

## VSEBINA

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Jože Rožič — Vpliv jedavca na odžveplanje —<br>DK 669.182.4 . . . . .                        | 49 |
| Ing. Marin Gabrovšek — Problematika valjanja<br>visokosiliciranega jekla — DK 621.771 . . .  | 52 |
| Matevž Suštar — Dvojni izlivni žleb v jeklarni<br>železarne Sisak — DK 669.042 . . . . .     | 61 |
| Ing. Miloš Gregorčič — Mazutna postaja —<br>DK 662.94 . . . . .                              | 66 |
| Ing. Feliks Bešter — Regulacija vlažnosti vpi-<br>hanega zraka za plavž — DK 669.162.2 . . . | 68 |
| Ing. Tone Zevnik — Pločevinski valji, vzdržli-<br>vost in poraba — DK 621.771 . . . . .      | 71 |
| Nove knjige v strokovni knjižnici . . . . .                                                  | 80 |

## TEHNIČNA PRILOGA

Tehnična priloga Železarja — Glasilo DIT Jesenice, leto III, št. 3. Odgovorni urednik ing. Stanko Čop. Glavni uredniški odbor: ing. Franc Babšek, ing. Marin Gabrovšek, ing. Miloš Gregorčič, ing. Jože Kramar, ing. Pavle Sešek, ing. Slavica Sešek, Bratko Škrlič, ing. Jože Urbančič, Edo Žagar.

Tisk: ČP »Gorenjski tisk«, Kranj

LETO III.

SEPTEMBER 1961

ST. 3

Jože Rožič

DK 669.182.4

### Vpliv jedavca na odžveplanje

Jekla, ki jih pridobivamo po kakršnemkoli metalurškem postopku, vsebujejo določeno količino žvepla. Žveplo spada med nezaželenne elemente v jeklu. V jeklo ga dobimo iz grodlja, z gorivom (generatorski plin ali mazut) in z drugimi dodatki, ki se uporabljajo pri izdelavi jekla.

Grodelj ima od 0,040 do 0,1% žvepla, kar je odvisno od količine žvepla v rudi, predvsem pa v koksu.

Z železom tvori žveplo železov sulfid ( $\text{FeS}$ ), ki ima tališče pri temperaturi tople deformacije 1208 stopinj Celzija (valjanje in kovanje), kar zrahlja vezi med kristali in povzroča razpad jekla ter lom v rdečem žaru. V raztaljenem stanju obstaja izredna topnost med Fe in S. Škodljiv vpliv žvepla se lahko zmanjša s tem, da se železov sulfid zamenja z manganovim sulfidom. Ta ima tališče pri 1620°C in se pri topli obdelavi lahko deformira prav tako kot kovina.

Žveplo tvori spojine z mnogimi elementi kot so: Fe, Ca, Mn, Mg itd. Na odžveplanje vplivata v glavnem Ca in Mn. Tvorba  $\text{CaS}$  in  $\text{MnS}$ , kar predstavlja odžveplanje preko Ca in Mn, je toliko bolj uspešna, čim nižja je količina  $\text{FeO}$  in  $\text{SiO}_2$  in čim višja je količina  $\text{CaO}$  in  $\text{MnO}$  v žlindri.

Višja temperatura povečuje efektivnost odžveplanja. Odžveplanje pri izdelavi bazičnih SM jekel je rezultat reakcij, ki potekajo v trifaznem sistemu, med jekleno talino, žlindro in plinsko fazo.

Osnovni reakciji razžveplanja sta:



Za odžveplanje bazičnih SM jekel moramo nujno postaviti pogoje, pod katerimi lahko dosežemo razmeroma visoke vrednosti ravnotežja  $\frac{(\text{S})}{[\text{S}]}$  da pre-

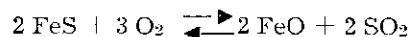
vedemo čimveč žvepla iz tekočega jekla v žlindro.

Pri razvijanju teh reakcij je važen faktor viskoznost žlindre, predvsem  $\text{MgO}$  v apnu, kajti  $\text{MgO}$  žlindro zgoščuje ter jo napravi slabo reaktivno. To zmanjšuje stopnjo odžveplanja. Malo viskozna žlindra je preveč kislila ( $\text{SiO}_2$ ), kar zopet zmanjšuje stopnjo odžveplanja. Da se tem napakam izognemo, uporabljamo v prvem primeru jedavec, v drugem pa apno.

Pri bazičnem SM procesu je še ena faza — plamen, ki je lahko neaktiven nasproti žlindri, lahko pa zelo močno vpliva na koncentracijo žvepla v jeklu. To privede do porušitve ravnotežja na škodo žvepla v jeklu. Porast koncentracije žvepla v jeklu zaradi absorpcije žvepla iz goriva se giblje od malih vrednosti, ki so praktično brezpomembne za normalne reakcije odžveplanja, do takih iznosov, ki ne le preprečujejo odžveplanje, temveč povišajo žveplo v jeklu, kljub pravi bazični žlindri in potrebni temperaturi. Ta prehod žvepla iz plina preko žlindre v talino nastopa že med zakladanjem in taljenjem. Če ima plin visoko žveplo, ga odda na vložek in s tem zviša količino žvepla v talini, lahko pa na drugi strani oksidiranemu vložku žveplo tudi odvzame s tem, da zgori v  $\text{SO}_2$ . Nažveplanje nam kaže reakcija po Dahlströmu:



Odžveplanje v oksidirajoči atmosferi pa poteka po naslednji enačbi:



Izkušnja uči, da prehod žvepla iz goriva v vložek pospešuje predvsem reducirni plamen in velika koncentracija žvepla v gorivu. Visoko žveplo v plinu zavira odžveplanje, zahteva daljšo rafinacijo z večjimi dodatki apna, jedavca in Mn. V večini pri-

merov pa je treba odstranjevati žlindro in ponovno dodajati apno. Kljub temu bo stopnja odžveplanja nižja od tiste pri normalnem gorivu.

Generatorski plin z manj kot 3 gr S/m<sup>3</sup> je nevtralen. Večja koncentracija žvepla pa že povzroča nažveplanje taline. Da je odžveplanje še v dovoljnih mejah, sme imeti generatorski plin maksimalno 6 gr S/m<sup>3</sup>.

Za dobro odžveplanje v bazičnih SM pečeh je treba voditi metalurški proces pod naslednjimi pogoji:

1. Koncentracija žvepla v surovinah in gorivu mora biti minimalna.

2. Dodatek zraka za zgorevanje mora biti vedno v prebitku, da dobimo oksidirajoči plamen.

3. Bazičnost žlindre in temperaturo je treba vskladiti tako, da ima razmerje  $\frac{(S)}{[S]}$  maksimalne vrednosti.

4. Med rafinacijo mora biti žlindra vedno dovolj redka, da je omogočen čim boljši potek reakcij med žlindro in jeklom, kar se doseže s pravilnim dodatkom jedavca ali boksita.

5. Odžveplanje se pospeši, če sta SiO<sub>2</sub> in FeO v žlindri minimalna in če je koncentracija CaO in MnO čim višja.

Pogoji odžveplanja v jeseniški martinarni kažejo najvažnejši činitelj žveplo v gorivu in grodlju. Pri kolikor toliko konstantni analizi vložka je potrebno posvetiti vso pozornost rafinaciji. Rafinacija jekla mora biti usmerjena tako, da bo poleg dobrega

kuhanja predstavljala baziciteta  $\frac{(CaO)}{(SiO_2)}$  najvažnejši faktor za odžveplanje, to se pravi, da bo čim višja. Z naraščanjem bazicitete narašča razmerje  $\frac{(S)}{[S]}$  in s tem dobro odžveplanje.

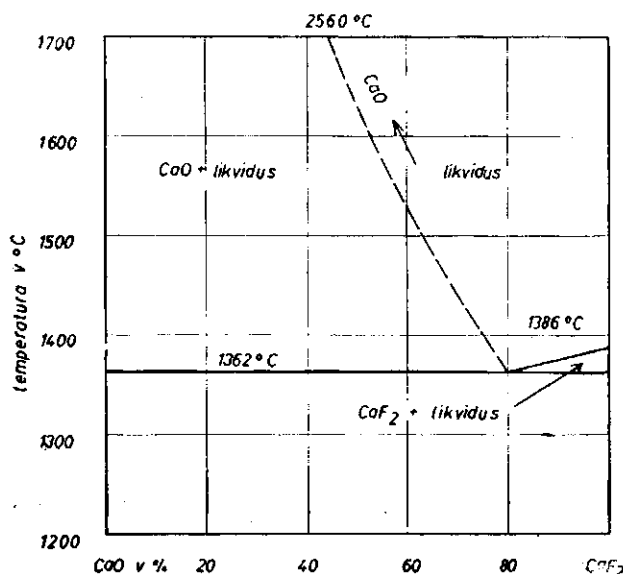
Ker se giblje količina žvepla v plinu od 5,6 gr do 8,5 gr/m<sup>3</sup>, odvisno od spreminjajočih razmerij dnevne porabe vrst premogov, je nujno regulirati dodatek apna v vložku in med rafinacijo. Pri tem je treba upoštevati več ali manj konstantno analizo žvepla v vložku.

Jedavec se uporablja kot razredčilo SM žlinder in močno bazičnih elektro žlinder. Nahajališča jedavca imajo različno sestavo (tabela 1)

| Kraj            | SiO <sub>2</sub>    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaCO <sub>3</sub> | MgCO <sub>3</sub> | CaF <sub>2</sub> | BaSO <sub>4</sub> | S          | MgF <sub>2</sub> |
|-----------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------|------------------|
| Vzhodna Nemčija | od 4.24<br>do 8.20  | 0.60<br>2.56                   | 1.39<br>2.56      | —<br>0.30         | 87.70<br>90.87   | —<br>0.10         | —<br>0.025 | —<br>0.13        |
| Bolgarija       | od 9.30<br>do 17    | —<br>0.44                      | —<br>2.02         | —<br>—            | 88.00<br>—       | —<br>—            | —<br>—     | —<br>—           |
| Krupanj         | od 7.81<br>do 21.35 | 1.10<br>2.34                   | 20.05<br>30.65    | —<br>0.12         | 59.40<br>60.05   | —<br>—            | —<br>—     | —<br>—           |
| Italija         | 1.80                | 1.60                           | 2.60              | 0.20              | 93.12            | 0.50              | —          | —                |

Tabela 1: Analize različnih vrst jedavca

Za SM peči se lahko uporablja jedavec z višjim odstotkom SiO<sub>2</sub>, medtem ko je za elektro peči ugodnejši jedavec z nižjim odstotkom SiO<sub>2</sub>. CaF<sub>2</sub> ima tališče 1386° C. Fazni diagrami SM žlinder in CaF<sub>2</sub> niso podani v literaturi.



Slika 1 — Binarni sistem CaO — CaF<sub>2</sub>

Vpliv znižanja tališča kaže slika 1, kjer je sicer samo binarni sistem CaO — CaF<sub>2</sub>, vendar strma krivulja ponazarja izreden vpliv CaF<sub>2</sub>.

V času od 10. marca do 28. aprila 1960 sem delal poizkuse o vplivu odžveplanja v SM peči z uporabo jedavca in boksita. Jekla so bila izdelana v bazičnih SM pečeh različnih velikosti in kurjenih z različnimi gorivi (generatorski plin, mazut in mešanica obeh). Vložek za peč je bil grodelj in staro železo v razmerju 55 : 45 %. Iz analiziranih vzorcev generatorskega plina in mazuta je bilo razvidno, da se je množina žvepla gibala:

v generatorskem plinu od 5.5 do 6.5 gr/m<sup>3</sup>

v mazutu od 0,70 do 1,1 %.

Kot talilo za razredčenje žlinder se je doslej uporabljal le boksit, ki le malo zniža tališče žlindre in reagira počasi. Posledica tega so daljši časi rafinacije, ker se žveplo ne more znižati v normalnem času. Porabe apna se preko gotove meje ne da preseči. Pri jeklih, kjer je dovoljeno do 0,060 % S, je delo z boksitom dobro, medtem ko je za jekla, kjer se dovoljuje do 0,040 % S, izredno težko doseči to mejo na običajen način. Pri veliki porabi apna so žlindre goste in tako poslabšajo metalurške pogoje za dobro vodenje rafinacije.

| 1              | 2          | Analiza grodja |       |      |       |      | Sestava vložka   |      | 1. predproba |       |            | Zvečanje v             |          | Skupna    |              | 17                 | 18                                                   | Analiza žlindre %         |       |                                |       |       |      |      |           |                         |         |  | 29 |
|----------------|------------|----------------|-------|------|-------|------|------------------|------|--------------|-------|------------|------------------------|----------|-----------|--------------|--------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------|------|------|-----------|-------------------------|---------|--|----|
|                |            | 3              | 4     | 5    | 6     | 7    | 8                | 9    | 10           | 11    | 12         | 13                     | 14       | 15        | 16           |                    |                                                      | SiO <sub>2</sub>          | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO   | CaO   | MgO  | S    | (CaO) (S) | (SiO <sub>2</sub> ) (S) |         |  |    |
|                |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      |                           |       |                                |       |       |      |      |           |                         |         |  |    |
| Stevilka šarže | Vložek ton | Si             | Mn    | S    | Si    | S    | Apna v vložku kg | C    | Mn           | S     | Zvečanje % | plinu g/m <sup>3</sup> | mazutu % | apna kg/t | jedavca kg/t | V končni analizi % | Odžvepljanje %                                       | 19                        | 20    | 21                             | 22    | 23    | 24   | 25   | 26        | 27                      | 28      |  |    |
| H 396 65       | 0,82       | 2,17           | 0,022 | 0,57 | 0,046 | 3000 | 1,40             | 0,24 | 0,075        | 0,029 | 6,2        | 0,70                   | 108      | 3,8       | 0,040        | 47                 | ob prvi predprobi 23,50<br>ob zadnji predprobi 13,54 | 7,32                      | 2,46  | 14,70                          | 38,74 | 7,20  | 0,39 | 1,65 | 5,2       |                         |         |  |    |
| H 389 65,7     | 0,63       | 1,87           | 0,048 | 0,47 | 0,050 | 3600 | 0,47             | 0,27 | 0,070        | 0,020 | 6,3        | 0,69                   | 75       | —         | 0,044        | 38                 | ob prvi predprobi 12,46<br>ob zadnji predprobi 9,80  | 19,76                     | 4,85  | 13,11                          | 38,53 | 8,16  | 0,65 | 3,1  | 9,3       |                         |         |  |    |
| H 383 65       | 0,90       | 1,64           | 0,025 | 0,62 | 0,020 | 2400 | 1,26             | 0,24 | 0,064        | 0,044 | 5,8        |                        | 71       | 2,77      | 0,041        | 36                 | ob prvi predprobi 19,90<br>ob zadnji predprobi 13,00 | 13,62                     | 3,91  | 15,08                          | 36,29 | 9,66  | 0,22 | 1,82 | 3,4       | 1280                    | do 1300 |  |    |
| B 380 55       | 0,73       | 2,08           | 0,046 | 0,34 | 0,052 | 1500 | 0,22             | 0,24 | 0,096        | 0,044 | 5,8        |                        | 68       | 6,55      | 0,036        | 62                 | ob prvi predprobi 20,20<br>ob zadnji predprobi 12,70 | 10,24                     | 3,70  | 14,11                          | 36,70 | 9,20  | 0,40 | 1,82 | 4,2       |                         |         |  |    |
| K 315 62       | 0,80       | 2,35           | 0,027 | 0,59 | 0,049 | 2220 | 0,92             | 0,19 | 0,073        | 0,024 | 5,7        |                        | 81       | 3,23      | 0,040        | 45                 | ob prvi predprobi 22,40<br>ob zadnji predprobi 16,48 | 12,59                     | 3,05  | 11,49                          | 37,46 | 5,64  | 0,14 | 1,67 | 1,92      |                         |         |  |    |
| K 312 62,3     | 0,44       | 2,03           | 0,036 | 0,36 | 0,046 | 3000 | 0,37             | 0,25 | 0,074        | 0,028 | 6,4        |                        | 83       | —         | 0,045        | 39                 | ob prvi predprobi 15,43<br>ob zadnji predprobi 14,57 | 13,08                     | 5,35  | 9,06                           | 42,56 | 5,40  | 0,15 | 2,75 | 2,04      | 1280                    | do 1300 |  |    |
| 7321 63        |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      | ob zadnji predprobi 10,49 | 13,69 | 4,18                           | 7,86  | 48,10 | 7,40 | 0,52 | 3,23      | 12                      |         |  |    |
| 7347 75        |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      | ob zadnji predprobi 14,55 | 9,60  | 4,33                           | 7,39  | 47,90 | 7,24 | 0,39 | 3,3       | 11                      |         |  |    |
| 7388 55        |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      | ob zadnji predprobi 10,07 | 11,57 | 6,00                           | 10,00 | 48,50 | 7,08 | 0,50 | 4,8       | 14                      |         |  |    |
| 7393 65        |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      | ob zadnji predprobi 35,00 | 0,80  | 0,28                           | 0,085 |       |      |      |           |                         |         |  |    |
|                |            |                |       |      |       |      |                  |      |              |       |            |                        |          |           |              |                    |                                                      | 68                        | 7,7   | 0,039                          | 54    |       |      |      |           |                         |         |  |    |

Tabela 2: Odžvepljanje brez in z uporabo jedavca



Martinarna ima slabe pogoje pri vložku tekočega grodlja. Ker se grodelj dovaža sproti, ko še ni znana analiza, ki pa se znatno spreminja glede na odstotek Si, ni možno doseči vedno enako bazičnost prve žindre. Nasprotno, prevelika količina apna v vložku bi podaljšala talilni čas.

V tabeli 2 dajem podatke za vrednosti: vložna bilanca, kemična sestava jekla in žindre med rafinacijo, poraba apna in jedavca,  $\frac{(\text{CaO})}{(\text{SiO}_2)} \cdot \frac{(\text{S})}{[\text{S}]}$  in mehčanje žlinder.

Iz te tabele razberemo lahko tudi nekaj faktorjev, ki so vplivali na odžveplanje posameznih šaržev. Iz izračuna vložne bilance vidimo, da se giblje stopnja bazičnosti skoraj pri vseh navedenih šaržih v dovoljenih mejah. Pri praktičnem delu sem opazil slabo odžveplanje predvsem pri tistih šaržih, ki so vsebovali večji odstotek Si v grodlju, v celotnem vložku od 0,5 do 0,7 %. Na ta porast Si v vložku močno vplivajo tudi stare kokile, ki jih včasih založijo v SM peč. Posledica tega visokega odstotka Si v grodlju je bilo močno povišanje  $\text{SiO}_2$  v žlindri, ki se je spreminjal od 15 do 23 %. Razliko vidimo pri šaržih z nizkim odstotkom Si v grodlju, v celotnem vložku od 0,35 do 0,5 %, pri katerih se je gibal  $\text{SiO}_2$  v žlindri nižje, (8 do 15 %). Jekla z višjim odstotkom  $\text{SiO}_2$  v žlindri so imela v prvi predprobi višji odstotek S (0,070 do 0,090 %), medtem ko se je pri jeklih z nižjim odstotkom  $\text{SiO}_2$  žveplo gibalo v prvi predprobi med 0,055 do 0,035 %. V tem primeru je kljub dodatku apna, odžveplanje potekalo počasi. Zato bi bilo nujno potrebno, da je količina apna v vložku prilagojena odstotku Si v grodlju oziroma vložni bilanci za Si. Iz tega sledi, da je posebno treba paziti na pravilen dodatek apna v vložek takrat, kadar se zakladajo kokile. Iz tabele 2 je razvidno, da se je poraba apna na tono jekla gibala pri večini šaržev med 60 do 85 kg.

Ta izredno velika poraba apna močno zviša bazičnost žindre, jo zgosti in napravi slabo reaktivno, kar ima za posledico slabo odžveplanje. Da se to

popreči, je treba dodajati jedavec (okoli 3,5 kg/t).

Učinkovito odžveplanje pri uporabi jedavca si razlagamo tako, da se pri povečani koncentraciji  $\text{SiO}_2$  v žlindri naredi okoli apna, ki smo ga vložili v SM peč, plast težko taljivega Ca silikata. Ta preprečuje razpadanje apna. Ob dodatku jedavca se ta plast razbije ter s tem omogoči njegov hiter razkroj. Ugotovil sem, da povzroča jedavec bolj tekočo žlindro in s tem dovoljuje dodatek večjih količin apna v SM peč. Rezultat tega je višja bazičnost in boljši izkoristek CaO za vezanje na žveplo.

Pri poizkusih uporabe jedavca iz Bolgarije in Krupnja, ki so bili izvedeni že prej, je pri dodatku 3 do 9 kg jedavca/t jekla bilo ugotovljeno 50 % znižanje žvepla, medtem ko je brez tega ali pa z boksitom znižanje 38 %.

Pri poizkusih, ki jih obravnavam v tem članku, je bilo dodano 2,8 do 9,5 kg jedavca/t.

Uporaba jedavca je v pogojih martinarne, kjer so žvepla v prvi predprobi sorazmerno visoka (od 0,065 do 0,090 %) in kjer proizvodni program zahteva jekla z % S pod 0,045 oziroma 0,040 in deloma celo 0,035 %, popolnoma upravičena. Poleg tega, da se s tem lahko doseže s standardi določena meja za žveplo, se prihrani na času, kajti z jedavcem se v normalnem času lahko izdelava zaželeno analiza. Reakcije med CaO in S potekajo hitreje zaradi manjše viskoznosti žlinder. S tem so dani pogoji za dobro rafinacijo. Vsekakor pa kvaliteta jekla, ki se izdelava pri prevelikem dodatku apna, to je pri stalnem dodajanju apna med rafinacijo, ni enaka kvaliteti jekla, ki je izdelano iz žlindro z naj-

boljšimi razmerji  $\frac{(\text{CaO})}{(\text{SiO}_2)}$ . V praksi znani pogoji za

izdelavo kvaliternih jekel (dober vložek, gorivo in dodatki) se s tem, da se uporablja jedavec, lahko omilijo tako, da se dopušča višje meje za % S; ta meja je pa odvisna od količine jedavca. Vendar imajo tudi tu pogoji svoje meje, katerih se ne sme prekorajati.

