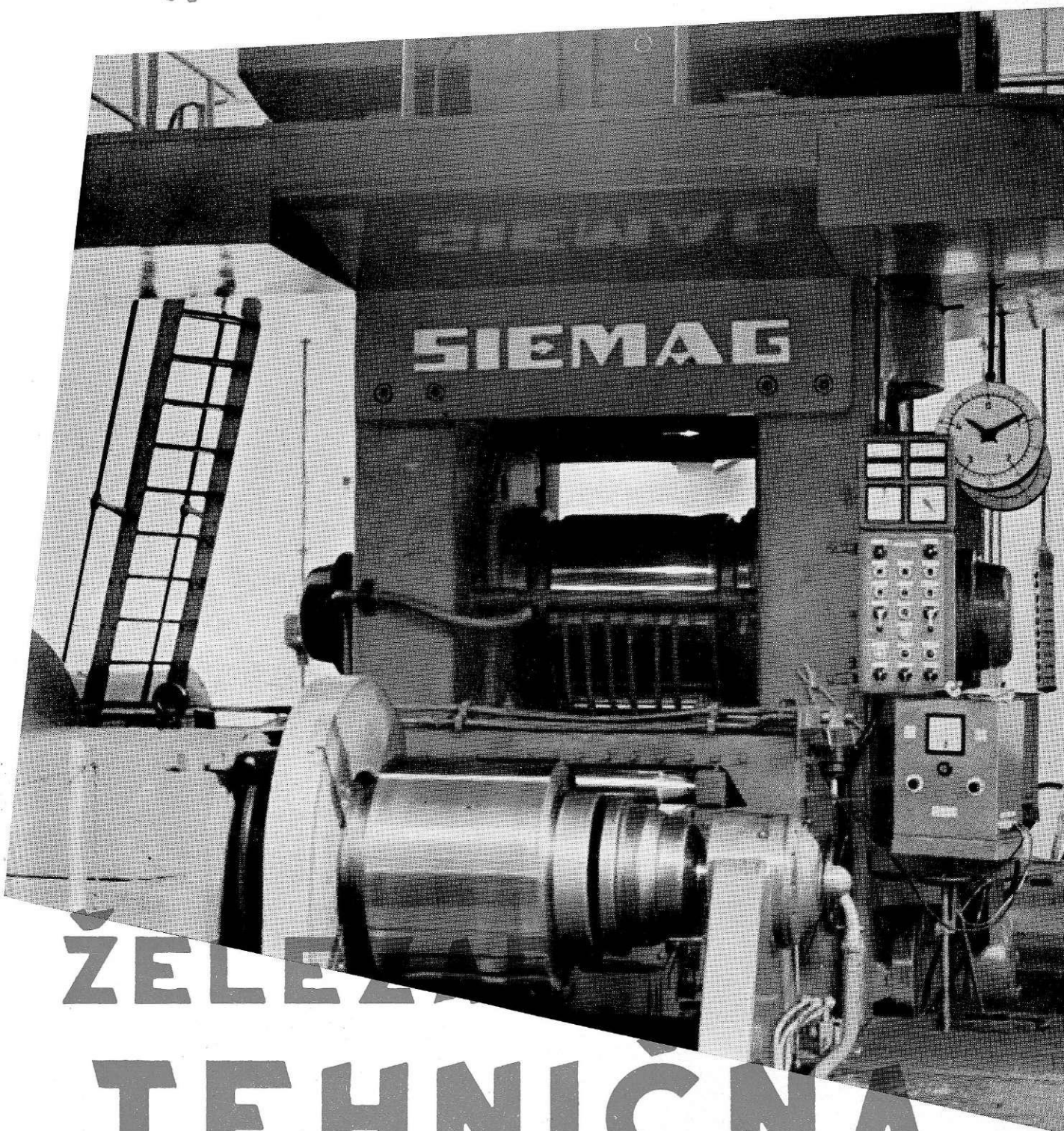




1961 1
LETO III



ŽELEZA TEHNIČNA PRILOGA

VSEBINA

Bralcem in dopisnikom Tehnične priloge . . .	1
Ing. Prešeren — »Intenziviranje plamena z dodatkom kisika v SM pečeh — DK 669.183,2 . .	2
Ing. Bešter Feliks — »Meritve temperature jekla v kalilnih pečeh s pomakalnimi termoelementi — DK 536,53	10
Ing. Gregorčič Miloš — »Industrijske odplake« — DK 628,54	15
Ing. Vilman France — »Projektiranje novih naprav«	22
Slika na naslovni strani: Novo Quarto ogrodje Siemag v predelovalnih obratih — Foto: Kolman	

»ŽELEZAR«

TEHNIČNA PRILOGA

Tehnična priloga Železarja — Glasilo DIT Jesenice, leto III, št. 1. Odgovorni urednik ing. Mede Janko, Tehniški biro, telefon št. 495. Člani uredniškega odbora: ing. Čop Stanko, ing. Gabrovšek Marin, ing. Gregorič Miloš, ing. Sešek Slavica, ing. Kramar Jože, ing. Sešek Pavle, Stare Marjan, ing. Urbančič Jože, Žagar Edo.

Tisk: CP »Gorenjski tisk«, Kranj

LETO III.

MAREC 1961

ŠT. 1

Bralcem in dopisnikom »Tehnične priloge«

Začenjamo novo — tretje leto izhajanja našega mladega časopisa — tehnične priloge. Prihajamo v tretje leto z določenimi izkušnjami, ki bodo gotovo dobrodošle pri urejanju te publikacije. Sodimo, da je potrebno, da v prvi številki letošnjega leta napišemo našim bralcem in dopisnikom nekaj besed.

