložite (če je to možno) tudi črno bele fotografije, ki pa naj bodo dovolj jasne in ostre.

3. Vsakemu članku je treba dodati še kratko vsebino, uporabljeno literaturo, priimek in ime ter naslov avtorja članka.

4. Tako opremljene strokovne članke pošiljajte na naslov: »Železar« Tehnična priloga (ing. Janko Mede, Tehnični biro Železarne Jesenice).