Ing. Marin Gabrovšek

DK 621.771

## Problematika valjanja visokosiliciranega jekla

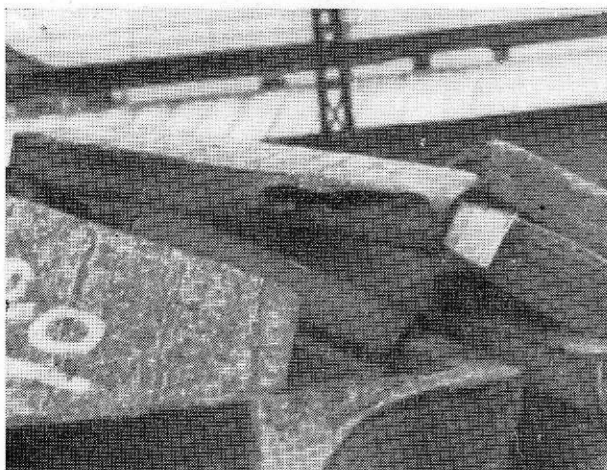
Silicij je element, ki ga dodajamo vsaki kvaliteti jekla za dezoksidacijo oziroma pomirjenje. Poleg teh dezoksidacijskih sposobnosti pa da silicij v določenih koncentracijah jeklu tudi posebne karakteristike: povišuje mejo raztezanja in trdnost, vpliva ugodno na toplotno obdelavo konstrukcijskih in drugih legiranih jekel, poboljša antikorozijske lastnosti jekel itd. Posebno vrsto jekel pa tvorijo jekla z visoko koncentracijo silicija od 2 do 4,5 % z dobrimi magnetnimi karakteristikami, ki jih poznamo pod imenom dinamo in transformatorska jekla. Medtem ko lahko rečemo, da silicij

do koncentracije 1 % nima vpliva na način toplotne predelave — valjanje, povzročajo visokosilicirana jekla pri predelavi probleme in večje težave, ki so odvisne od pogojev dela določenega obrata. V naslednjem sestavku želimo opisati pojave, na katere smo naleteli ob priliki valjanja visokosiliciranih ingotov v platino v Železarni Jesenice in podati v grobem potek raziskovalnega dela za rešitev problema.

Valjanje in raziskave so se vršile na jeklu naslednje kemične sestave:

okoli 0,04 % C, okoli 4,5 % Si, okoli 0,10 % Mn, max 0,005 % P, max 0,005 % S, okoli 0,15 % Al.

Pri valjanju ingotov, težkih 750 kg in s presekom  $260 \times 260 \text{ mm}^2$  smo ugotavljali napake na težki progi po tretjem vtiku, pri prvi večji redukciji preseka v obliki natrganin, ki so se razprostirale večkrat po vsej dolžini izvaljanega produkta. Karakteristično pri tem je bilo, da so se natrganine v obliki lukenj pojavljale radialno na dveh nasprotnih straneh in na enakih razdaljah. Zaradi tega se je presek zmanjšal do take mere, da se je valjanec večkrat popolnoma pretrgal in je bilo dokončno valjanje v platine nemogoče. Sliki 1 in 2 kažeta primer opisanih napak.



Slika 1 — Primer napake na valjancu (makro)

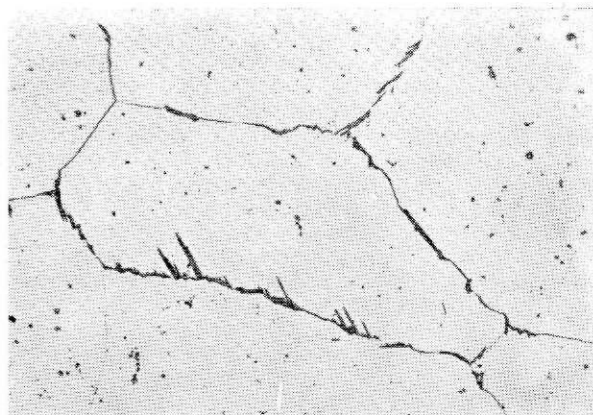
Poudariti pa moramo, da se pri valjanju vse šarže niso obnašale enako in so, sicer redke, z isto kemično sestavo, dale pri valjanju zadovoljive rezultate.



Slika 2 — Natrganine na platinah (makro)

Da bi ugotovili vzroke za tako različno obnašanje šarž, smo podrobno fizikalno in metalografsko preiskali jeklo v različnih fazah predelave, in sicer:

- a) surovo odlite ingote
- b) ingote po pregretju na temperaturo valjanja
- c) platine oziroma polprodukt.



Slika 3 — Struktura litega jekla (x 50)

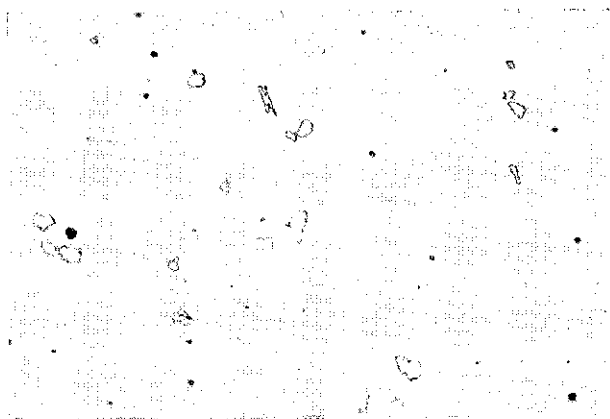
Surovo odlito jeklo ima feritno strukturo z izločenim lamelnim perlitom po kristalnih mejah (slika 3 —  $\times 50$ ). Mestoma segajo perlitna področja globoko v feritne kristale in se zaradi grobozrnate strukture oziroma omejene hitrosti difuzije ogljika med strjevanjem jekla, izloči perlit tudi po razkolnih ploskvah kristalov.



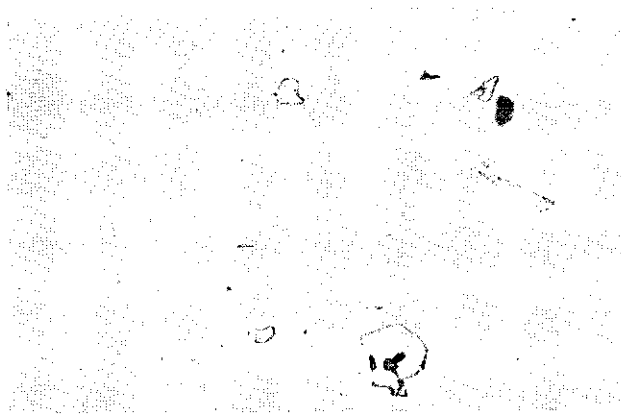
Slika 4 — Lamelarni perlit s poligonalnimi karbidi (x 100)

Poleg lamelnega perlita pa zasledimo v strukturi jekla tudi poligonalne vključke — karbide (slika 4 —  $\times 100$  in slika 5  $\times 200$ ), katerih nastopanje ni vezano na prisotnost perlita ter jih zasledimo tudi v jeklu s popolnoma feritno strukturo (slika 6  $\times 100$ ). Kakor smo že omenili, imajo karbidi nepravilne oblike (slika 7  $\times 500$ ), so neenakomerno porazdeljeni in kažejo mestoma v svoji sredini še novo, prav tako nepoznano fazo (slika 8 — 200).

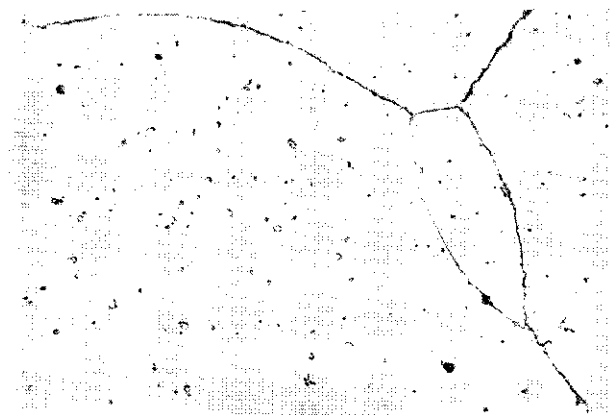
Z aparaturo za določevanje mikrotrdote smo ugotovili zelo visoko trdoto karbidov 960 Hv.



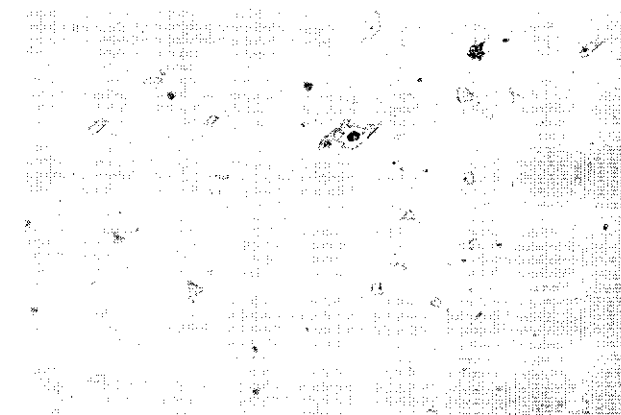
Slika 5 — Oblika karbidov v liti strukturi (x 200)



Slika 7 — Izločki karbiđa v grafitu (x 500)



Slika 6 — Kompleksni karbidi na feritni osnovi (x 200)



Slika 8 — Pojav grafitne faze v izločenih karbidih (x 200)

V nekaterih primerih lahko ugotovimo, da kristalizira nova faza — karbid — v nepravilni obliki neposredno ob lamelnem perlitu (slika 9 —  $\times 200$ ) oziroma posamezne kristale večkrat oblika (slika 10 —  $\times 200$ ) in tako zmanjšuje trdnost kristalnih mej.

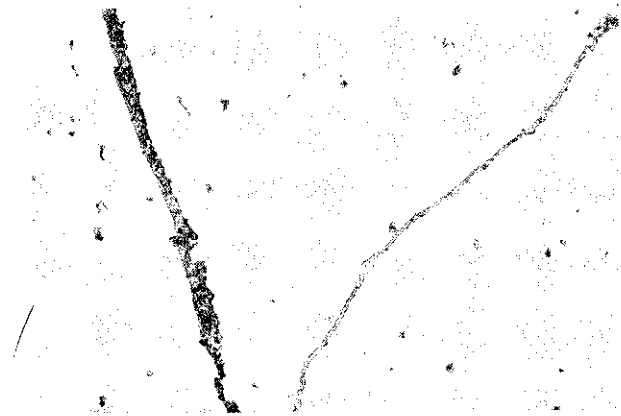
Zgoraj opisane strukturne anomalije smo zasledili na vzorcih v vseh fazah predelave jekla.

Kakor smo že omenili, so se le ingoti redkih šarž valjali zadovoljivo. Podrobno smo metalografsko preiskali tudi dobre šarže in ugotovili pri teh normalno kristalizacijo ferita in lamelnega perlita. Kristalne meje, niti kristali sami, ne kažejo nobenih abnormalnih strukturnih pojavov (slika 11 —  $\times 200$ ).

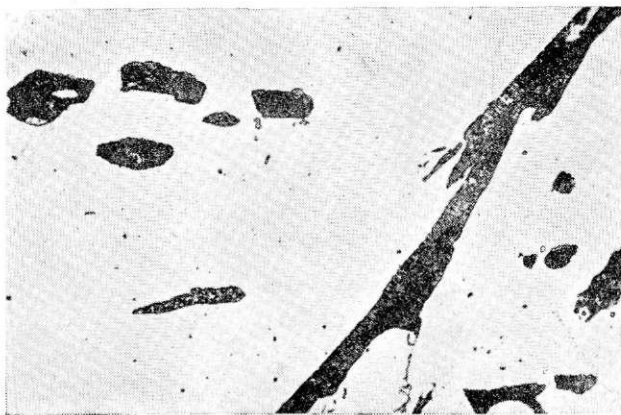
Ta primerjalna metalografska preiskava dobrih



Slika 9 — Abnormalna kristalizacija karbidne faze ob lamelnem perlitu (x 200)



Slika 10 — Karbidna faza izločena po kristalni meji ferita (x 200)



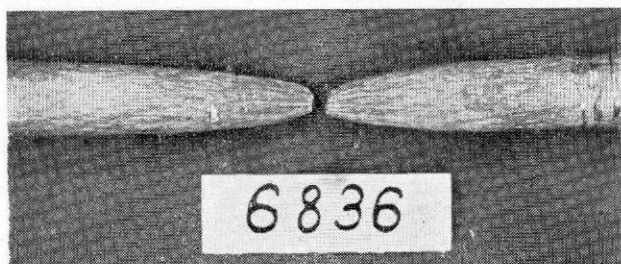
Slika 11 — Pravilna struktura jekla, legiranega s Si (x200)

in slabih ingotov je nedvomno dokazala, da je različno obnašanje ingotov pri tehnološki predelavi vezano na prisotnost karbidov v jeklu.

Da bi gornje predpostavke še bolje precizirali in ugotovili sposobnost predelave jekla z normalno in abnormalno strukturo v vročem, smo napravili trgalne preizkuse pri temperaturi 950° C in pri tem ugotovili naslednje:

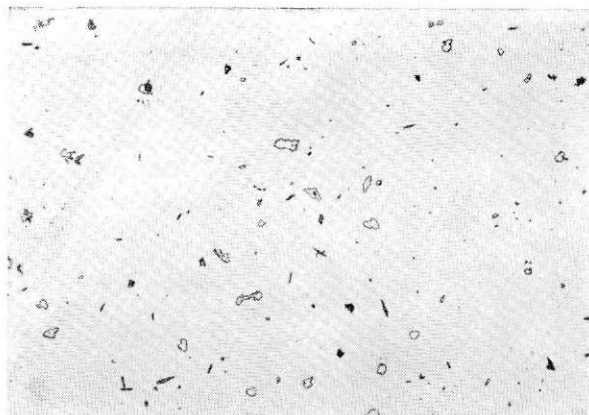


Slika 12 — Struktura ferita in perlitna pri normalni kristalizaciji jekla (x200)



Slika 13 — Oblika preloma trgalne palice pri 950° pri jeklu z normalno strukturo (makro)

Jeklo z normalno feritno perlitno strukturo (slika 12 — x200) kaže visok raztezek in kontrakcijo, torej dobro deformacijsko sposobnost (slika 13 — makro). Jeklo z abnormalno strukturo (slika 14 —



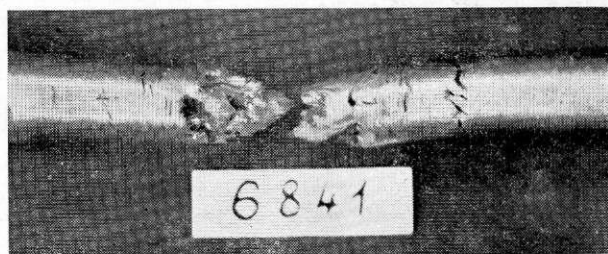
Slika 14 — Abnormalna kristalizacija visokosiliciranega jekla (x200)

x200) pa ni pokazalo nobenega raztezka in kontrakcije in so se na površini pokazale večje natrganine in interkristalne razpoke (slika 15 — makro).

Mehanske preiskave so torej ponovno potrdile vpliv strukture na sposobnost predelave ingotov in smo zato vse nadaljnje preiskave usmerili v pogoje, v katerih lahko nastane nepravilna kristalizacija.

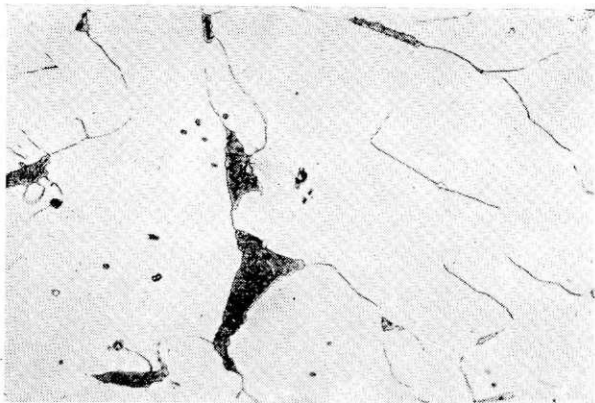
Predpostavljali smo, da so poligonalni vključki, kompleksni karbidi, bogati na siliciju. Zato smo pri izdelavi probnih šarž v obločni elektro peči posvečali posebno pozornost dodatku fero- oziroma metalnega silicija. Tega smo dodajali v različnih fazah predelave in večkratnih količinah in pri tem ugotovili v odlitih ingotih vedno nepravilno kristalizacijo. Ugotovili smo, da se karbidi tvorijo že v peči med izdelavo šarže oziroma, da je njihova tvorba vezana na določeno koncentracijo silicija v jeklu. Da bi točno ugotovili, kdaj se karbidi tvorijo, smo med izdelavo šarže v elektroobločni peči jemali vzorce v posameznih fazah procesa za kemično in metalografsko preiskavo. Vzorce smo ohlajevali kolikor mogoče hitro, da bi preprečili izcejanje. Ti poizkusi so pokazali, da ima jeklo pri sestavi 0,036 % C in 1,62 % Si še povsem normalno feritno perlitno strukturo (slika 16 — x200). Pri višji koncentraciji silicija 3,95 % za zasledimo v strukturi že znane poligonalne kompleksne karbide (slika 17 — 200). Pri tem moramo poudariti, da se je procent perlitna v strukturi občutno zmanjšal.

Vsi poizkusi na 7-tonski elektro peči pa so pokazali, da pri izdelavi šarže, pri visoki koncentraciji



Slika 15 — Oblika preloma trgalne palice pri 950° pri jeklu z abnormalno kristalizacijo (makro)





Slika 16 — Feritno perlitna struktura jekla z 1,62 % Si (x 200)

ciji silicija ne moremo bistveno vplivati na kristalizacijo jekla oziroma na tvorbo škodljivih kompleksnih karbidov.

Sestav poligonalnih vključkov — karbidov — bi lahko določili s posebno napravo — mikrosondo, ki omogoča kvantitativno analizo strukturnih področij v velikosti 1 do 2 mikrona. Ker take naprave v naši državi nimamo, smo kvalitativno identificirali karbide na eksperimentalni način. Obstajala je namreč možnost, da je tvorba karbidov vezana na prisotnost drugih elementov v jeklu in je bila vsaj kvalitativna identifikacija karbidov za rešitev problema predelave ingotov, neobhodno potrebna.

#### LABORATORIJSKA IZDELAVA SILICIRANEGA ŽELEZA

Kakor smo že omenili, je pri izdelavi jekla v elektro peči nešteto faktorjev, znanih in neznanih, ki bi lahko pospeševali tvorbo že opisanih dvojnih karbidov. Že same elektrode v obločni peči lahko pospešujejo naogljčenje taline in tvorbo škodljivih kompleksnih karbidov.

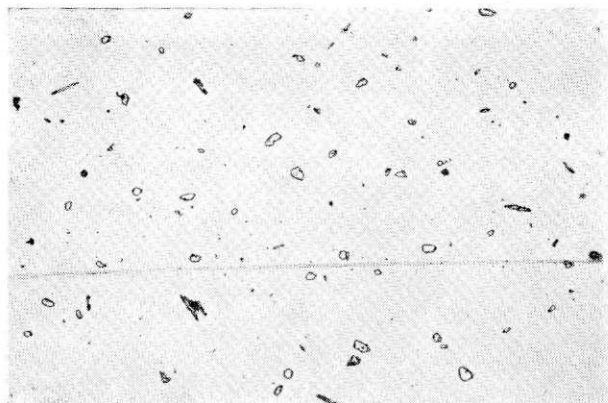
Glede na to smo začeli s poskusno proizvodnjo siliciranega železa oziroma jekla v laboratorijskem merilu. V ta namen smo uporabili kryptolno peč, v kateri smo talili šarže v teži 100 do 150 g z različnimi sestavami in različnim vložkom. Jeklo smo talili v posebej za to izdelanih šamotnih recipientih; za tvorbo žindre smo uporabili steklo.

V literaturi, ki nam je na razpolago, do sedaj ni bil objavljen fazni diagram za temperaturo + 20 stopinj Celzija za zlitino s komponentami železo-ogljik-silicij. Poznan je pa izotermni presek ternarnega diagrama pri temperaturi 1000 stopinj Celzija. Iz tega je razvidno, da nastopa pri koncentraciji 0,12 % C in 7,3 % Si pri 1000°C v zlitini poleg strukture ferita še dvojni karbid sestave  $(FeSi)_x C$ .

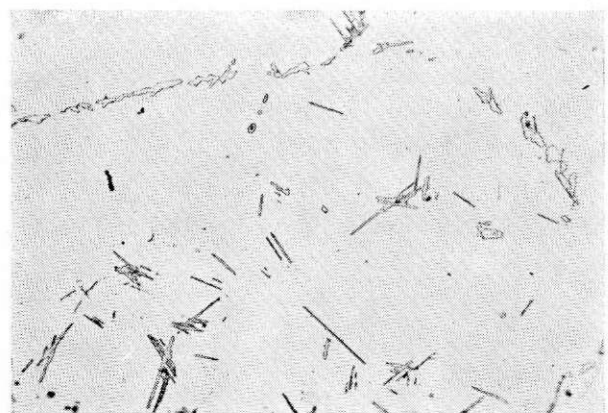
Da bi dobili kriterij za oceno in identifikacijo posameznih faz siliciranega jekla, posebno pa karbidov, smo izdelali talino z naslednjo sestavo:

0,03 % C, 7,3 % Si 0,30 % Mn, 0,035 % S.

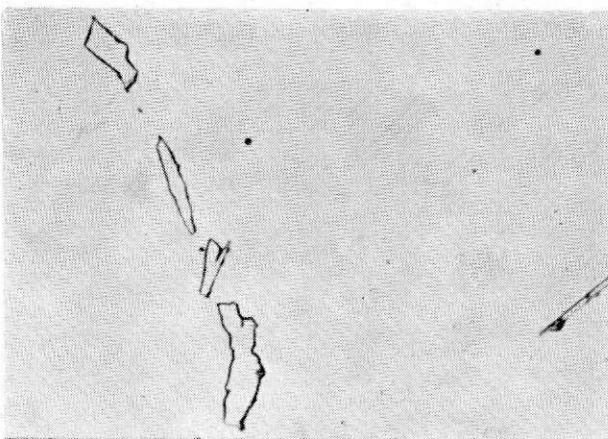
Metalografska preiskava take taline je pokazala strukturo poligonalnih feritnih zrn, z izločki nepravi-



Slika 17 — Poligonalni karbidi v jeklu s 3,95 % Si (x 200)



Slika 18 — Kristalizacija jekla s 7,3 % Si (x 200)



Slika 19 — Struktura jekla s 7,3 % Si (x 1000)

vilnih oblik na kristalnih mejah, kakor tudi kristalnih samih (slika 18 —  $\times 200$ ). Metalografska slika 19 kaže izločke pri 1000-kratni povečavi. Ugotovimo lahko, da imajo izločki isto obliko, kakor smo jo že zasledili pri šaržah, izdelanih v 7-tonski elektro peči, ki so pokazale pri valjanju slabe tehnološke lastnosti.

Različna strukturna oblika izločkov (tvorba iglic) je lahko posledica relativno hitrega ohlajevanja, kjer zaradi omejene difuzijske sposobnosti pri-

sotnih elementov ne pride do stabilne kristalizacije. V tem primeru se pojavijo v večjih kristalih izločki na njih razkolnih ploskvah.

Omeniti moramo, da smo podobno kristalizacijo izločkov v obliki iglic zasledili večkrat tudi v strukturi ingotov jekla, izdelanega v 7-tonski elektro peči. Pri tem smo ugotovili, da je kristalizacija izločkov v obliki iglic samo v zunanji coni, medtem ko smo v notranjih conah istega ingota zasledili izločke v že opisanih poligonalnih oblikah. To se pravi, da smo že pri ingotih lahko ugotovili vplive različne hitrosti ohlajevanja na kristalizacijo karbidov.

Na metalografskih preparatih te taline smo strukturo podvrgli različnim načinom jedkanja. — Ker je obstajala možnost, da so izločki cementitne narave ali nitridi, smo jedkali tudi v spodaj navedenem jedkalu, ki loči cementit od nitridov in ostalih karbidov:

Sestava jedkala:

$K_3Fe(CN)_6$  — 2 grama

KOH — 10 gramov

$H_2O$  — 100 ccm

Jedkalo ima lastnost, da obarva cementit črno, medtem ko ostanejo nitridi neizpremenjeni.

Poizkus jedkanja naše preizkusne taline je pa pokazal, da zgoraj navedeno jedkalo prisotne karbide obarva svetlo rdeče. To se pravi, da pokaže jedkalo za to fazo popolnoma novo jedkalno reakcijo, zaradi česar ga lahko s pridom uporabljamo kot sredstvo za identifikacijo izločkov tudi pri drugih probnih zlitinah visokosiliciranega železa.

V naslednji fazi raziskav smo izdelali še nekaj preizkusnih talin jekla s sestavo, ki je podobna transformatorskemu jeklu in pri tem vedno ugotovili tvorbo kompleksnih karbidov.

Da bi sestavo oziroma vzrok tvorbe karbidov bolj precizirali in ugotovili, ali je njih tvorba vezana samo na silicij ali silicij in ogljik, smo izdelali talino čistega siliciranega železa z minimalnim ogljikom.

Za vložek smo uporabili železo, podobno armcu, ki smo ga pripravili tako, da smo vzorce nesiliciranega — nepomirjenega jekla žarili 16 ur v vodikovem toku pri 900 oziroma 750°C. Z ozirom na to, da ima tudi metalni silicij prisoten ogljik, smo tudi silicij, ki smo ga uporabili za legiranje, razogljčili po istem postopku.

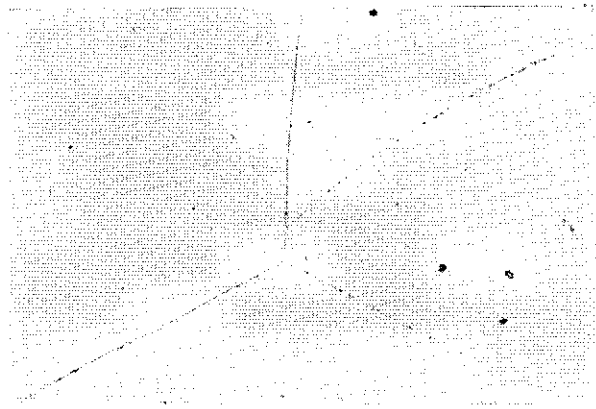
Talina, izdelana iz tako razogljčenih surovin je imela naslednjo sestavo:

0,002 % C

3,92 % Si

0,35 % Mn

Metalografska preiskava železa z zgoraj navedeno sestavo je pokazala, da ima talina homogeno strukturo poligonalnih feritnih kristalov (slika 20 — x 200). Po mejah zrn opazimo sicer zelo fine izločke, ki so lahko karbidi (majhna koncentracija ogljika je v talini še prisotna), ali pa nečistoče, izločene na kristalnih mejah.



Slika 20 — Feritna struktura železa s 3,92 % Si (x 200)

Silicirano železo ima torej popolnoma homogeno strukturo in sam silicij, brez prisotnosti ogljika v znatnih koncentracijah, nima bistvenega vpliva na tvorbo karbidov. To smo tudi pričakovali, ker kaže binarni diagram Fe-Si zadostno topnost za silicij v feritu.

Reakcijo ogljika v taki silicirani talini smo določili tako, da smo že opisano poizkusno talino s feritno strukturo, naogljčili do 0,09 % C. Metalografska preiskava taline nam je v strukturi ponovno pokazala tvorbo kompleksnih karbidov v velikih množinah (slika 21 — x 200).



Slika 21 — Struktura taline s 3,92 % Si, naogljčene do 0,09 % C (x 200)

Poizkusi na jeklu, ki je bil izdelan v laboratoriju, so torej pokazali, da je tvorba dvojnih karbidov, ki smo jih ugotovili v ingotih visokosiliciranega transformatorskega jekla, posledica ogljika, ki je v vložku, kakor tudi v dodatkih, to je — fero, oziroma metalnem siliciju. Čisto silicirano železo s 4 % Si ima homogeno feritno strukturo. Že rahlo naogljčenje taline pa izzove tvorbo nezaželenih karbidov. Poizkusi so jasno dokazali, da ogljik iz fero-silicija ali taline oziroma vložka neugodno vpliva na strukturo in da samo vodenje šarže v elektro obločni peči ne vpliva bistveno na strukturo izdelanega jekla in tvorbo kompleksnih karbidov.

## LASTNOSTI IN OBSTOJNOST KARBIDOV

Točne sestave opisanih kompleksnih karbidov zaradi pomanjkanja potrebne aparature nismo mogli ugotoviti. Na osnovi izvršenih preiskav in njih rezultatov pa lahko rečemo, da so to karbidi cementitne narave, bogati na siliciju, zaradi česar jih lahko označimo s sestavo  $(\text{FeSi})_x \text{C}$ .

Da karbidi, ki jih zasledimo v strukturi naših talin transformatorskega jekla, niso čisti cementit, potrjujejo naslednje ugotovitve:

1. V kolikor bi bili karbidi čisti cementit, ni mogoče, da bi zasledili v strukturi poleg lamelnarnega perlita še poligonalne karbide iste sestave.

2. Že poznana jedkala za cementit so pokazala na naših karbidih negativne jedkalne reakcije, saj je cianidno jedkalo obarvalo iste rdeče, kar smo med preizkusi in preiskavami lahko uporabljali za identifikacijo iste faze.

3. Pri toplotni obdelavi karbidi ne pokažejo reakcije, oziroma spremembe v strukturi, ki so značilne za cementit.

Prav zato smatramo, da je predpostavka o pojavu kompleksnih karbidov, bogatih na siliciju, popolnoma utemeljena.

Trdota karbidov, merjena z aparatom za določevanje mikrotredote, znaša 860 do 930 Hv.

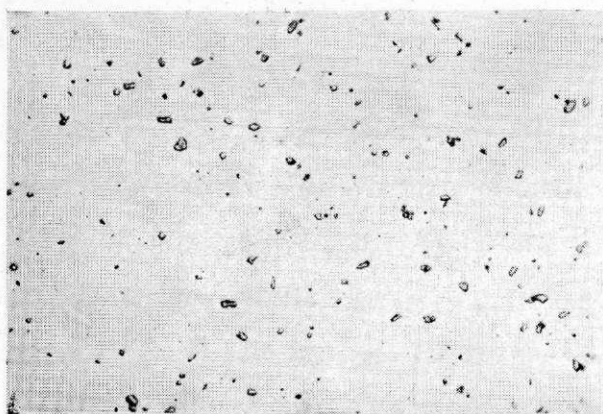
Praksa valjanja mnogih šarž transformatorskega jekla, izdelanega v elektro peči je pokazala, da pri valjanju jekla s heterogeno strukturo ne preneša deformacij, katerim je izpostavljeno. Da bi lahko ugotovili obstojnost karbidov, oziroma reakcije pri različnih temperaturah, smo izvršili toplotno obdelavo visoko siliciranega jekla, ki je vsebovalo dvojne karbide tako, da smo vzorce žarili pri spodaj navedenih temperaturah. Po vsakem poizkusu smo vzorce hladili na mirujočem zraku.

Kemična sestava vzorcev za toplotno obdelavo:

0,03 % C

3,95 % Si

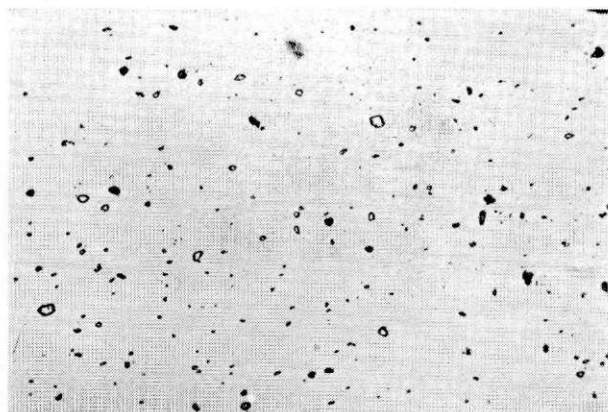
0,10 % Mn



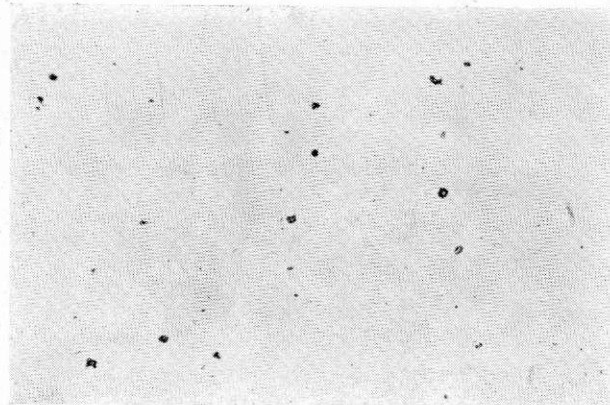
Slika 22 — Struktura jekla s 3,95 % Si in 0,03 % C pred toplotno obdelavo (x 200)

Metallografška slika 22 — x 200 kaže strukturo jekla pred toplotno obdelavo; na feritni osnovi imamo izločene kompleksne karbide v veliki množini.

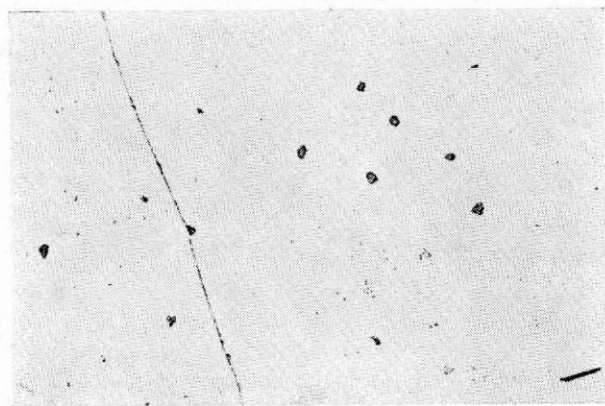
Po žarjenju pri temperaturi 900°C postanejo oblike karbidov še bolj izrazite, tako da dajejo meje vtis, kakor da so se malo natalile (slika 23 — x



Slika 23 — Struktura jekla po žarjenju pri temperaturi 900°C (x 200)



Slika 24 — Grafitna zrna v strukturi po žarjenju pri temperaturi 1000°C (x 200)



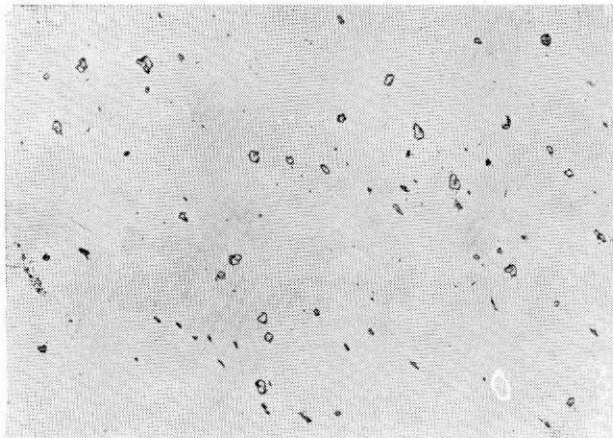
Slika 25 — Grafitna zrna v strukturi po žarjenju pri temperaturi 1100°C (x 200)



200). Pri višji temperaturi 1000°C pa karbidi skoraj popolnoma izginejo, preidejo v trdno raztopino, oziroma se pojavijo na istih mestih mala zrnca grafita (slika 24 — x 200).

Transformacija karbidov poteka še hitreje in popolneje pri temperaturi 1100°C (slika 25 — x 200). Po taki toplotni obdelavi sestoji struktura jekla iz čistega ferita z malimi gnezdi, za katere predpostavljamo, da so grafitnega značaja.

Žarenje jekla enake sestave pri temperaturi 1200°C pa pokaže, da nastopajo v strukturi karbidi v enaki obliki, kakor v surovem, termično neobdelanem vzorcu (slika 26 — x 200).



Slika 26 — Struktura jekla po žarenju pri temperaturi 1200° (x 200)

Vsi ti poizkusi toplotne obdelave kažejo veliko neobstojnost karbidov v temperaturnem območju 1000 do 1100°C. Dejstvo je, da ima material, toplotno obdelan pri temperaturi 1200°C enako strukturo, kakor surovo odlito jeklo; to ima za posledico slabšo deformacijsko sposobnost in natrganine pri valjanju ingotov v temperaturnem območju nad 1200°C.

Iz tega sledi, da moramo optimalno deformacijsko sposobnost jekla pričakovati v temperaturnem območju 1000 do 1100°C, kjer imamo homogeno strukturo z malimi izločki grafita.

Podobne preizkuse toplotne obdelave smo ponovili še na drugih talinah enake sestave in vsakokrat ugotovili enake strukturne spremembe v odvisnosti od temperature žarenja.

## ZAKLJUČKI

Podrobne preiskave visokosiliciranega jekla so pokazale, da jeklo s heterogeno strukturo, z izločenimi kompleksnimi karbidi, ne prenese deformacij, katerim je pri valjanju izpostavljeno.

Pojav, ki smo ga zasledili pri valjanju visokosiliciranih jekel, lahko primerjamo z napakami, ki nastanejo pri valjanju kromniklovega jekla s heterogeno feritno avstenitno strukturo. Različna trdnost posameznih strukturnih komponent, kromovega ferita in avstenita, ima za posledico različno

deformacijsko sposobnost in se pri valjanju pojavijo zaradi različnih raztezkov natrganine na kristalnih mejah.

Pri temperaturi valjanja visokosiliciranega jekla imamo prav tako heterogeno strukturo ferita s kompleksnimi neraztopljenimi karbidi, ki zmanjšujejo sposobnost deformacije celotnega bloka do take mere, da raztezek ne sledi več deformacijam in pride na določenih razdaljah do močnih natrganin, katere spremljajo zožitve preseka valjanca.

Poizkusi so pokazali, da struktura ni stabilna, ampak se karbidi pri žarjenju v temperaturnem območju 1000 do 1100°C in odgovarjajočem času pretvorijo v mala gnezda, slična grafitu, kar da jeklu sposobnost za nadaljnjo predelavo.

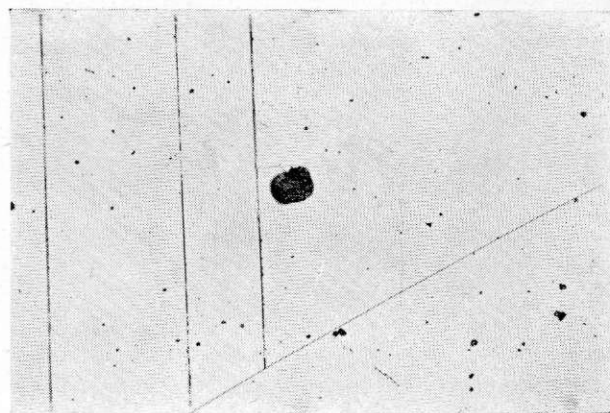
Laboratorijski poizkusi izdelave visokosiliciranega železa oziroma jekla z različnimi koncentracijami ogljika, so dokazali, da s samim načinom izdelave jekla v elektro obločni peči in uporabljanjem surovin, ki so na razpolago, ne moremo bistveno vplivati na strukturo odlitega jekla.

Že sam ferosilicij oziroma metalni silicij vsebuje precej ogljika, zaradi česar naraste pri dodatku koncentracija ogljika v talini preko dovoljenega procenta. V kolikor bi imeli na razpolago za izdelavo jekla ferosilicij z nizkim procentom ogljika (cca 0,01 %), bi lahko s primernim razogljčenjem taline s kisikom, dobili jeklo z odgovarjajočo strukturo. V takem primeru bi imel že tehnološki postopek izdelave jekla v elektro peči velik vpliv na tvorbo dvojnih karbidov.

Da bi lahko v bodoče valjali visokosilicirano transformatorsko jeklo brez težav, moramo odlite bloke pred valjanjem obdelati po enem spodaj navedenih postopkih in sicer:

## 1. Difuzijsko žarjenje

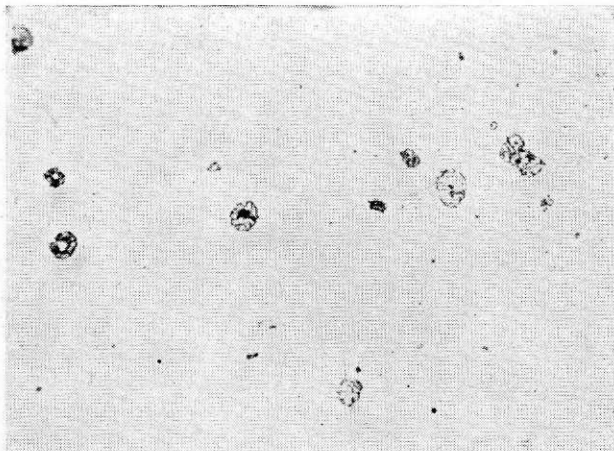
Bloki se morajo žariti cca 10 ur pri temperaturi 1000 do 1100°C. Ta postopek toplotne obdelave zagotavlja popolno pretvorbo kompleksnih karbidov v grafit in s tem nemoteno valjanje v vsem temperaturnem območju, tudi pri temperaturah, ki so višje od 1100°.



Slika 27 — Grafit v strukturi difuzijsko žarjenega ingota (x 200)



Po tem postopku smo obdelali sedem šarž, oziroma 56 ingotov, ki so imeli nepravilno strukturo in od katerih so preizkusni bloki pri valjanju pokazali značilne natrganine. Valjanje termično obdelanih blokov je potekalo brez napak, kar smo z ozirom na novo dobljeno strukturo tudi pričakovali. Metalografska slika 27 kaže pri 200 x povečavi primer strukture (ferit z grafitom), katero smo ugotovili v enem izmed ingotov po toplotni obdelavi.



Slika 28 — Struktura jekla, hlajenega počasi v hladilni jami (x200)

## 2. Počasno hlajenje blokov

Ker poteka transformacija karbidov v grafit v temperaturnem območju 1000 do 1100° relativno hitro, lahko dosežemo željeno strukturo blokov tudi s počasnim ohlajevanjem blokov po vlivanju.

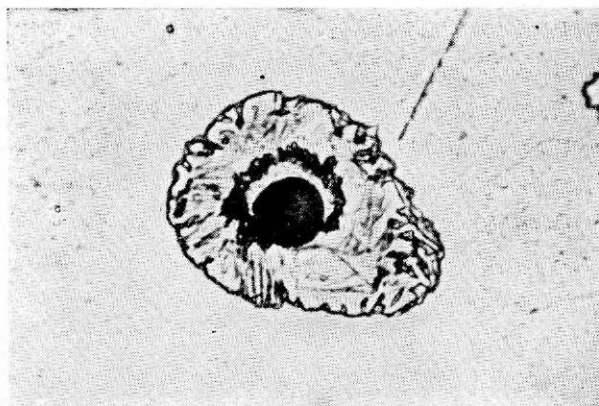
V ta namen smo v hladilni jami počasno ohlajevali sedem šarž jekla, ki je bilo izdelano v elektro peči. Kljub temu, da smo vložili v hladilno jamo bloke pri prenizki temperaturi, smo v blokih ugotovili delno transformacijo karbidov v perlit oziroma grafit. Podrobna preiskava bloka po preseku je pokazala, da je v sredini bloka, kjer je bila hitrost ohlajevanja relativno počasnejša, transformacija v grafit popolnejša, kakor v zunanji tretjini bloka. Iz tega lahko sklepamo, da so bili bloki po odlitju pri prenizki temperaturi vloženi v hladilno jamo.

Mikroskopska slika 28 kaže pri 200 kratni povečavi strukturo sredine bloka hlajenega v jami. Karbidi so delno razpadli v perlit, mestoma pa lahko zasledimo v perlitu že nadaljnjo fazo transformacije v grafit, kar je razvidno iz metalografske slike 29 pri 1000-kratni povečavi. V zunanji coni bloka pa zasledimo karbide še z zelo majhno stopnjo transformacije, kakor kaže slika 30 pri 1000-kratni povečavi.

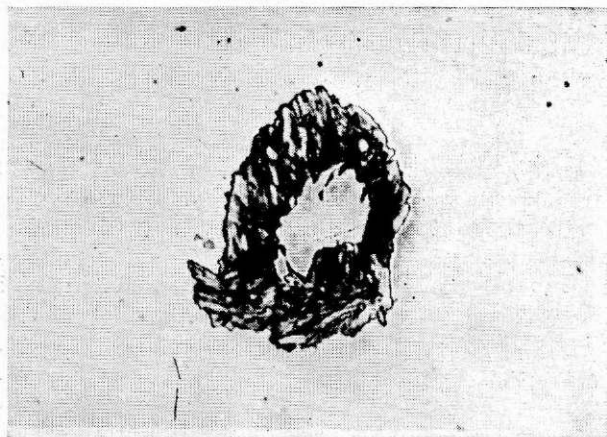
Kljub temu, da stopnja transformacije strukture pri tem postopku obdelave ingotov ni popolnoma zaključena, smo predvidevali, da bo pregrevanje blokov v valjarniški peči na temperaturi valjanja 1050 do 1100°C pospešilo reakcijo grafitiziranja do take mere, da pri valjanju blokov ne bodo nasto-

pile že znane natrganine. Pravilnost te predpostavke je potrdilo valjanje 56 ingotov, ki so bili izvaljani pri temperaturi 1080°C brez napak.

Ker so poizkusi pokazali, da poteka razpad karbidov v grafit v temperaturnem območju 1000 do 1100° relativno hitro, lahko valjamo tudi normalno hlajene ingote s heterogeno strukturo brez opisane predhodne toplotne obdelave, v kolikor lahko zagotovimo v valjarniški peči dobro pregrevanje ingotov v temperaturnem območju 1000 do 1100°C. Pokazali pa so tudi, da je normalni postopek segre-



Slika 29 — Transformacija karbida s tvorbo grafita (x200)



Slika 30 — Transformacija kompleksnega karbida v začetni fazi (x1000)

vanja ingotov na valjarniško temperaturo prekratek za potrebno strukturno transformacijo, zato smo v naši železarni za toplo predelavo ingotov visokosiliciranega jekla osvojili postopek ohlajevanja ingotov po vlivanju v hladilni jami, nato pa ogrevanje pred valjanjem na omenjeno temperaturno območje.

Laboratorijske poizkusne taline so bile izdelane pod vodstvom tov. ing. Kürner Oskarja, asistenta Metalurškega oddelka OTK.

## Dvojni izlivni žleb v jeklarni železarne Sisak

Potrebe po Mannesmannovih ceveh v svetu rastejo iz dneva v dan. S skoraj še večjim tempom rastejo naše domače potrebe v industriji nafte, ladjedelništvu, v strojni in motorni industriji. Edina valjarna takih cevi v državi, ki je v Sisku, ne more kriti vseh potreb, zato se pripravlja rekonstrukcija obstoječih kapacitet v valjarni. V nekaj letih bo ta valjarna potrebovala več jekla kakor ga sedaj daje naša jeklarna z dvema SM pečema tipa Maerz s prvotno kapaciteto po 65 ton. Letna tehnična kapaciteta jeklarne je 125.000 t jekla.

Gradnja jeklarne se je začela leta 1951. I. SM peč je pričela obratovati 29. novembra 1954; II. SM peč pa leto dni pozneje, 27. novembra 1955.

Pred dvema letoma smo s spremembo kopeli peči povečali kapaciteto na 80 t, lansko leto pa z nadaljnjo spremembo na 96 t vložka. To je trenutno zgornja meja pri delu z eno ponovco.

Proizvodnja jekla v zadnjih sedmih letih je bila naslednja:

| leta | t      | leta | t       |
|------|--------|------|---------|
| 1954 | 6.700  | 1958 | 102.500 |
| 1955 | 46.900 | 1959 | 127.100 |
| 1956 | 86.500 | 1960 | 139.720 |
| 1957 | 95.700 |      |         |

Proizvodnja se je večala iz leta v leto in je že leta 1959. presegla postavljeno tehnično kapaciteto.

Z uvajanjem nekaterih izboljšav se da še bolje izkoristiti delovni čas. S skrajšanjem popravil dna in remontov peči, s hitrejšim zakladanjem peči — s kontrolo je treba doseči ekonomično mejo ogljika v prvi predprobi — ter s pihanjem kisika med rafinacijo, se da delno še povečati proizvodnja.

S temi časovnimi rezervami pa še vedno ne bomo mogli kriti potreb valjarne. Zaradi tega že sedaj začenjamo z rekonstrukcijo obrata. V prvi fazi je na vrsti SM peč I., elektro peč ter čistilnica, v drugi fazi pa SM peč II in livna jama.

Februarja letos smo začeli rekonstruirati SM peč. Sedanja peč tipa MAERZ s površino 41 m<sup>2</sup> je kurjena z mazutom. Nova rekonstruirana peč bo tipa MAERZ-BOELEN, s površino kopeli 56 m<sup>2</sup> in bo kurjena z mazutom in metanom v razmerju 50:50 %, odnosno 25:75 %. Zanimivo je tudi to, da bomo dobivali metan po novem plinovodu direktno z naftnih polj v Janja Lipi.

Po rekonstrukciji SM peči II in izgraditvi elektro peči bo letna proizvodnja jeklarne v Sisku dosegla 285.000 ton, kar je enkrat več kot sedaj.

Z rekonstrukcijo pa se postavljajo pred strokovno osebje jeklarne popolnoma nove naloge. Treba bo priučiti delavce ob peči na delo z novim tipom peči, na nov način kurjenja, na uporabo kisika, na hitrejšo zalaganje, in kar je za nas posebno važno, na nov način izpuščanja jekla iz peči. Nosilnost sedanjih livnih žerjavov je 125 t z enim in 85 t z drugimi žerjavom. To pa je za 150 t vložek v BOELEN



Slika 1 — Namestitev ponovce in žleba



peči veliko premalo. Morali bi postaviti 2 nova livna žerjava s primerno nosilnostjo. To bi zahtevalo še večje investicije. Našla se je cenejša in efektivna rešitev tega problema in to z uporabo dvojnega izlivnega žleba in vlivanjem šarže z dvema ponovcama.

Ker je ta žleb v osnovi podoben viličastemu žlebu, se je pojavilo več problemov, ki bi jih morali reševati po rekonstrukciji. Takrat pa bi bilo to, poleg že drugih težav, pozno. Zaradi tega smo se odločili že v začetku leta 1960, da ta žleb postavimo na sedanje peči in začnemo z uvajanjem tega načina.

Po načrtih Maerzovih konstruktorjev smo vse potrebno izdelali doma. Morali smo postaviti na večje in močnejše temelje nova stojala za ponovce.

Delovanje žleba je razvidno iz slik. Na sliki 1. se vidi konstruktivna izvedba in položaj ponovci; fiksni krajši del je pritrjen na peč, gibljivi daljši del je v viličastih nosilcih oprt na ponovci B (slika 2).

Na drugem koncu gibljivega žleba je jarem za dviganje in spuščanje žleba. Komandno stikalo za dviganje in spuščanje žleba je na podestu zraven peči tako, da razdelitev jekla v ponovce osebno vodi tisti, ki je šaržo izdelal.

Žerjavovodja dela šele takrat, kadar mora odnesti žleb in se vrniti po ponovco. Ponovci stojita pravokotno na peč in sta označeni z A in B. Jeklo teče iz peči najprej skozi fiksni žleb in pada okrog 10 cm globoko v gibljivi, nižje stoječi žleb (slika 3).

Iz žleba teče v ponovco A. Kadar je v tej ponovci dovolj jekla, se dvigne gibljivi žleb samo to-

liko, da jeklo teče iz fiksnega žleba direktno v ponovco B (slika 4).

Ko se pojavi žlindra, se žleb spet spusti, da žlindra pokrije jeklo v ponovci A, potem se žleb odstrani in ostanek žlindre steče v ponovco B (slika 5).

Dva livna žerjava vzameta ponovce, jeklo se izliva na dveh straneh livne jame hkrati. Nosilnost obstoječih žerjavov je dovolj velika za 150 tonsko šaržo, zato so z uporabo dvojnega žleba vse investicije omejene samo na žlebove in temelje.

Do sedaj smo izpuščali šarže z dvojnimi žlebi v petih kampanjah, skupno 66 šaržev.

Te kampanje smo razdelili v dve skupini:

- a) probne kampanje od I. do IV. — 35 šarž;
- b) normalni obrat V. kampanja — 31 šarž

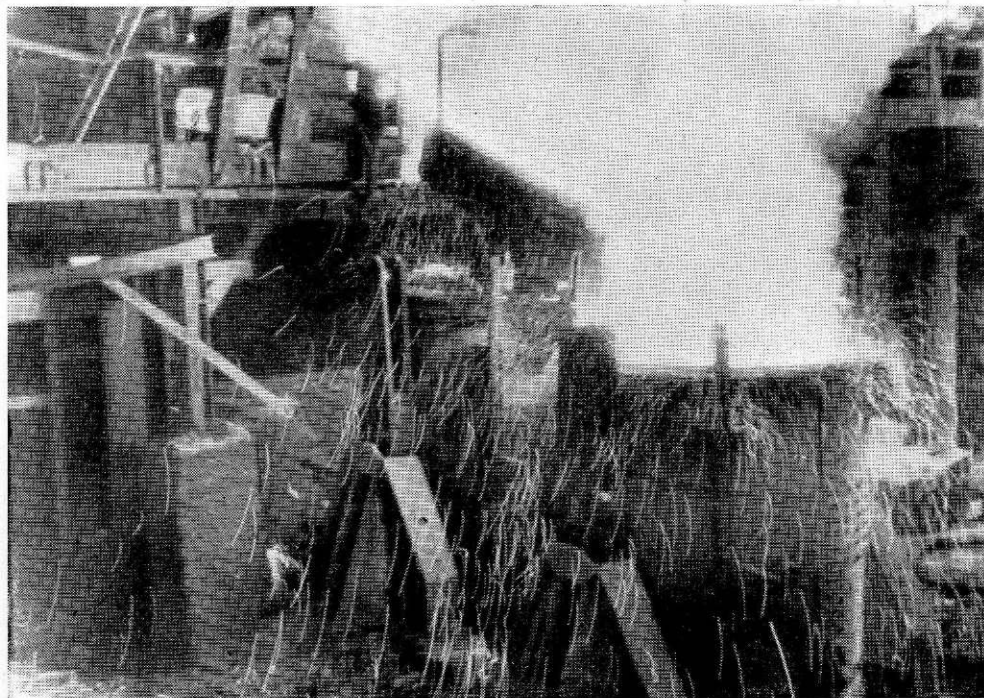
Nismo ostali samo pri tem, da spuščamo šarže v dve ponovce, ampak smo postopoma povečavali tudi vložke od 80 t na 130 t in to na sedanjih pečeh. Pri tem smo dosegli zelo lepe rezultate. Vsekakor je bil najtežji problem razdelitev jekla v ponovci. Karakteristično za našo jeklaro je, da je teža ingotov za valjarno vedno zelo omejena (15–20 kg po kosu). Zaradi tega se pogosto dogaja, da je samo za 1 kg lažji ingot od minimalne teže za dano pozicijo odvržen. Tako se je dogajalo pri vlivanju z dvema ponovcama, da je v eni zmanjkalo 500 ali 1000 kg jekla in je bila cela plošča 24. ingotov, težka 10–16 t, škartirana. Zaradi tega je bila rešitev problema, razdeliti jeklo v ponovci, najvažnejša. Rešitev smo dobili že pri poskusnih 35. šaržih. Izdelali smo navodila in tabele, tako da je bil vsak delovodja z malo paznje lahko kos popolnoma novi nalogi.

V ponovco A, katero je nosil 85 t žerjav, smo spuščali 36–45 t jekla, kar pa je bilo odvisno od števila livnih plošč in teže ingota. To ponovco smo



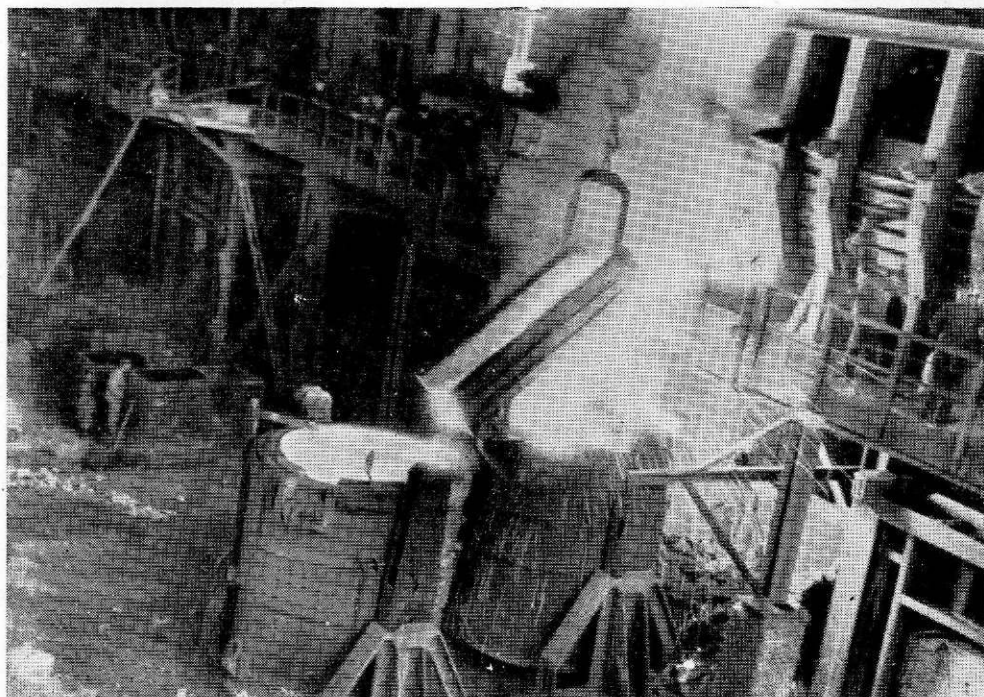
Slika 2 —  
Gibljivi žleb  
na ponovci.

Slika 3 — Vlivanje  
jekla v ponovco A



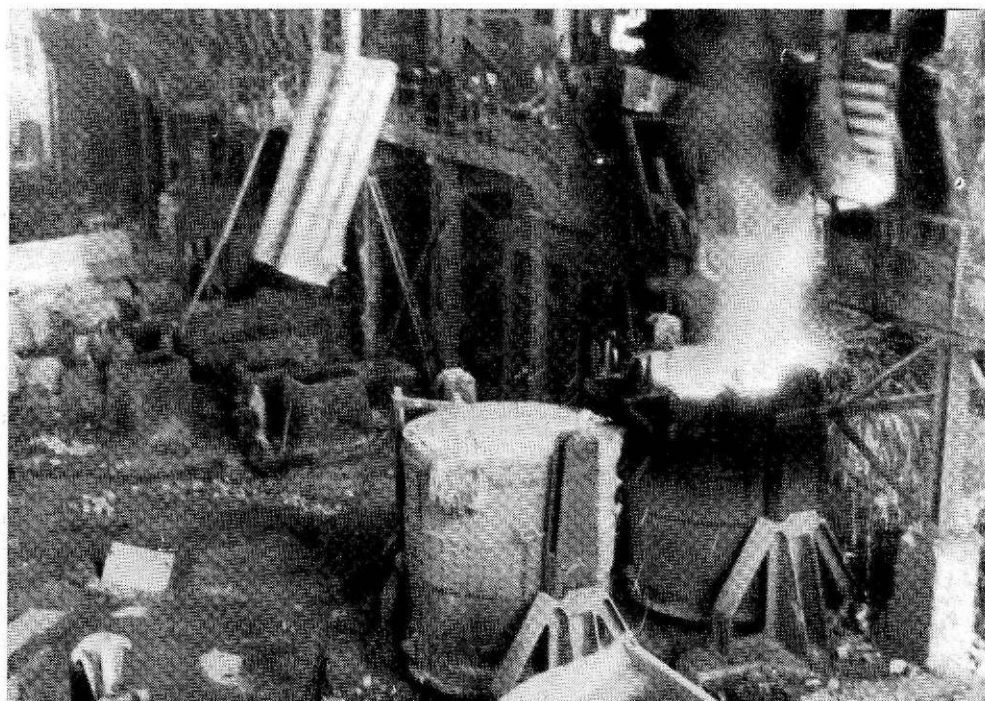
najprej polnili. Ostanek jekla smo spustili v ponovco B za 125 t žerjav. Višino jekla smo najprej določevali in merili v obeh ponovcah, sedaj je to potrebno samo za ponovco A. Delali smo takole: pri 70 ponovcah smo določili povprečno težo jekla na 1 cm višine ponovce. Ker se ponovca pri vsaki uporabi širi, se tudi teža jekla na 1 cm višine stalno menja. Zaradi tega smo povprečno težo jekla na 1 cm razdelili na 5 grup. Praktično delo V. kampanje je potrdilo točnost in pravilnost postopka.

Kazalo višine jekla v ponovci je naslednje: (slika 6) na tanki cevi (a)  $\frac{1}{8}$ " visita 2 votli opeki (b), cev pa je zakrivljena in visi na 40 cm dolgi konzoli, privarjeni na robu ponovce (c). Višina H se meri od dna ponovce do roba konzole, po tabeli pa se najde višina  $h_1$ , kar odgovarja potrebni teži jekla, kolikor mora odliti 85 t žerjav. Iz tega se dobi  $h_2$ , na to mero se upogne cev in postavi kazalo v ponovco. Ko doseže jeklo votli opeki, ju dvigne. Ta-



Slika 4 — Vlivanje  
jekla v ponovco B





Slika 5 –  
Vlivanje žlindre  
v ponovco B

krat se mora dvigniti žleb, da jeklo teče v drugo ponovco.

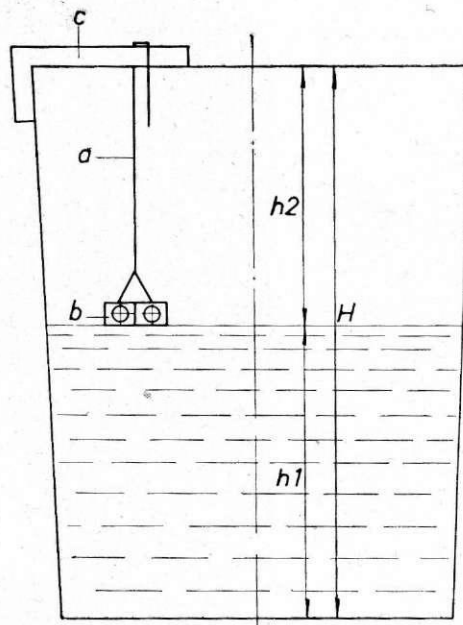
V V. kampanji se je pokazalo, da je ta postopek pri normalnih pogojih dovolj točen in zanesljiv. Ima pa seveda tudi slabe strani. Prva je ta, da se meri točno določena količina jekla pri izplenu 89 odstotkov. Če je izplen manjši, se mora jeklo v ponovci B približno oceniti. Napaka ni izključena, lahko se dogodi, da tekoče jeklo zruši kazalo s konzole, preden je prišlo do mere. Lahko se tudi dogodi, da se žleb dvigne prepozno. Zaradi močnega valovanja lahko talina dvigne kazalo ter ga zruši. Takrat je jekla v ponovci več, kot je bilo predvideno. Možne so tudi okvare na električni inštalaciji in se žleb ne more pravočasno dvigniti ali spustiti. Pri vseh teh slučajih je treba oceniti količino jekla, sicer je izmeček neizbežen. Zaradi svojevrstne konstrukcije žleba, ni možno uporabiti dozirnega žleba za FeSi.Legure se zmeče še v prazne ponovce po izračunu. Oba žleba morata biti dobro obzidana, prav posebno pa je treba paziti na gibljivi žleb, da je močno nabit in dobro osušen. Često se dogaja, da jeklo pada s fiksnega žleba 20 ali več cm globoko in v gibljivem začne kopati jamo. Posledice so lahko težke in če niso vsi gibljivi deli na mehanizmu za odpiranje droga in na nosilnih čepih obloženi s kaolinsko maso, je vlivanje jekla in vračanje v peč z navadnim postopkom nemogoče.

Storilnost sedanjih peči je 9,2 t/h, ali 225,0 kg/m<sup>2</sup>, h, kar je zgornja meja pri delu z eno ponovco.

Z dvojnimi žlebi se je dvignila storilnost, kakor je navedeno v tabeli:

| kampanja | t/h  | kg/m <sup>2</sup> , h |
|----------|------|-----------------------|
| I a      | 6,6  | 161,0                 |
| II a     | 10,2 | 250,0                 |
| III a    | 10,0 | 245,0                 |
| IV a     | 10,5 | 256,3                 |
| V b      | 11,3 | 275,0                 |

Ker se storilnost računa samo na dobre ingote, se iz tabele lahko vidi, s kakšnimi težavami smo delali pri poizkusih a), ko smo še iskali najboljši način razdelitve jekla; to potrjuje še pregled po skupinah:



Slika 6 – Kazalo višine odlitega jekla v ponovci A



| skupina | vložek, t | dobri bloki,<br>t, | izplen, % | na šaržo<br>vložek, t | dobri bloki<br>t, |
|---------|-----------|--------------------|-----------|-----------------------|-------------------|
| a       | 4065      | 3245               | 79,9      | 116,1                 | 92,7              |
| b       | 3842      | 3533               | 91,9      | 123,9                 | 113,9             |

Tudi količina izmečka v V. kampanji je nepri-  
merno manjša:

| skupina | izmeček na šaržo, t | vrnjeno jeklo v peč, t |
|---------|---------------------|------------------------|
| a       | 5,7                 | 4,2                    |
| b       | 0,8                 | 0,4                    |

Na povečano storilnost V. kampanje (skupine b) je v precejšnji meri vplival velik delež tekočega grodlja v vložku (80,4 % skupne količine grodlja).

| skupina | tekočega grodlja<br>na šaržo, t | % tekočega grodlja<br>v vložku |
|---------|---------------------------------|--------------------------------|
| a       | 48,7                            | 41,8                           |
| b       | 66,6                            | 53,8                           |

Istočasno je zelo ugodna toplotna bilanca peči, saj smo pri večjem številu šarža dosegli porabo goriva, ki je nižja od 1,000.000 Kcal/t.

| skupina | dohod goriva | Kcal x 10 <sup>6</sup> /h | poraba<br>Kcal x 10 <sup>6</sup> /t |
|---------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|
| a       | 10,94        |                           | 1,180                               |
| b       | 11,02        |                           | 0,968                               |

Možno je izdelovati jeklo iz ene peči v dveh kvalitetah, vsako v svoji ponovci.

Celotni pregled poskusov v različnih kampanjah je razviden iz naslednje tabele:

| Pokazatelj                                               | Kampanja |        |        |        |        |
|----------------------------------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                                                          | I        | II     | III    | IV     | V      |
| najmanjša teža vložka, t                                 | 78,5     | 115,8  | 111,6  | 117,8  | 114,9  |
| največja teža vložka, t                                  | 110,7    | 128,7  | 132,7  | 127,9  | 130,6  |
| skupni vložek, t                                         | 878,7    | 871,3  | 752,6  | 1562,5 | 3842,9 |
| povprečni vložek, t                                      | 97,6     | 124,4  | 125,4  | 120,2  | 123,9  |
| % tekočega grodlja                                       | 27,5     | 44,4   | 47,3   | 45,6   | 53,8   |
| izplen na šaržo (neto):<br>dobrih ingotov, t             | 72,4     | 94,2   | 94,9   | 105,0  | 113,9  |
| izplen na šaržo (bruto), t<br>(izmeček in vrnjeno jeklo) | 83,0     | 104,1  | 106,6  | 108,7  | 115,1  |
| izplen, %, neto                                          | 74,3     | 75,7   | 75,6   | 87,3   | 91,9   |
| izplen, %, bruto                                         | 85,6     | 83,7   | 85,0   | 90,2   | 93,1   |
| izmeček na šaržo, t                                      | 8,8      | 6,1    | 3,6    | 3,8    | 0,8    |
| vrnjeno v peč na šaržo, t                                | 1,5      | 3,7    | 17,7   | —      | 0,4    |
| dohod goriva, kg/h                                       | 1228,0   | 1081,0 | 1137,0 | 1284,0 | 1198,0 |
| poraba goriva, kg/t                                      | 136,0    | 105,2  | 113,6  | 115,2  | 105,2  |
| poraba Kcal x 10 <sup>6</sup> /t                         | 1,71     | 0,96   | 1,04   | 1,06   | 0,96   |
| Storilnost                                               |          |        |        |        |        |
| t/h, neto                                                | 6,60     | 10,23  | 10,03  | 10,52  | 11,28  |
| t/h, bruto                                               | 7,56     | 11,38  | 11,29  | 10,90  | 11,40  |
| kg/m <sup>2</sup> , h, neto                              | 161,0    | 250,0  | 245,0  | 256,3  | 275,0  |
| kg/m <sup>2</sup> , h, bruto                             | 184,6    | 277,0  | 276,0  | 266,0  | 278,0  |

V tem članku sem v kratkem opisal naše izkušnje, ki nam bodo služile pri delu z novo MAERZ BOELENŠ pečo.

## Mazutna postaja

Preden preidemo v Železarni Jesenice na kurjenje SM peči z mazutom, moramo predvsem urediti mazutno postajo, ki zaradi velikih rezerv goriva zahteva veliko prostora.

Mazutno postajo sestavljata dva rezervoarja, ki vsebujeta vsak po 1000 ton mazuta in črpalnico, v kateri so nameščene črpalke za gorivo. Oba rezervoarja, varjena iz pločevine, obdaja betonski bazen, ki v primeru, da rezervoarja propuščata mazut zaradi eventualnih okvar, lahko prejme vsaj 80 % celotne zaloge goriva. Ker ima rezervoar premer 11 m, premer betonskega bazena pa je 17 m, je iskanje lokacije za mazutno postajo na skrajno omejenem prostoru Železarni povzročalo velike probleme, ker je obenem treba reševati tudi vprašanje transporta in praznjenje cistern.

Pogonska shema mazutne postaje prikazuje pretok goriva od praznjenja cistern v kolektor do gorilcev SM peči. Kolektor z gibljivo cevjo priključimo na cisterno, iz katere hočemo izprazniti gorivo. Mazut v cisterni moramo seveda ogrevati, ker je pri nižjih temperaturah pregost in ga ni mogoče prečrpavati. Tudi kolektor, sesalni in tlačni vodi, filtri in rezervoarji so ogrevani s paro, ker mora gorivo imeti temperaturo nad 50° C. Vijačna črpalka s kapaciteto 2100 l/min prečrpava gorivo iz kolektorja skozi grobi filter v glavni rezervoar, iz njega pa ga manjša vijačna črpalka s kapaciteto 250 l/min. tlači skozi finejše filtre v sekundarne ogrevalce, kjer se mazut segreje nad 100° C. Iz ogrevalcev dovajamo kurilno olje preko finega filtra in obtočnega voda posameznim gorilcem.

### SPLOŠNO O OPREMI MAZUTNE POSTAJE

#### 1. Kolektor

Kolektor je cev, ki je na eni strani zvezana s sesalnim vođom črpalke, na površini pa ima v razdaljah 7 do 12 m nameščene z zasuni opremljene priključke, ki jih z gibljivo cevjo 100 Ø priključimo na cisterne. Kolektor je ogrevan s paro; v njem je nameščena ogrevalna kača. Kolektor je izoliran s plastjo žilindrine volne. Fiksno je pritrjen samo na enem koncu, na vsakih par metrov pa leži na pločevinastih sedlih, ki omogočajo prosto raztezanje cevi zaradi temperaturnih razlik. Kolektor je blago nagnjen proti sesalni cevi. Na najvišjem mestu ima prezračevalno cev z ventilom, na najnižjem pa zbiralec usedlin.

#### 2. Sesalni in tlačni vodi

Pri dimenzioniranju cevi je treba vedeti, da hitrosti pretoka ne smejo biti velike, ker se upori v odvisnosti od viskoznosti goriva in seveda s temperaturo menjajo v širokem območju. Za težka kurilna olja naj se giblje hitrost v sesalnih ceveh od 0,5 do 1 m/s, v tlačnih pa do 2 m/s. Ogrevne cevi,

ki spremljajo oljevode, izbiramo med 1/2" do 2" in jih izoliramo s skupnim plaščem. Še intenzivnejše gretje pa dobimo, če namestimo ogrevne cevi direktno v oljevode, le da moramo prirobnice vodov premestiti. Oljevodi naj bodo po možnosti blago nagnjeni in opremljeni na najvišjem mestu s prezračevalno cevjo, na najnižjem pa z izpustom. Če se ne moremo izogniti U lokov, moramo na najvišjem mestu loka prav tako predvideti odzračevanje. Cevni sistem je potrebno preizkusiti s tlakom, ki je 1,5 krat večji od tlaka črpalke, najmanj pa s pritiskom 5 atm.

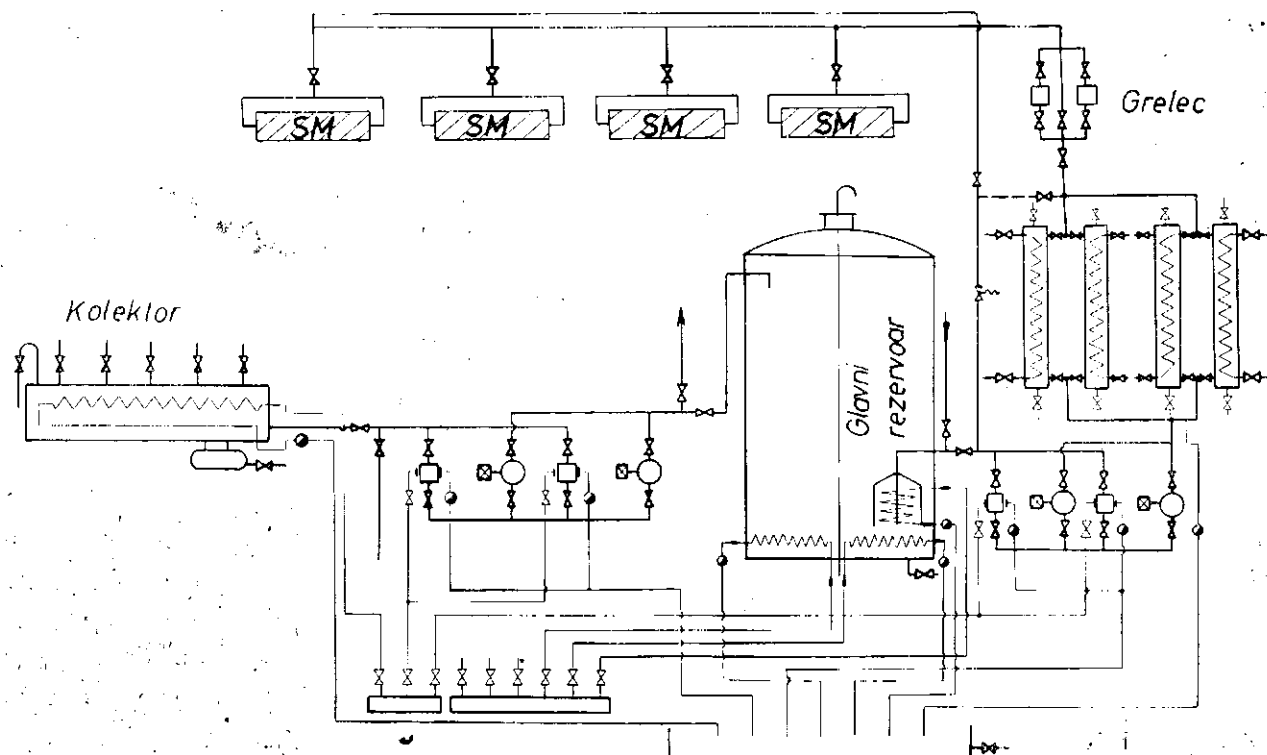
#### 3. Filtri

Čim finejši je filter, tem večji upor nudi pri določeni površini in vrsti filtra. Premajhne filtrirne površine povzročajo poleg velikega tlačnega padca tudi močne šume in zahtevajo pogostejše čiščenje. Pred rezervoarje, črpalke in predgrevalce olja vključimo grobe filtre s 60—150 odprtin na cm<sup>2</sup>, pred gorilce pa fine filtre s 1600—6400 odprtin na cm<sup>2</sup>. Za kurilna olja uporabljamo mrežaste ali pa lamelne filtre, ki jih je pri mazutu potrebno ogrevati.

#### 4. Rezervoar

V rezervoarju naj bo za 14 dni rezervnega goriva, vendar maksimalna vsebina enega rezervoarja ne sme presegati 10.000 ton. Rezervoar naj sloni na betonskem podstavku, ki ima obliko kolobarja; ta kolobar podpira rezervoar le po periferiji, sredina rezervoarja pa leži na dobro nabitem pesku znotraj kolobarja. Dno rezervoarja prevlečemo po celi površini z asfaltnim premazom, med betonski kolobar in dno pa položimo še sloj asfaltirane lepence, da s tem preprečimo korozijo pločevine. Polnilno cev namestimo tako, da prosto končuje v rezervoarju, sesalno cev pa v taki višini, da ne zajame zadnjih 3—5 % ostanka. Na najnižjem delu dna namestimo izpust z ventilom, na najvišjem delu pokrova pa oddušno cev, ki je dovolj velika, da omogoči naglo izmikanje toplega zraka pri polnjenju rezervoarja. Odprtino odduška zavarujemo proti eventualnemu vstopu dežja in vdoru raznih smeti s sitom, proti požaru pa s poklopcom, ki se zapre s potegom žice. Za primer požara pa tik pod pokrovom namestimo še cev, ki povezuje notranjost rezervoarja z napravami za gašenje.

Skladiščna temperatura kurilnega olja znaša približno 30° C, črpalna temperatura pa preko 50 stopinj Celzija, zato namestimo v rezervoarju grelec v obliki talne kače, ki prekrije vse dno in ki ga vključimo v ekstremnem mrazu. Ta grelec speljemo v dveh med seboj neodvisnih vejah, ki padata od sredine proti obodu v rahlem nagibu, da je omogočen odtok kondenzata. Da segrejemo gorivo na temperaturo, ki je potrebna za črpanje, nam



Slika 1 — Shema mazutne postaje

služi posebna kurilna kapa, sestavljena iz snopa grelnih spiral, ki lokalno ogreva mazut na črpalnem priključku.

Rezervoar je izoliran s slojem žilindrine volne, ki je zaščiten s pločevinastim plaščem, prevlečenim z aluminijevo bronzo. Aluminijeva bronza zmanjša izgube zaradi sevanja.

Vsak ogrevan rezervoar mora imeti kontrolne termometre.

Višino nivoja goriva kaže plavač, ki je z vrvm, ki teče preko škripca, povezan s kazalcem, ki kaže stanje na merilni letvi. Poleg tega imamo na komandnem mestu še signalne luči, ki kažejo višino nivoja in električni gladinokaz. Rezervoar smemo napolniti samo do 95 % celotnega volumna.

Vsak rezervoar mora biti od vseh strani dostopen inšpekciji. Imeti mora vstopno odprtino z lestvami ter mora biti ozemljen. Ozemljitev izvedemo z bakrenim trakom, ki ima vsaj 50 mm<sup>2</sup> preseka in s ploščo, najmanj 1 m<sup>2</sup>, ki je vkopana pod nivo talne vode ali pa ima priključek na vodovodno mrežo. Vsa ozemljitvena naprava mora biti dostopna kontroli.

Predpisi zahtevajo, da so rezervoarji drug od drugega oddaljeni vsaj 30 m, črpalnica pa vsaj 15 metrov od najbližjega rezervoarja.

### 5. Črpalke

Za prečrpavanje iz cistern v rezervoarje služijo parne batne črpalke — dvojčki, zobniške in vijačne črpalke, za dovod mazuta h gorilcem pa zobniške ali vijačne črpalke, ki enakomerno dovajajo gorivo

posameznim gorilcem v SM pečeh. Na tlačni strani črpalke namestimo manometer za merjenje oljnega tlaka.

### 6. Sekundarni ogrevalci mazuta

Mazut mora imeti za dobro razprševanje v gorilcih viskoznost od 3 do 5<sup>0</sup> E, torej mora biti ogret na temperaturo preko 100<sup>0</sup> C. Pri dimenzioniranju pretočnih grelcev moramo paziti, da ni specifična obremenitev kurilnih površin previsoka, da goriva ne pregrejemo, ker se v tem primeru tvori zaradi lokalnega pregretja koks, ki se nalaga na ogrevalnih površinah. Dovoljena površinska obremenitev grelca je od 1 do 2 kcal/cm<sup>2</sup>.h. Na izhodni strani ogrevalca moramo namestiti termometre, za kontrolo temperature, na najnižjem mestu pa ventile za odtok kondenzanta oziroma usedlin.

### 7. Gorilci in zgorevanje v SM peči

Oljna kurjava poenostavi gradnjo peči. Plinske glave in komore odpadejo in poraba opeke je tako seveda precej manjša. V praksi se je izkazalo, da trajnost spodnjega ustroja peči, ki se kuri z mazutom, ni nič manjša kot pri pečeh s plinsko kurjavo, medtem ko zgornji ustroj zdrži 5 do 15 % manj. Pri predelavi SM peči od plinske na oljno kurjavo plinski gorilec nadomestimo z gorilcem na mazut. Medtem ko plin in zrak tvorita kot enaka medija takojšnjo zmes brez zakasnitve, se razpršeni stožec olja prebija skozi zrak, ki v kotu pritoka od spodnje strani iz zračne komore. Posledica tega je pomanjkanje zraka v plamenu, dolgo sajasto zgorevanje in nizke temperature. Nizka temperatura po-

vzroča penjenje žilindre, kar ovira žilavenje in znižuje vzdržljivost peči. Temu odpomoremo tako, da gorilec potisnemo globoko v že usmerjeni tok zraka in da zrak v isti smeri vdira v plamen pršilnega stožca. Odhajajoči plini so pri oljni kurjavi hladnejši kot pri pečeh z regenerativnim ogrevanjem kurilnih plinov in njih količina je za 20 % manjša. S tem je potrebna količina zgorevalnega zraka manjša in tudi potrebna toplota za predgrevanje je nižja.

Mazut je cenejše gorivo kot generatorski ali koksni plin. Temperatura plamena in emisijska sposobnost je večja. Za skladiščenje potrebujemo manj prostora, saj vsebuje 1 m<sup>3</sup> koksne plina pri nizkem tlaku le okoli 4000 kcal, 1 m<sup>3</sup> mazuta pa 9.400.000 kcal. Prednost je tudi v povečani zmogljivosti peči za okoli 20 % in manjših stroških za gorivo na tono surovega jekla. Konstrukcija peči je enostavnejša, 1 tona olja nadomesti 1,9 do 2,4 tone premoga. Dober mazut za kurjenje SM peči ima največ 1,2 % S, kar je v primerjavi s plinom ugodnejše.

Za pridobivanje kvalitetnejših jekel pa je potrebno olje s cepljenjem pretvoriti v plin brez S in ta plin nato z oljem karburirati.

Najbolj kritičen je postopek taljenja, ker pride oljni plamen, ki vsebuje žveplo, s svojimi nezagorelimi delci olja v neposredni stik s kopeljo.

Pri zakladanju peči in taljenju moramo stremeti za kratkim, ostrim plamenom. Pri žilavenju naj bo plamen dolg in svetleč, da prekriva kopel in omogoča potek reakcij.

Ugodni talilni učinek dosežemo s plamenom, ki na vsej površini kopeli učinkuje z veliko emisijo. Emisija plamena je odvisna od razmerja ogljika do vodika v gorivu in je večja pri večji količini C.

Oblika plamena je odvisna od tipa gorilca. Za SM peči je tlačni gorilec neprimeren, ker daje per-janičast plamen, zato pridejo v poštev le gorilci

z injekcijskim razprševanjem s pregreto paro ali na okoli 300° C predgretim tlačnim zrakom. Para kot sredstvo za razprševanje nam zniža na začetku plamena temperaturo in emisijsko sposobnost, v drugem delu plamena pa ni po efektu nobene razlike med zračnim in parnim injiciranjem, ker je količina v primeri z zgorevalnim zrakom majhna. Uporablja naj se le pregreta para. Izbira olja z velikim razmerjem C/H je najboljši ukrep za povečanje učinka peči. Skrajšanje plamena dvigne zgorevalno temperaturo, da pa s plamenom prekrijemo čimvečjo površino kopeli, namestimo več gorilcev.

Vgraditev gorilca prilagodimo glavi peči. Gorilec, ki ga hladimo z vodo, vgradimo tako, da ga porinemo z zadnje strani skozi glavo peči centrično v zračni kanal. Kadar služi po reverziranju zračni kanal za odvod zgorelih plinov, gre gorilec avtomatično nazaj. Priporočljivo je, da gorilec namestimo vrtljivo, da ga ne pritrdimo trdno. Plamen vodimo nizko nad kopeljo, ne da bi oljne kapljice dospelo v kopel. Plamen visoko nad kopeljo v svoji spodnji plasti absorbira toplotno sevanje in povzroča penjenje zaradi znižanja temperature. Ker potrebujemo v raznih fazah različne toplotne učinke, reguliramo gorilce v območju 3 : 1. Za 120-tonsko peč porabimo pri taljenju s kratkim plamenom na primer 2000 kg/h, pri žilavenju z dolgim plamenom pa 600 kg/h. Da dosežemo ta razmerja, imamo razne tipe gorilcev, kot so: Brinkmann, STEC, Schieldrop, Unimul itd.

#### Literatura:

Hansen: Heizöel — Handbuch für Industrieferuerungen

Linčevskij: Nagrevatelnic peči

Stahleisen — Kalender 1960

Stradmann: Stahlrohr — Handbuch Informator

Ing. Feliks Bešter

DK 669.162.2

### Regulacija vlažnosti vpihanega zraka za plavž

Znano je, da se z regulacijo vlažnosti vpihanega zraka za plavž izognemo pojavi visenja vsipa, pri čemer se ob isti porabi koksa poveča produkcija grodlja (po podatkih iz Zah. Nemčije) za 7 %, ruski podatki pa navajajo povečanje produkcije 3,5 do 7 % pri 1,5 do 2 % znižani porabi koksa. Vlažnost vpihanega zraka je odvisna od atmosferskih pogojev, prav tako se spreminja z dnevnim časom in tekom letnih časov.

Hladen zrak, ki ga v Železarni Jesenice dovajamo kavperjem, je stisnjen na okrog 0,9 atm z naravno vlago 5 do 18 g/Nm<sup>3</sup>. Ta spremenljiva vlažnost bi toplotni proces v plavžu lahko občutno motila, saj zahteva sprememba vlažnosti za vsakih

10 g Nm<sup>3</sup> okrog 32 kcal toplote. To pa ima v plavžu lahko za posledico spremembo temperature za 100 do 180° C. Pri nas se tem spremembam vlažnosti zraka izogibamo na ta način, da posluževalec vsako uro določa vlažnost zraka in ročno dodaja potrebno paro, da se dela s približno vlažnostjo 20 g/Nm<sup>3</sup>. Seveda je potrebna zato zadostna temperaturna rezerva vročega zraka, ki nadoknadi porabo toplote za razkrojitev vodne pare. Znano je, da vsakih 10 gramov vlage v normalnem kubičnem metru zraka vpliva na zvišanje proizvodnje za 3,6 %, če za 9,3 stopinje Celzija zvišamo temperaturo vpihanega zraka na vsak gram vsebovane vlage. Vodna para razpada ob visoki temperaturi v kisik in vodik.



Tako se zviša odstotek kisika, kar vpliva ugodno na izogorevanje v peči. Vodik pa deluje kot reducent in je aktivnejši od ogljika.

Držanje stalne vlažnosti zraka na opisani način ima določene slabe strani, saj ni kontinuirno in je razen tega odvisno od vrste subjektivnih faktorjev posluževalca. Tekom ene ure se namreč lahko naravna vlažnost zraka večkrat znatno spremeni. Temu seveda ne moremo slediti, prav tako ne moremo računati na točno dodajanje pare, da bi dosegli zaželeno vlažnost. Možnost, izogniti se vsem slabim stranem dosedanjega načina vlaženja zraka in razbremeniti posluževalca, nam nudi kontinuirna avtomatska regulacija vlažnosti vpihanega zraka za plavž.

### KONTINUIRNA AVTOMATSKA REGULACIJA VLAŽNOSTI VPIHANEGA ZRAKA IN NJENI ELEMENTI

Za držanje vlažnosti zraka na isti vrednosti se uporablja kontinuirni regulator vlažnosti (R), ki regulira dovajanje pare, ki se zraku oddaja. Ta regulator zaznava v električno veličino spremenjeno trenutno vrednost vlažnosti zraka na merilnem mestu (M), ki se nahaja na kraju odvzemnega odcepa, priključenega na venčno cev plavža; torej se meri vlažnost zraka po izvršenem mešanju vročega in dodatnega (hladnega) zraka (slika 1). Para se zraku

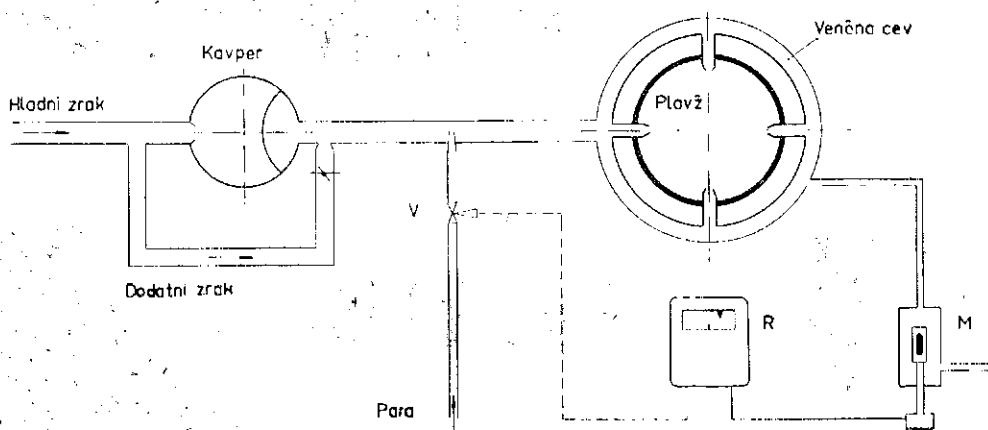
dodaja v cevovod pred vstopom v venčno cev plavža. Merilno mesto je opremljeno z merilnim elementom, ki vlažnost pretvarja v ustrezajočo električno veličino, katero vodimo na merilni sistem regulatorja R. Ta merilni element imenujemo dajalec vlage.

Para, ki se zraku dodaja, teče skozi ventil V, ki ga naravnava (odpira in pripira) s posredovanjem vmesnega medija regulator R. Vmesni medij je lahko zrak ali tekočina, lahko pa krmili regulator ventil tudi električno s pomočjo elektromotorja.

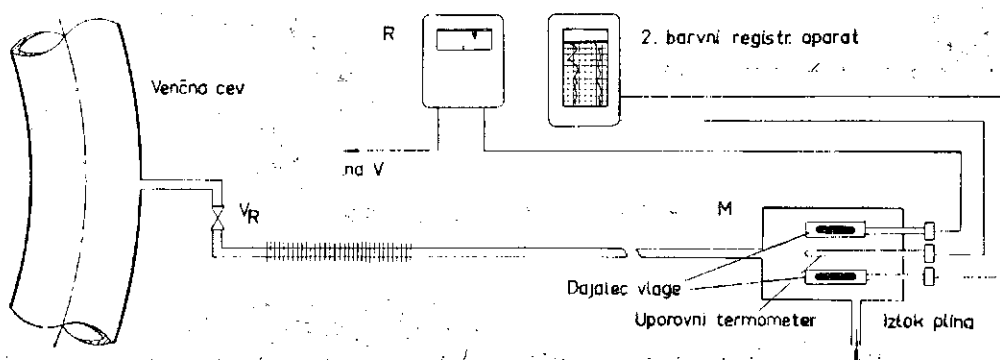
### Merilno mesto

Merilno mesto je valjasta posoda, ki je z odvzemno cevjo povezana z venčno cevjo. V dovodu k merilnemu mestu je nameščen ventil V, ki reducira pritisk zraka na primerno vrednost (slika 2). Odvzemna cev ima hladilna rebra, da se vroči zrak, ki doteka iz venčne cevi, hladi z zunanjim zrakom, večkrat pa je hlajenje izvedeno tudi s pomočjo vode. Odvzemani zrak, ki naj ima na merilnem elementu temperaturo odvisno od vlage, odteka iz merilnega mesta na prosto.

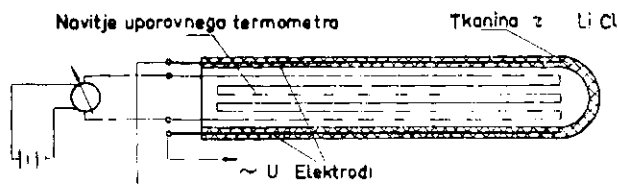
V merilnem mestu se nahaja razen merilnega elementa za vlažnost, ki je zvezan z merilnim sistemom regulatorja, še en enak merilni element in en uporovni termometer, ki sta vezana na 2-barvni registrirni aparat, ki služi za kontrolo. Tako poleg vlažnosti stalno nadzorujemo temperaturo zraka v



Slika 1 — Shema regulacije vlaženja zraka pred pihalicami



Slika 2 — Merilno mesto



Slika 3 - Dajalec vlage

valjasti posodi, ki mora biti višja od temperature rosišča, ne pa višja od dopustne temperature za dajalec vlažnosti.

#### Dajalec vlažnosti

Najprimernejši je dajalec vlažnosti z litijevim kloridom (slika 3).

Ta dajalec vlažnosti sestoji iz platinskega uporovnega termometra, ki je obločen v tkanino iz steklene volne, prepojeno z raztopino litijevega klorida. Na tej prevleki sta nameščeni elektrodi, na kateri je pritrjena izmenična napetost, ki poganja preko raztopine neki tok. Pri tem nastaja toplota, ki izpareva vodo iz higroskopičnega litijevega klorida, dokler se pritisk vodne pare raztopine ne izenači s parcialnim tlakom vodne pare v obdajajočem zraku, in dokler ne postane raztopina kristalasta. Kristalasti litijev klorid ima manjšo prevodnost, zato se zmanjšata tok in proizvedena toplota; litijev klorid pa se zopet navzame vlage. Tako se samodejno uravnava temperatura, pri kateri srednji vrednosti ne pride do izmenjave vlažnosti med litijevim kloridom in obdajajočim zrakom. Ta temperatura, ki jo zaznava uporovni termometer, je že merilo za parcialni tlak vodne pare obdajajočega zraka in s tem za vlažnost.

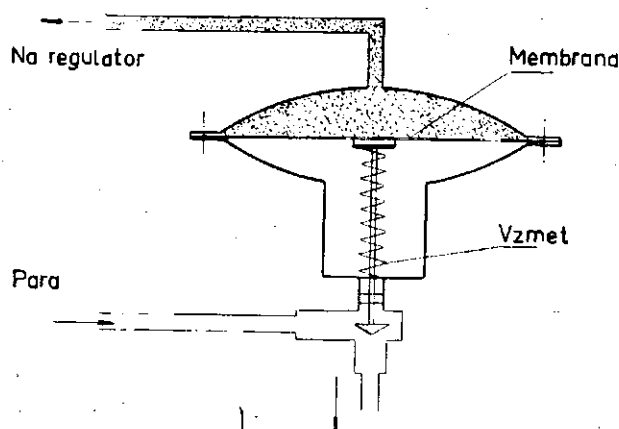
#### Regulator vlažnosti

Merilni sistem regulatorja vlažnosti zaznava vlažnost oziroma spremembe vlažnosti v obliki sprememb omske upornosti. Sama regulacija vlažnosti je proporcionalno-integralna, torej je regulator izveden tako, kot da gre za združitev proporcionalnega in integralnega regulatorja. Pri spremembi regulirane količine zazna nastavni člen določeno premaknitev, vendar nastavni člen ne obmiruje na tem položaju kot je to primer pri proporcionalnem regulatorju, ampak se začne gibati naprej z določeno hitrostjo. Za proporcionalno-integralni regulator sta značilni dve količini, in sicer faktor ojačenja oziroma proporcionalno območje in čas naravnavanja. Faktor ojačenja predstavlja razmerje med premaknitvijo nastavnega člana in spremembo regulirane količine. Čas naravnavanja pa je čas, ki bi bil potreben, da bi prišlo do določene premaknitve nastavnega člana ob predpostavki, da je nastavni člen že pred spremembo regulirane količine dosegel hitrost prestavitve, s katero potem teče dalje.

Izhod regulatorja je lahko električen, večinoma pa je pnevmatski.

#### Regulacijski ventil

Ta ventil je najbolje poslužen pnevmatsko in deluje na principu kot prikazuje slika 4.

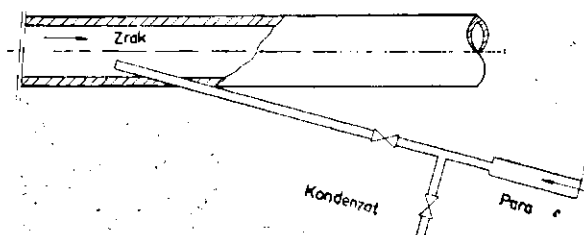


Slika 4 - Regulirni ventil za paro

Pritisk zraka nad membrano, ki ga določa regulator vlažnosti, drži membrano in s tem tudi ventil za regulacijo pare v določenem položaju, tako da je vzpostavljeno ravnotežje med silo, kot posledico pritiska zraka na membrano, in nasprotno silo, ki jo določa vzmet. Tako je dana medsebojna odvisnost pritiska nad membrano in preseka za prehod pare, ki ga določa položaj stožca ventila proti ventilmu sedežu.

#### Namestitev šobe za dodajanje pare

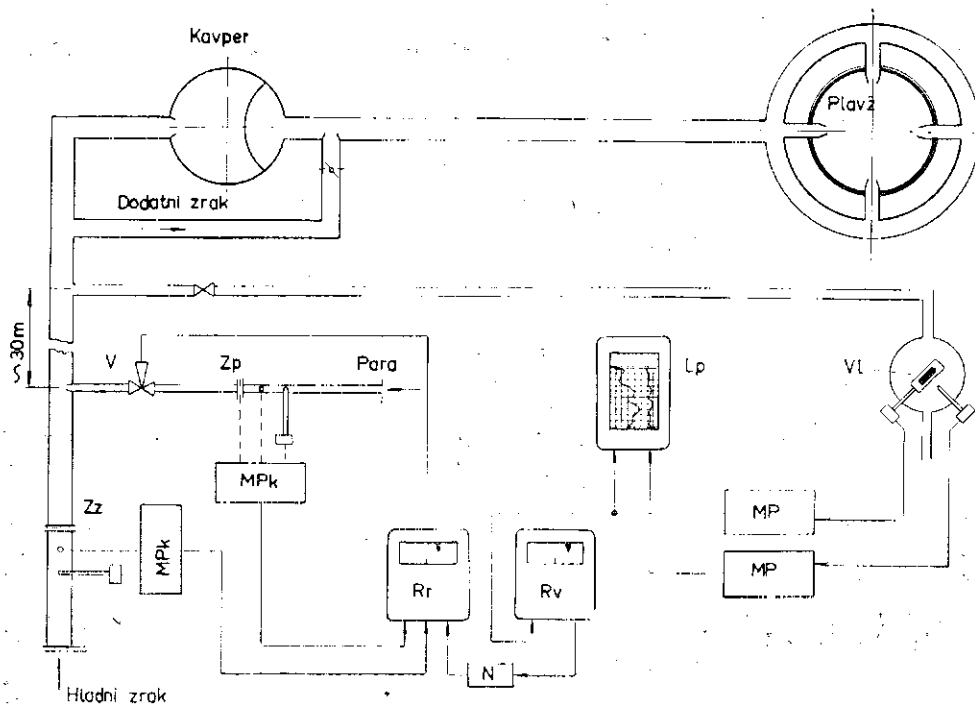
Za regulacijo vlažnosti vpihanega zraka se priporoča dodajanje pregrete pare s pritiskom 6 atm



Slika 5 - Dodajanje pare v cevovod

in s temperaturo 250° C. Para se piha s posebno šobo v cevovod proti smeri gibanja zraka (slika 5), da se doseže dobro mešanje.

Opisani način dodajanja pare za regulacijo vlažnosti vpihanega zraka ni najboljši (kljub temu pa se danes ponekod še uporablja). Para, ki jo dodajamo v cevovod pred venčno cevjo (slika 1), razpada namreč šče v plamenu po izstopu iz pihalice, kar nam jemlje toploto in s tem niža temperaturo. Temu se lahko izognemo le na ta način, da dovajamo pihalicam na višjo temperaturo segret zrak, s čimer se nadoknadi omenjeno znižanje temperature. Potrebno je torej zvišati delovno temperaturo kavperjev, kar znatno skrajša življenjsko dobo obzidave. Tej slabi strani se izognemo, da dodajamo paro kar v cevovod hladnega zraka in to še pred odcepom za dodatni zrak (slika 6). S tem dosežemo, da razpade para že ob prehodu skozi kavperje, le manjši del, ki prihaja v dovod v venčno cev z do-



Slika 6 — Shema regulacije vlaženja zraka pred kauperjem

datnim zrakom, razpada šele po izstopu iz pihalice.

Po sliki 6 je izvedena avtomatska regulacija vlaženja zraka tako, da se regulira razmerje zrak — para v odvisnosti od vlažnosti atmosferskega zraka. Z zaslonkama  $Z_p$  in  $Z_b$  merimo pretok zraka oziroma pare, v obliki diferenčnega pritiska. Ta pritisk se v merilnem pretvorniku  $MP_z$  pretvori v električno veličino (na primer v enosmerni tok). Za precizno merjenje trenutnega pretoka pa ne zadostuje le poznavanje diferenčnega pritiska, ampak tudi temperature in statičnega pritiska v cevovodu, ki se seveda tudi spreminjata. V merilnem pretvorniku  $MP_b$  se zato vrši korektura še glede na pritisk in temperaturo, tako da dobimo na izhodu neki električni tok, ki je že točno merilo za pretok.

V električni veličini spremenjena pretoka pare in zraka se vodita na merilni sistem regulatorja  $R_v$ , ki regulira njih razmerje. Merilno mesto M je opremljeno z dajalcem vlažnosti VI in uporovnim termometrom T, katerih vsak ima svoj merilni pretvornik. Ker je izhodna moč merilnih pretvornikov že zadostna, uporabljamo dvobarvni pisar za zvezno registracijo (ne točkasto); iz merilnega pretvornika za vlago pa vodimo v električno veličino spremenjeno trenutno vlažnost na regulator vlažnosti  $R_v$ . Regulator vlažnosti krmili preko nastavljalca razmerja N regulator razmerja  $R_r$ , ki šele deluje na regulacijski ventil za dodajanje pare V. S tem dosežemo razbremenitev regulatorja vlažnosti, ki lahko zato hitreje in bolj zanesljivo opravlja funkcijo.

Ing. Tone Zevnik

DK 621.771

## Pločevinski valji, vzdržljivost in poraba

Proizvodnja jekla pri nas in v svetu neprestano narašča. Večina surovega jekla se vlija v ingote in brame, katere z valjanjem predelujemo naprej v pločevino in razne profile. Le neznamenit del jekla se vlija v končno obliko — jekleno litino. Zaradi tega narašča tudi poraba valjev. Valjarne zahtevajo od valjev določeno vzdržljivost, ki jo lahko izrazimo s številom delovnih dni ali s količino izvaljanega materiala, ker tako lahko določimo porabo valjev na enoto izvaljanega jekla. Valjarne še vedno določujejo vzdržljivost s številom delovnih dni, ki jih je valj, vgrajen v progi, opravil. Ta dva načina določanja vzdržljivosti se precej ujemata, ker valj

izvalja toliko več jekla, kolikor dlje je bil vgrajen v progi. Valjavca ne zanima, na kakšen način je bil valj odlit in kakšna je kemična analiza litine, za njega je važna samo vzdržljivost. Vzdržljivost valjev pa je odvisna od kvalitete valjev in pogojev valjanja. Lahko rečemo, da gre polovica zlomov na račun slabe kvalitete valjev, polovica pa na napake pri valjanju. Zato sta za dobro vzdržljivost odgovorna livarna, ki valj izdelata, in valjarna, ki ta valj uporablja. Izdelati kvaliteten valj, ki bi vzdržal čimveč, je še danes problem, posebno pri nas, ker kvaliteta domačih valjev še vedno zaostaja za inozemskimi. Da so domači valji slabši, moramo iskati

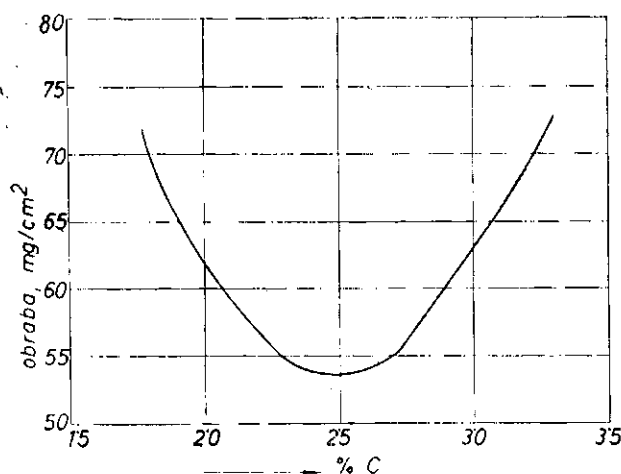
vzroke predvsem v pomanjkanju dobrega vložka v livarnah.

### Litine za valje

Glede na uporabnost valjev razdelimo litine na:

1. Belo ali trdo litino
2. Litino s trdo skorjo
3. Poltrdo litino
4. Srednje trdo litino
5. Mehko litino
6. Legirano litino

Bela ali trda litina se uporablja za dele, ki so močno izpostavljeni obrabi, na primer za dele mlinov in drobilcev. Struktura trde litine je: perlit + ledeburit. Trda litina ima zelo visoko trdoto in krhkost. Zato takih delov ne smemo dinamično obremeniti, ker bi se del, zaradi visoke krhkosti, zlomil. Bela trda litina se malo uporablja, več se uporablja temper litina, ki jo dobimo z žarjenjem bele trde litine pri temperaturi  $900^{\circ}\text{C}$ ; pri tem razpade  $\text{Fe}_3\text{C}$  in dobimo temperni ogljik in ferit. Značilno za temper litino je, da ima raztezek do 10 %, dobro žilavost in trdnost.



Slika 1 – Odvisnost obrabe od % C (po Ellis-u)

Trdota bele trde litine je odvisna od % C. Čim več imamo ogljika, več bo izločenega Fe karbida in višja bo trdota. Od % C je odvisna tudi obrabna trdnost. Kako zavisi obrabna trdnost od % C, je preiskoval Ellis. To je prikazal s tem diagramom (slika 1).

Z naraščajočim % C obrabna trdnost najprej pade in doseže pri 2,5 % C minimum, nato pa obrabna trdnost zopet narašča. Bela litina se vlija v peščene forme. Raztezek je zelo velik, do 2 %. Da dobimo belo strukturo po vsem prerezu, mora biti Si v taki množini, da dobimo še belo strukturo. Množina C je odvisna od načina taljenja. V kupolki ne dosežemo pod 3 % C, ker se litina kljub temu, da dodajamo jeklene odpadke, pri prehodu skozi kupolko, naogljži. Pri taljenju v plamenici, SM peči ali elektro peči pa lahko sestavo litine reguliramo z dodajanjem ferolegur. Primer sestave bele

trde litine pri taljenju v SM ali plamenski peči je naslednji:

$$\begin{aligned} \text{C} &= 2,5 - 2,8 \% \\ \text{Si} &= 0,6 \% - 0,9 \% \\ \text{Mn} &= 0,4 \% - 0,6 \% \\ \text{P} &= 0,3 - 0,9 \% \\ \text{S} &= 0,06 \% - 0,09 \% \end{aligned}$$

C je pri taljenju v kupolki nekoliko višji, in sicer 2,8 – 3,3 %. Si pospešuje grafitizacijo, zato ga gatiramo tako, da se litina strdi po vsem prerezu belo. Si zboljšuje livne lastnosti in zmanjšuje pri beli litini krhkost, zato se držimo zgornje meje Si, kljub temu, da lahko dobimo pri odlitkih z velikim prerezom v jedru že grafit. Pri enaki debelini sten je % Si odvisen od % C; čim nižji je % C, višji je lahko Si.

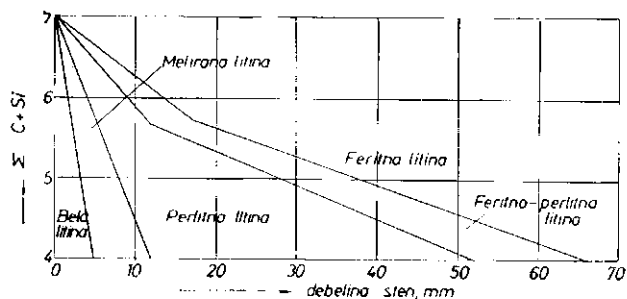
Litina za valje s trdo skorjo. Valji s trdo skorjo se rabijo za toplo in hladno valjanje pločevine in profilov. Delovna površina valja je močno izpostavljena obrabi, zato mora imeti površina valja visoko trdoto. Da dosežemo visoko trdoto, mora imeti litina tako sestavo, da bo pri litju v železne kokile dala belo trdo površino, jedro pa se mora strditi sivo. Valji so pri valjanju močno obremenjeni na upogib, razen tega nastopajo razni udarci v progi, zato mora imeti valj žilavo jedro z visoko trdnostjo. Površinsko obrabo prevzame visoka trdota delovne površine, mehanske obremenitve pa žilavo sivo jedro. Prav tako kot jedro morajo imeti visoko trdnost in žilavost tudi čepi valjev. Trdota čepov je okoli 200 HB, kar ustreza trdoti perlita. Trdota čepov ne sme biti previsoka, ker z naraščajočo trdoti pade žilavost in pride lahko do zloma čepa.

### Poltrda litina za valje

Poltrda litina za valje se uporablja za litje poltrdih valjev, ki se uporabljajo za valjanja nosilcev, težkih profilov, kakor tudi za predvaljanje na fini progi. Ti valji morajo imeti veliko trdnost, gosto in fino zrnato strukturo. Poltrdi valji se vlivajo v kokile, ki so znotraj prevlečene z 10 do 15 mm debelo plastjo gline ali peska. S tem, da smo kokile prevlekli s plastjo peska, se ohlajevalna hitrost zmanjša in ne dobimo več trde skorje, ampak sivo in fino zrnato strukturo z manjšo trdoto. Gosta in fino zrnata struktura mora biti tako globoka, kot vrezani kaliber z dodatkom za postruženje kalibra. Če hočemo dobiti tako strukturo, moramo vlivati litino, ki ima tako sestavo, da je strjevanje neodvisno od premera valja. Litina naj ima nizko vsoto C + Si. Po Greiner - Klingensteinovem diagramu slike 2, se področje perlitne litine razširi pri vsoti C + Si = 5,6 %.

Da z gotovostjo dobimo perlitno strukturo, mora biti vsota C + Si čim nižja. Srednje trdi valji se vlivajo v kokile, ki so znotraj premazane z livarsko črnino. Ti valji imajo v surovem stanju zelo tanko belo skorjo, ki jo pri obdelavi odstranimo. Namen hitrega ohlajanja v kokili je, da dobimo fino zrnato strukturo, ne pa visoko trdoto. Dobiti pravilno tr-





Slika 2 — Struktura litine v odvisnosti od %C + Si (po Greiner in Klingsenstein-u)

doto teh valjev je ravno tako težko, kot pri valjih s trdo skorjo. Trdota srednje trdih valjev je 280 do 330 HB in proti jedru valja počasi pada. Po kemični sestavi se ti valji razlikujejo od valjev s trdo skorjo po tem, da imajo nižji % C in višji % Si. Odstotek mangana je pri teh valjih lahko večji, kot pri valjih s trdo skorjo. Sestava litine za poltrde in srednje trde valje je vidna na tabeli 1.

Tabela 1

| Vrsta              | Sestava % |           |         |      |     |
|--------------------|-----------|-----------|---------|------|-----|
|                    | C         | Si        | Mn      | P    | S   |
| Poltrdi valji      | 2,4–2,8   | 0,55–0,85 | 0,8–1,2 | 0,35 | 0,1 |
| Srednje trdi valji | 2,6–2,9   | 0,9–1,2   | 1,0–1,2 | 0,5  | 0,1 |

#### Mehka litina za valje

Mehka litina je sorodna poltrdi litini, ima pa manjšo trdoto in večjo žilavost. Valji iz mehke litine se vlivajo v posek. Tam, kjer pride delovni del kalibra, se vstavi železni obroč. — Te obrobe vstavljamo zato, da dobi valj na tem mestu gosto in fino znato strukturo z visoko obrabno trdnostjo. Mehki valji se uporabljajo kot kalibrni valji za valjanje težkih profilov, nosilcev, blokov, kakor tudi za predvaljanje platin na fini progi. Ti valji so izpostavljeni velikim pritiskom, zato mora biti trdnost valjev zelo visoka.

#### Legirana litina za valje

Za legiranje pridejo praktično v poštev Cr, Ni in Mo, včasih tudi W. Te elemente dodajamo zato, da poboljšamo mehanske lastnosti litine. Danes želimo valjati s čim večjimi pritiski, zato mora biti litina dobre mehanske lastnosti. S tem, da valje legiramo, dosežemo visoko trdnost jedra in čepov. Legirani elementi povečajo trdoto delovne površine valja in poboljšajo trdnostne lastnosti.

Ni poveča trdoto površine valja do 3 %, zmanjša pa globino bele skorje. Če legiramo samo z Ni, moramo količino Si zmanjšati. Količino Si moramo zmanjšati za eno tretjino do ene četrtine dodatka Ni, vendar Si ne smemo zmanjšati pod 0,35 %. Z dodatkom Ni dosežemo, da dobimo strukturo osnovne mase fino lameralni perlit, sorbit ali martenzit. Če istočasno z Ni dodajamo še Cr, dosežemo to, da ni potrebno zmanjšati % Si. Cr le malo zvišuje trdoto površine valja, poveča pa globino bele

skorje. Cr poboljša tudi obrabno trdnost, vendar ima že majhen dodatek 0,2 do 0,5 % Cr za posledico, da se v jedru in čepih težkih valjev izoblikujejo karbidna mesta in mora priti že v kratkem času obratovanja do zloma valjev. Cr poveča krhkost jedra in se sam le redko uporablja kot legirni dodatek. Dodatek Cr je odvisen zaradi tega od premera valjev. Tako naj bo pri valjih 300 mm dodatek Cr 0,75 %, do premera 500 mm 0,5 %, pri valjih nad 500 mm premera pa naj bo dodatek Cr od 0,2 do 0,5 %. Mo ima na trdoto valja in globino bele skorje podoben vpliv kot Cr. Mo izboljšuje trdnost jedra in povzroča fino znato strukturo. Za toplo valjanje dodamo od 0,25 do 0,5 % Mo.

Cr da skupaj z Ni visoko trdoto delovne površine valja in visoko trdnost jedra, ne da bi Cr pri tem povzročil krhkost jedra. Zato je legiranje s Cr in Ni zelo ugodno, ker Cr poveča trdoto, Ni pa trdnost in žilavost jedra.

#### Poltrdi legirni valji

Ti se uporabljajo za valjanje težkih profilov in za predvaljanje. Zahteva se gosta in fino znata struktura do sredine valja. Dodatek Ni je običajno pri poltrdih valjih od 0,1 do 2 %. Dodatek molibdena od 0,25 do 0,5 % poveča temperaturno obstojnost in trdnostne lastnosti litine. Cr se za legiranje ne uporablja sam, ampak skupno z Ni in Mo. Količina Cr se giblje v mejah med 0,25 do 0,5 %. Uporabljajo se tudi mehki legirni valji. Posebne vrste valjev so: Adamite in Phoenix valji, ki so legirani s Cr in Ni. Pri teh trdih valjih je dodatek Cr večji kot Ni. Ti valji imajo skozi ves presek belo strukturo, imajo dobro obrabno trdnost in slabo žilavost. Sestava teh valjev je razvidna iz tabele 2.

Tabela 2

| Vrsta   | Sestava % |         |      |      |      |         |          |
|---------|-----------|---------|------|------|------|---------|----------|
|         | C         | Si      | Mn   | P    | S    | Cr      | Ni       |
| Adamite | 1,5–3,5   | 0,5–2,0 | 0,45 | 0,12 | 0,08 | 0,5–1,5 | 0,25–1,0 |
| Phoenix | 1,5–2,0   | 0,2–0,6 | 0,6  | 0,1  | 0,08 | 1,0     | 0,5      |

Adamite valji imajo trdoto 350 do 400 HB, medtem ko imajo Phoenix valji trdoto okoli 500 HB.

#### Valji iz sferolitine

Železarna Štore je začela pred leti izdelovati pločevinske valje iz sferolitine. Sferolitina je posebna vrsta sive litine, pri kateri je grafit izločen v obliki kroglic. Ta litina se izdeluje na ta način, da se litini, ki bi se pri normalnih pogojih strjevanja strdila sivo, doda magnezij. Po dodatku magnezija bi se litina strdila belo. Da pa se litina strdi sivo, dodajamo modifikatorje kot so FeSi in Ca Si, ki učinkuje tako, da se grafit izloči v obliki kroglic. Delo z magnezijem je zelo nevarno, zato ga dodajamo v obliki zlitin, kot so Mg—Ni. Te valje uporabljajo sedaj v valjarni na Javorniku in so dosegli mnogo večjo vzdržljivost kot valji iz sive litine.

Tabela 3  
RAZDELITEV VALJEV IN UPORABA

| Skupina                        | Vrsta in uporaba                                                                                                     | Trdota HB               |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Trda litina<br>(S trdo skorjo) | za pločevino {                                                                                                       | topli predvalji 360-400 |
|                                |                                                                                                                      | končni valji 400-450    |
|                                |                                                                                                                      | hladni valji 380-410    |
|                                | za grobo pločevino                                                                                                   | 360-420                 |
|                                | za fino progo {                                                                                                      | predvalji 380-410       |
|                                |                                                                                                                      | končni valji 420-450    |
|                                | za platine končni valji                                                                                              | 420-450                 |
|                                | za hladno valjanje                                                                                                   | 500-550                 |
| Poltrda litina                 | dresirni valji                                                                                                       | 450-500                 |
|                                | polirni valji                                                                                                        | 550-600                 |
|                                | poltrdi valji                                                                                                        | 220-260                 |
|                                | srednje trdi valji                                                                                                   | 280-330                 |
|                                | valji, ki nadomeščajo je-<br>klene                                                                                   | 260-300                 |
| Mehka litina                   | valje za nosilce, težke pro-<br>file, predvaljanje                                                                   |                         |
|                                | valji iz sive litine<br>vkliti v pesek za valjanje<br>blokov, nosilcev, težkih pro-<br>filov, platin in predvaljanje | 200-240                 |
| Posebi valji                   | Adamite - kalibrirni valji<br>pod $\varnothing = 500$<br>mm                                                          | 350-400                 |
|                                | Phönix - hladno valjanje<br>in dresiranje                                                                            | 500                     |
|                                | Nihard - hladno valjanje,<br>dresiranje, po-<br>liranje do                                                           | 700                     |

#### VZDRŽLJIVOST IN PORABA VALJEV V VALJARNI NA JAVORNIKU

Valje, ki jih tu obravnavam, sem razdelil po dimenzijah, nato pa tudi po izvoru valja na poljske, zahodnonemške, angleške, italijanske in domače valje. Za tako razdelitev sem se odločil, da bi lahko primerjal vzdržljivost valjev različnih dobaviteljev in ugotavljal, kakšna je razlika v kvaliteti valjev. Pri oceni vzdržljivosti sem upošteval vse valje, ki so bili izločeni iz obratovanja zaradi zloma, odlusčenja ali izrabe. Zaradi slabe evidence o obnašanju valjev pri obratovanju sem vzel v poštev samo valje, ki so bili izločeni iz obratovanja od leta 1950 do leta 1959. Podatki o zlomih valjev od leta 1950 do 1955 so nepopolni zaradi netočne kartotke valjev. Po letu 1955 se je stanje izboljšalo in danes ima vsak valj svoj karton, na katerem so zapisani karakteristični podatki valja, kot so: izmere delovnega dela valja in čepov, trdota in globina bele skorje, kemična analiza litine, število brušenj, kdaj je bil valj vgrajen, kdaj izločen, vzdržnosti in količina izvaljanega materiala.

Valji, ki so bili vgrajeni, so označeni s kraticami, ki pomenijo:

- Ž. Š. — Železarna Štore
- H. B. — Huta Buczka, Poljska
- G. P. — Goentermann Peipers, Zah. Nemčija
- C. — Coswig, Vzhodna Nemčija
- E. S. W. — Eisenwerk, Sulzau Werfen, Avstrija
- S. S. E. — Eustacchio, Italija
- K. B. — Karl Buch, Zahodna Nemčija

V valjarni na Javorniku imajo v programu valjanja debelo, srednjo, tanko in fino pločevino. Za valjanje debele pločevine imajo progo 2400, to je, Lauthov trio. Za valjanje srednje pločevine in predvaljanje za fino in tanko pločevino imajo trio progo, za končno valjanje pa uporabljajo duo ogrodje.

Najprej bom obravnaval valje s proge 2400 za valjanje debele pločevine. V progo 2400 se vgrajujejo valji  $800 \times 2400$  mm in  $630 \times 2500$  mm. Spodnji in zgornji valj imata dimenzije  $800 \times 2400$  mm, srednji delovni valj pa ima dimenzije  $630 \times 2500$  milimetrov. Valji na tej progi so hlajeni z vodo. Maksimalna širina pločevine, ki jo valjajo na tej progi, je 2300 mm. Maksimalni pritisk znaša 18 % in ga dosežejo takrat, ko je plošča debela 120 do 100 mm. Srednji ali delovni valj je obremenjen pri vsakem vtiku in je močno izpostavljen obrabi in mehanskim obremenitvam, zato je njegova predpisana vzdržljivost 120 dnin, enkrat manjša od spodnjega oziroma zgornjega valja, za katere je predpisana vzdržljivost 250 dnin.

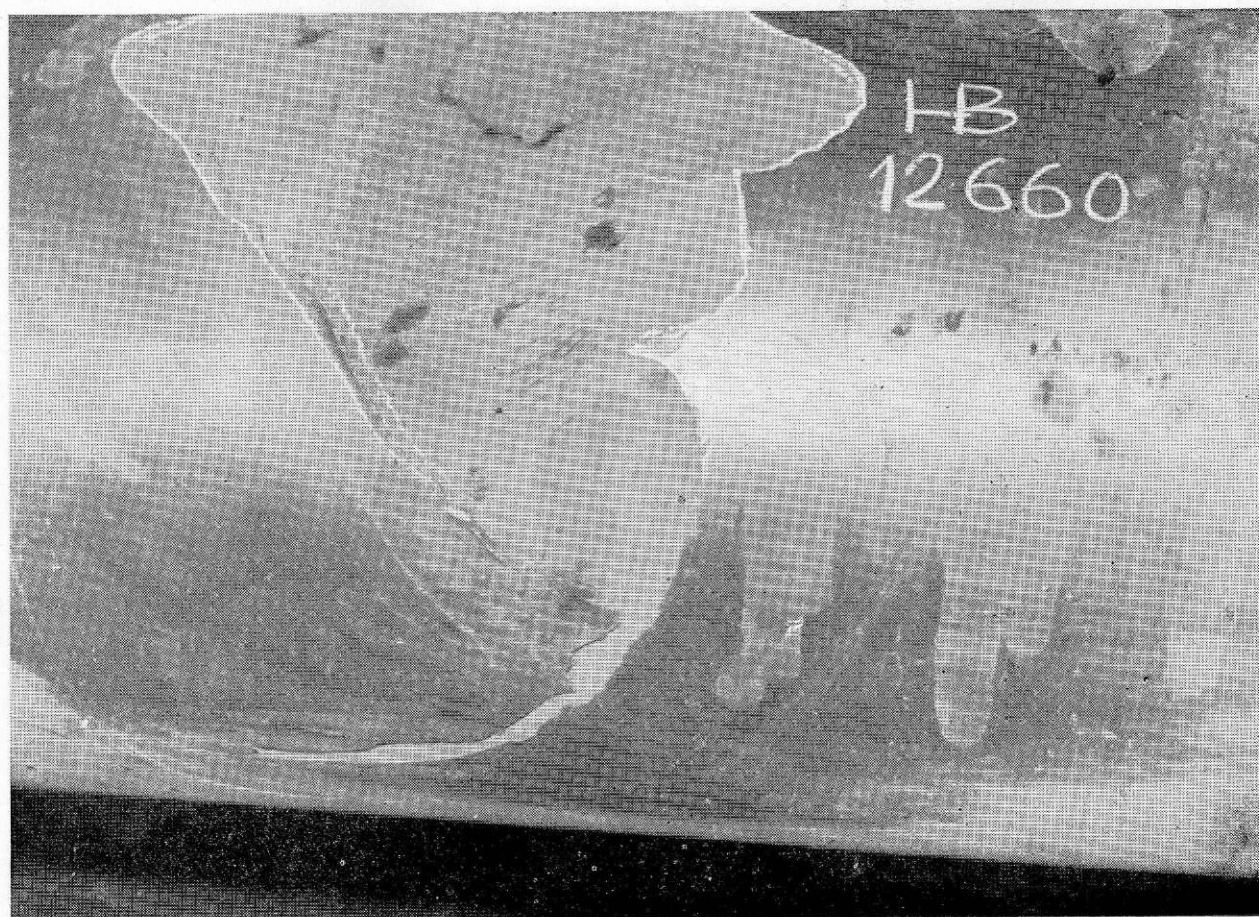
Valji  $630 \times 2500$  mm

Vgrajeni so bili: Ž. Š., K. B., E. S. W., G. P. in H. B. valji. Iz podatkov, ki so na razpolago, je razvidno, da je bilo izločenih iz obratovanja od leta 1950 do leta 1959 49 valjev  $630 \times 2500$  mm; za ostale valje ni podatkov. Železarna Štore je dobavila v tem času 26 valjev. Le-ti so imeli slabo vzdržljivost — povprečno 72,5 dnin. Seveda niso bili vsi valji Ž. Š. slabi, saj sta valja št. 192 in 2759 vzdržala 142 oziroma 135 dnin. Trdota delovne površine valjev je bila neenakomerna in se je gibala v mejah od 384 do 468 HB. Trdota je bila previsoka, saj je predpisano za te valje 380 do 400 HB. Imeli so neenakomerno globino bele skorje z močno ekscentričnostjo, kar slabo vpliva na kvaliteto valjev. Ker je bila kvaliteta teh valjev slaba, je Ž. Š. te valje prenehala izdelovati. Najboljši v tej skupini valjev so bili G. P. valji, čeprav tudi ti niso dosegli predpisane vzdržljivosti 120 dnin. Značilno za te valje je, da imajo enakomerno globino skorje z majhno ekscentričnostjo največ do 2 mm. Da bi lahko primerjali vzdržljivost valjev različnih dobaviteljev, si oglejmo tabelo št. 4.

Tabela 4

| Dobavitelj | Število vgrajenih valjev | Predpisana vzdržljivost dnine | Povprečna vzdržljivost dnine |
|------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Ž. Š.      | 26                       | 120                           | 72,5                         |
| K. B.      | 8                        | 120                           | 70,0                         |
| E. S. W.   | 6                        | 120                           | 81,5                         |
| G. P.      | 4                        | 120                           | 116,5                        |
| H. B.      | 7                        | 120                           | 75,0                         |

Iz tabele vidimo, da so imeli najslabšo vzdržljivost K. B. valji. Vendar je kvaliteta teh valjev zelo dobra in moramo pripisati slabo vzdržljivost dejstvu, da je proga 2400 takrat še poizkusno obratovala.

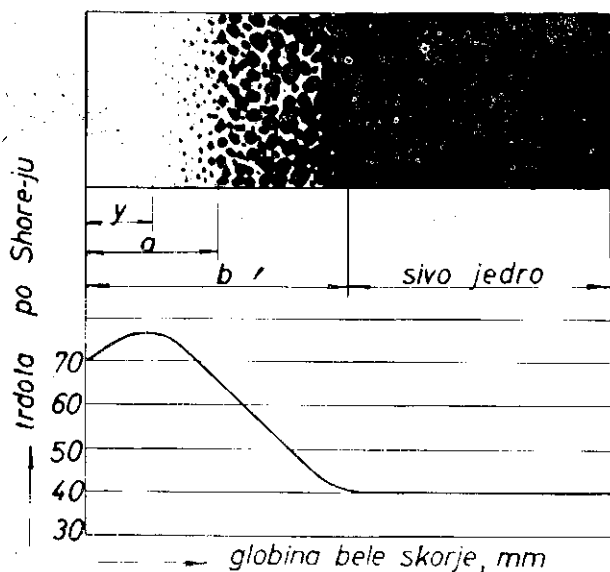


Slika 3 in 4 – Odluščena bela skorja valja

Pri pregledu zapiskov o zlomih valjev je bilo ugotovljeno, da je večina valjev  $630 \times 2500$  mm odlučanih ali izrabljenih. Sliki 3 in 4 nam prikazujeta mesta, kjer se običajno odluči bela skorja. Vzroki odlučanja so v temperaturnih vplivih in ostrih prehodih bele skorje k sivemu jedru. Zlomi srednjega valja proge 2400 so bolj redki.

Vzdrljivost valjev je odvisna od trdote in globine trde skorje, globine prehodne cone ter trdnosti jedra in čepov. Globina bele skorje naj bo po predpisih za pločevinske valje 15–25 mm. Samo pri polirnih in profilnih valjih je lahko globina bele skorje večja, vendar ne sme biti večja kot 60 mm. Globina bele skorje je odvisna od sestave litine, temperature pregretja, hitrosti ohlajenja in sestave vložka.

Način merjenja bele skorje danes še ni enoten. Za valjavca je važna uporabna bela skorja. Globina uporabne bele skorje se meri tako, da se vzame  $5 \text{ mm}^2$ . To položimo na belo skorjo in pomikamo proti prehodni coni. Ko padejo v ta kvadrat tri grafitna zrna, ki so na sveže ostruženem valju lepo vidna, je to globina bele uporabne skorje. Slika 5 prikazuje prehod bele skorje v sivo jedro in spremembo trdote proti jedru.



Slika 5 — Prehod strukture od površine do jedra

Pri tem pomeni:

- y — čista bela skorja
- a — uporabna bela skorja
- b — celotna bela skorja

Globina čiste bele skorje y se meri od površine do prvih izločenih grafitnih zrn, prehodna cone pa od prvih grafitnih zrn do čistega sivga jedra. Celotna globina bele skorje b pa se meri od površine valja do sivga jedra. Bela plast naj ima fino zrnato strukturo. Kristali se razraščajo v smeri odvajanja toplote, zato imajo kristali stebričasto obliko. Prehod bele skorje v sivo jedro mora biti normalen.

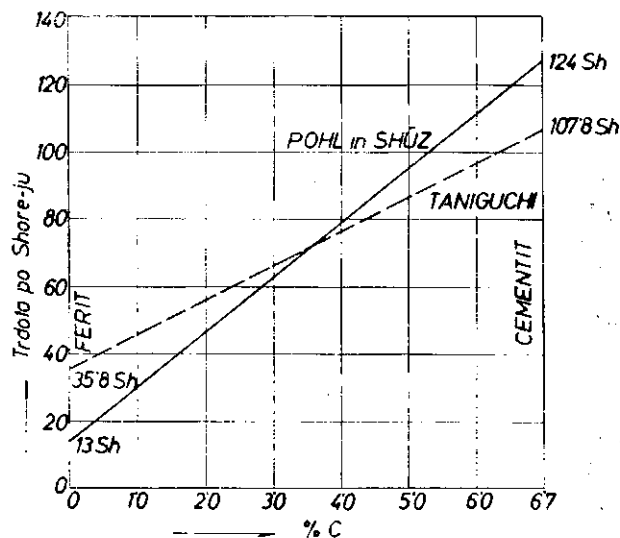
Freoster prehod vodi k odlučanju bele skorje, predolg pa zmanjšuje pressek žilavega jedra in se valj zaradi tega lahko zlomi. Normalen prehod bele skorje v sivo jedro je zelo važen za izravnavo napetosti med belo skorjo in sivim jedrom. Debelina prehodne cone naj bo trikrat večja od debeline bele skorje. Razmerje med globino bele skorje in prehodne cone je za obnašanje valja zelo važno. To razmerje so skušali prikazati s faktorjem AK.

$$AK = \frac{y}{y+z}$$

y — globina bele skorje

z — globina prehodne cone

AK se za valje s trdo skorjo giblje med 0,1 do 0,4.

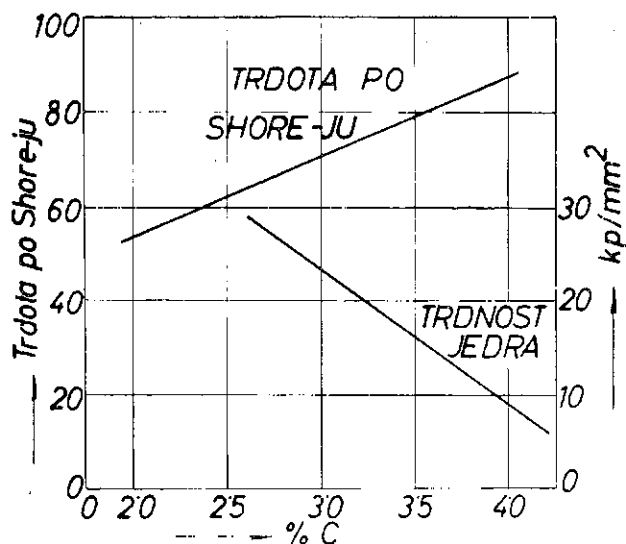


Slika 6 — Odvisnost trdote bele skorje od % C (po Pohl-Schüz in Taniguchi-ju)

Vpliv sestave na trdoto in globino bele skorje. Na globino bele skorje vplivajo različni elementi različno. Nekateri elementi zvišujejo, drugi pa znižujejo globino bele skorje. Pri navadnih nelegiranih valjih vplivata na globino bele skorje predvsem C in Si. Z naraščajočim % C in Si pada globina bele skorje. Praktično pa globino bele skorje uravnamo samo z dodatkom Si, ker Si do 1,5 % ne vpliva na trdoto bele skorje. Nasprotno pa C z naraščajočim % močno dvigne trdoto, diagram slika 6.

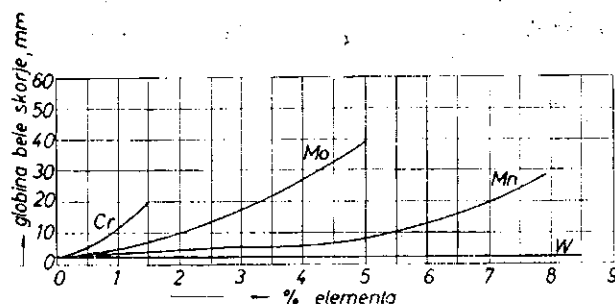
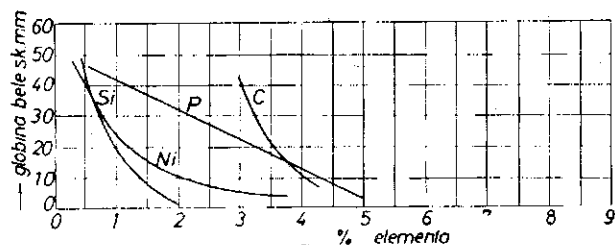
Na drugi strani pa nam naraščajoči % C, zaradi povečanega deleža izločenega grafitu, zmanjša trdnost jedra. Trdota in trdnost si torej nasprotujeta. Če hočemo povečati trdoto, se s tem zmanjša trdnost jedra in obratno. Kako se spreminja trdota površine in trdnost jedra od % C, kaže diagram na sliki 7.

Da dobimo poleg visoke trdote še dobro trdnost in žilavost jedra, moramo litino za valje legirati. Dodatek legirnih elementov je sorazmerno majhen. V odvisnosti od % legirnih elementov dobimo



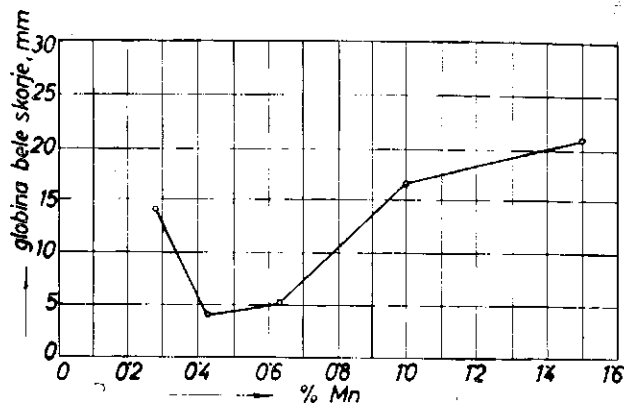
Slika 7 — Trdota površine in trdnost jedra z ozirom na % C

strukturo osnovne mase kot fino lamelarni perlit, sorbit ali martenzit. Trdi pločevinski valji so običajno nizko legirani. Legirni elementi vplivajo na globino bele skorje tako, da elementi, ki pospešujejo grafitizacijo, zmanjšujejo, tisti pa, ki zavirajo grafitizacijo, pa globino bele skorje zvišujejo. Vpliv različnih elementov na globino bele skorje kaže diagrama na sliki 8 in 9.



Slika 8 in 9 — Vpliv legirnih elementov na globino bele skorje

Si najmočneje znižuje belo skorjo, zato tudi s Si uravnavamo globino bele skorje. Čim nižji je % Si, tem večja bo globina bele skorje in obratno. Zato se Si giblje v litini za valje s trdno skorjo od 0,3 do 1,4 %. Legirni elementi Cr, Mn, Mo in W pospešujejo tvorbo karbidov, zato zvišujejo globino bele skorje. Najmočnejši vpliv imata Cr in Mo,



Slika 10 — Globina bele skorje v odvisnosti od % Mn (po Pohl- in Schüz-u)

vpliv Mn pa je zelo majhen. Pri večji količini Mn, nad 1 %, je vpliv Mn na globino bele skorje večji. Po Pohlu in Schüz-u naraščajoči % Mn zmanjšuje globino bele skorje. Med 0,4 do 0,6 % Mn nastopa minimum, nato globina bele skorje zopet narašča. Diagram slika 10.

Takšen vpliv mangana Mn si razlagamo tako, da Mn najprej veže S in šele pribitek Mn poveča globino bele skorje. Količina Mn naj se zato prilagodi količini S v litini in sicer:

$$\% \text{ Mn} = 3,5 \times \% \text{ S} + 0,2$$

Kakšna naj bo množina Mn v litini s trdo skorjo predlagajo različni avtorji različno. Tako smatra Ossan, da je 1,1 % Mn v litini zelo visok. Schilov pravi, da je škodljiv vpliv Mn že dolgo znan in da delajo v podjetju Lutuginsk samo še z 0,3 do 0,4 % Mn. Samo če surovo železo vsebuje večji % Mn, gredo do 0,8 %. Švedi delajo valjčno trdo litino do 1 % Mn, Amerikanci imajo v litini samo 0,2 do 0,3 % Mn. V Nemčiji gredo redkokdaj pod 0,6 % Mn. Mangan zmanjšuje žilavost jedra in čepov. Irresberger pa opozarja posebno na to, da Mn moti normalen prehod bele skorje k sivemu jedru, ostro loči obe plasti in podpira luščenje bele skorje. Zato množina Mn, če za to ni posebnega vzroka, ne sme biti visoka.

Po Pohlu fosfor zvišuje trdoto bele skorje. Vendar je njegov vpliv v običajni količini skoraj nepomemben. Vpliv S na trdoto je zelo majhen, močno pa vpliva na globino bele skorje. Vendar je njegov vpliv zaradi majhne količine S neznaten. Pri litini za valje s trdo skorjo, naj S ne bo večji od 0,1 %. S pospešuje tvorbo karbidov, tako da dobimo v sivem jedru trda karbidna mesta; trdnost jedra se zmanjša. Zaradi tega se zahteva za valje za toplo valjanje zgornjo mejo 0,08 % S.

Trdota bele skorje pri valjih za toplo valjanje pločevine je od 380 do 420 HB. Za hladno valjanje je trdota bele skorje 500 do 550 HB in za dreserske valje 500 do 600 HB. Značilno je, da Si do 1,5 odstotka ne vpliva na trdoto bele skorje. To se ne sklada z jeklom, kjer z dodatkom Si povečamo trdoto jekla. To si razlagamo s tem, da je delež siliko ferita pri jeklu večji, kot delež perlita. Pri litini pa je delež siliko ferita mnogo manjši od per-



lita, poleg tega pa je trdota izločenega  $\text{Fe}_3\text{C}$  8 × večja od siliko ferita. Če Si naraste čez 1,5 %, zmanjšuje trdoto, kar pospešuje izločanje grafita.

Po Schüzju zviša 0,1 % C trdoto litine za 11,23 kg/mm<sup>2</sup>, tako da lahko računsko določimo trdoto bele skorje.

$$\text{HB} = 112,3 x + 55$$

X — % C v litini

HB — trdota po Brinellu

Poleg kemične sestave vplivajo na globino bele skorje še: izhodne surovine, način taljenja, temperatura pregretja, pogoji kristalizacije in debelina sten kokile. Vpliv izhodnih surovin na globino bele skorje se kaže v tem, ali nagiblje grodlji k belemu ali sivemu strjevanju. Grodlji, ki se nagibljejo k belemu strjevanju, dajo večjo globino bele skorje, kot grodlji, ki se nagibljejo k sivemu strjevanju. Pri grodlju, ki ima veliko nagnjenost k belemu strjevanju, se lahko melirana cona potegne do jedra valja. Ugotovljeno je bilo, da se najbolj nagibljejo k belemu strjevanju grodlji, ki so bili izdelani v plavžu na oglje, najmanj pa grodlji, ki smo jih dobili pri taljenju s koksom.

Vpliv temperature pregretja na globino bele skorje. Na globino bele skorje vpliva tudi temperatura pregretja litine. Poizkusi so pokazali, da z naraščajočo temperaturo pregretja raste globina bele skorje, medtem ko temperatura litja nima posebnega vpliva.

Predno se valj vlije, se mora vzeti vzorec. Vzorec se vlije v peščen kalup, ki je postavljen na je-

kleno ploščo, debeline 80 mm. Vzorec je nekoliko koničen in ima v sredini zarezo, da se lahko prelomi. Na prelomu se izmeri debelina bele skorje y in delež sive sestave »S«. Če je globina bele skorje prevelika, dodamo litini Fe Si in tako korigiramo globino bele skorje. Ker je bila na podlagi poizkusov določena odvisnost med globino bele skorje na valju in globino bele skorje na vzorcu, moremo že pred vlitjem ugotoviti, kakšna bo globina bele skorje. Diagram slika 11.

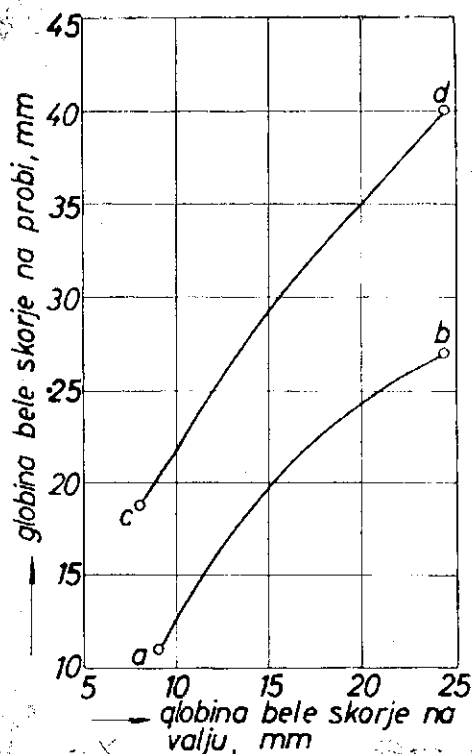
a-b — dobro } nagnjenje k belemu strjevanju  
c-d — slabo }

Na globino bele skorje lahko vplivajo tudi stene kokile, v katere se valj vlije. Ker se od kokile zahteva določeno vzdržljivost, mora biti debelina sten kokile večja od kritične debeline. S tem se izogne mo vplivu sten kokile na globino bele skorje. V tabeli 5 so prikazane sestave litin za valje s trdo skorjo.

Iz tabele se vidi, da % C narašča, ker se zahteva za valje pri hladnem valjanju in dresiranju visoko trdoto 500 do 600 HB.

Tabela 5

| Uporaba            | Sestava % |          |          |     |     |
|--------------------|-----------|----------|----------|-----|-----|
|                    | C         | Si       | Mn       | P   | S   |
| Za grobo pločevino |           |          |          |     |     |
| hlajeni valji      | 2,7–3,0   | 0,65–0,8 | 0,3–0,8  | 0,6 | 0,1 |
| Za toplo valjanje  | 2,7–3,2   | 0,5–0,8  | 0,65–1,0 | 0,5 | 0,1 |
| Za hladno valjanje | 3,5–3,8   | 0,4–0,6  | 0,9–1,2  | 0,5 | 0,1 |
| Dresirni valji     | 3,9–4,2   | 0,3–0,45 | 1,0–1,4  | 0,5 | 0,1 |

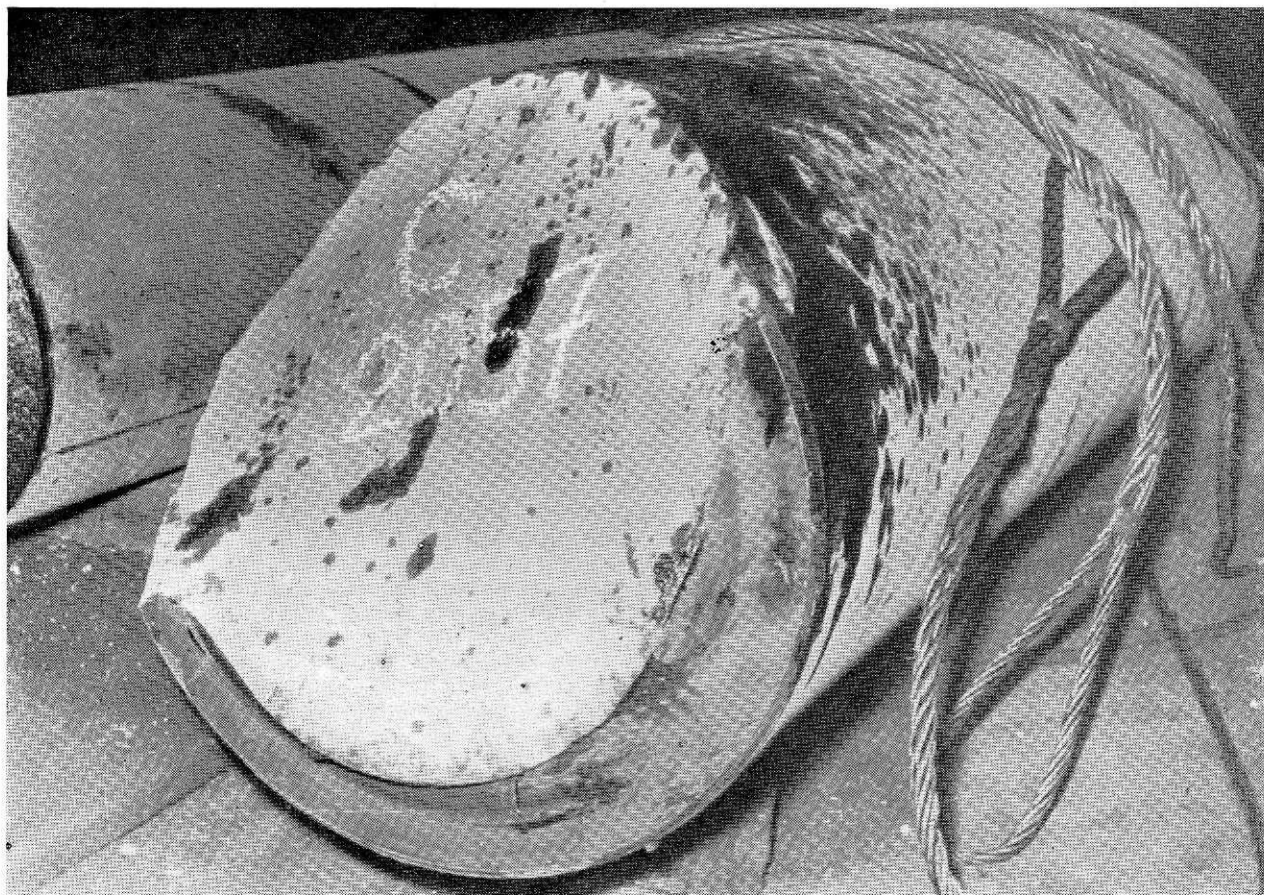


Slika 11 — Globina bele skorje na valju in na probi

Valji 800 × 2400 mm. Vgrajeni so bili: Ž. Š., K.B., C., G. P., H. B. in E. S. W. valji. Izločenih je bilo 51 valjev 800 × 2400 mm, za ostale valje ni podatkov. Pri pregledu zapisnikov o zlomih valjev 800 × 2400 mm je razvidno, da se večina valjev zlomi na prehodu iz delovnega dela valja v čep. Slika 12 in 13.

Vzrok zloma na prehodu iz delovnega dela valja v čep, moramo iskati v velikem razmerju med delovnim premerom valja in premerom čepa. Prehod iz delovnega dela valja v čep je preoster. Zaradi preostrega prehoda v čep pride na tem mestu do koncentracije napetosti in valj se zlomi. Da bi zmanjšali število zlomov, bi morali popraviti konstrukcijo valjev tako, da bi povečali premer čepov. Zlomi valjev čez sredino in pa odlučanje je pri teh valjih redko. Na sliki 13 je prikazan zlom H. B. valja, ki je vzdržal 124 dnin. Valj je bil slabe kvalitete, ker se še na prehodu iz delovnega dela valja v čep vidi bela struktura. Globina bele skorje je prevelika, melirana cona pa je razpotežnjena proti jedru. Struktura tako odlitega valja je slabo odporna proti mehanskim obremenitvam.

Zlomi valjev pa niso samo posledica slabe kvalitete, ampak se lomijo tudi zaradi napak pri valjanju in zaradi nepravilnega ravnanja z valji. Slabi kvaliteti valjev moramo pripisati 50 do 60 % zlomov, napake pri valjanju pa terjajo 40 do 50 %



Slika 12 in 13 – Zlom valja na prehodu od delovne površine na čep

zlomov. K napakam pri valjanju moramo prištevati previsok pritisk, hladen material, nezadostno hlajenje delovnega dela valja in čepov. Na progi 2400 se večkrat zlomijo takrat, ko gre plošča (brama) za stojalo. To se zgodi pri diagonalnem valjanju brame, tako da pride brama med stojalo in valje. Pri tem nastanejo v progi močni udarci, ki povzročijo v valju notranje razpoke in valj se običajno pri naslednjem vrtiku zlomi. Delna krivda za to je v nepazljivosti valjavcev in pa slab pregled nad progo, ker je komandna miza ob strani proge in valjavec ne vidi točno, ali je plošča v sredini ali ne. Da bi se zmanjšali zlomi (»plošča za stojalo«) bi morala biti komandna miza nad progo, da ima valjavec popoln pregled nad potekom valjanja.

Kakšno vzdržljivost so dosegli valji, je razvidno iz tabele 6.

Tabela 6

PRIMERJAVA IZDRŽLJIVOSTI VALJEV RAZLIČNIH DOBAVITELJEV

| Dobavitelj | Štev. vgrajenih valjev | Predpisana vzdrž. (dnine) | Povpr. vzdrž. dnine |
|------------|------------------------|---------------------------|---------------------|
| Z. S.      | 7                      | 250                       | 59,5                |
| H. B.      | 11                     | 250                       | 169,5               |
| C          | 5                      | 250                       | 100,5               |
| G. P.      | 12                     | 250                       | 239                 |
| K. B.      | 6                      | 250                       | 285                 |
| E. S. W.   | 10                     | 250                       | 110                 |

Iz tabele se vidi, da so bili najslabši valji Ž. S., s povprečno vzdržljivostjo 59,5 dnin. Ker so bili tudi ti valji slabi, jih je Železarna Štore prenehala iz-

delovati. Najboljši v tej skupini so bili K. B. valji, s povprečno vzdržljivostjo 285 dnin. Tako je valj št. 57 vzdržal, vgrajen v progi, 421 dnin. Kvaliteta K. B. valjev je zelo dobra; po vsej delovni površini imajo enakomerno trdoto. Globina bele plasti se giblje v mejah od 10–15 mm z zelo majhno ekscentričnostjo. Zelo vzdržljivi so bili tudi G. P. valji; povprečje 239 dnin. Valj št. 3221 pa je bil vgrajen v progi 407 dnin. Trdota K. B. in G. P. valjev se je gibala v mejah od 360 HB do 400 HB. Kvaliteta H. B. valjev je močno nihala. Tako so imeli valji v l. 1956 zelo slabo vzdržljivost, povprečno 130,5 dnin, v letu 1957 pa so dosegli mnogo večjo vzdržljivost in sicer 216 dnin, s porabo valjev 0,52 kg/t izvaljanega materiala. Slabi so bili tudi C in E. S. W. valji. Tako je znašala poraba pri C valjih 2,3 kg/t jekla, kar je zelo visoko. (se nadaljuje)

## NOVE KNJIGE V STROKOVNI KNJIŽNICI

Stošič ing. Predrag: Priručnik za termičku obradu metala u sonim kupatilama

Bogomir Trifunović: Specialni čelici

Eugen Piwowarski: Hochwertiges Gußeisen (Grauguß)

Max Pöhler: Behandlung und Wartung von Bleibatterien für Elektrofahrzeuge

Kolthof and Stenger: Volumetric Analysis II

Štednja goriva i električne energije u industriji  
Tehnični predpisi za izdelavo in uporabo parnih kotlov

A Femipari kutato intezet közlemenyei IV  
Manganese Steel