Mogoče si kateri izmed bralcev postavlja vprašanje, zakaj trije časopisi v enem podjetju. — Nedvomno je potrebno, da imamo v naši železarni, ki zaposluje toliko inženirjev in tehnikov, tudi časopis, ki bo odraz njihove dejavnosti v tovarni in ki bo pripomogel k nadaljnjemu izobraževanju njih samih, kakor tudi vseh članov našega kolektiva.

Komu je namenjena naša revija? V prvi vrsti vsem strokovnjakom naše železarne, delovodjem in vsem tistim, ki se srečujejo s perečimi tehničnimi problemi, ki jih v podjetju s tako raznolikimi proizvodi ne manjka. Kakor smo že omenili, naj bo ta revija almanah strokovnih dosežkov naših strokovnjakov in zrcalo tehničnega dela ter naj ima tudi temu primerno raven.

Ce bi pogledali delo uredniškega odbora natančneje, bi videli, da njegovo delo v zvezi s poslanimi članki ni lahko. — Kljub pomanjkanju strokovnih člankov smo bili večkrat prisiljeni poslane članke naših dopisnikov tudi odkloniti. Glavni motiv pri tem je bil, da morajo biti članki strokovni, na določeni višini in naj obravnavajo strokovne probleme, ki se dotikajo neposredno dela v našem podjetju.

Verjetno bodo nekateri bralci sodili, da so včasih članki nerazumljivi, morda preveč strokovni. Pri tem ne smemo pozabiti, da se raven naših bralcev dviguje, kar je rezultat dela strokovnih šol in tečajev in da je tudi želja uredniškega odbora, da revija pomaga k večanju znanja našega delovnega človeka.

Kakor smo že omenili, nekaterih člankov, kljub pomanjkanju, nismo in tudi v prihodnje ne bomo objavljali. S tem v zvezi bi želeli poudariti, kakšne strokovne članke želimo in kaj naj vsebujejo.

Strokovni članek, poslan našemu uredništvu, je lahko iz področja metalurgije, strojništva, elektrotehnike, kemije ali gradbene stroke; torej iz vseh glavnih vej tehnike. Snov, ki jo obravnava je lahko

vsak tehnični problem, ki se nanaša na jeklarsko industrijo. Pri tem želimo, da obravnavate probleme konkretno, torej tako, da jih ne samo nakažete, ampak prikažete ali predlagate njih rešitev v praksi. Članki naj ne obravnavajo več problemov istočasno, ker lahko to privede do enciklopedičnega naštevavanja, do opisa konkretnega delovnega postopka ali na drugi strani, do suhega teoretiziranja. Pri tem pa ni rečeno, da ne bi smeli uporabljati tiste teoretične dokumentacije, ki je bila potrebna za dokaz ali celo rešitev problema. — Želimo torej, da bo obravnavana teorija v tesni povezavi s praktičnim problemom.

Namen te revije ni, objavljati prevode iz tuje literature. Nismo proti temu, da avtor članka citira posamezne zanimive ugotovitve iz tuje literature; ne moremo pa objavljati v celoti prevedenih člankov, ki so včasih prevedeni še zelo slabo. Menimo, da morajo tehnični prevodi dobiti mesto v strokovni knjižnici.

Nadalje bi želeli opozoriti naše dopisnike na pojem tehnične vrednosti članka. Včasih dobivamo članke, ki strokovno niso dognani in ki kažejo, da si o njihovi vsebini niso na jasnem niti avtorji sami. Le-tem moramo odgovoriti, da naj ne pišejo o stvareh, ki jim niso poznane.

Članki naj bodo pisani stvarno in jedrnat; avtorji naj posebno pazijo na to, da ne bodo dolgovezni. Slog naj bo razumljiv, tehnični nivo pa primeren tehniku. V tej zvezi moramo omeniti, da v dveh letih obstoja naše revije uredniški odbor ni prejel niti enega članka, ki bi bil na previsokem tehničnem nivoju.

Končno se boste vprašali, o čem naj pišete. O problemih, ki ste jih sami ali skupno z drugimi soodelavci rešili ter z namenom, da boste o tem obvestili tudi ostale strokovnjake in člane našega kolektiva. V takem primeru uredniški odbor ne bo imel pomislekov glede objave vašega dela. Le članek, ki bo predstavljal plod dela posameznika ali skupine strokovnjakov, bo izpolnil osnovni namen, ki ga hočemo doseči z našo tehnično revijo.

Uredniški odbor

Intenziviranje plamena z dodatkom kisika v SM pečeh

V okviru programa poizkusov o splošni uvedbi kisika v proizvodnji SM jekla smo v juliju in avgustu 1959 izvedli prvo serijo poizkusov, ki so obsegali teoretično in praktično rešitev direktnega dodajanja kisika v talino. Zaradi omejene količine razpoložljivega kisika lastne kisikarne smo drugo serijo poizkusov dodatka kisika v zgorevni zrak (intenziviranje plamena) preložili na kasnejši čas.

V februarju 1960 smo ustvarili rezervo kisika v količini cca 5000 m³, kar naj bi po podatkih poizkusov, izvršenih v različnih jeklah Rusije, Anglije in Amerike zadoščalo za praktično izvedbo intenziviranja plamena pri treh 50-tonskih šaržah.

Splošne prednosti intenziviranja plamena so v povečanju toplotnega učinka, skrajšanju talilnega časa, delnem skrajšanju rafinacijskega časa in znižanju porabe goriva; metalurške prednosti so podane za ugodnejšimi pogoji za razžveplanje, večjo žilavilno hitrostjo, možnostjo večje porabe goriva v času zakladanja, oz. taljenja zaradi zmanjšanja količine dimnih plinov; proces sam je brez razvijanja gostega rjavega dima (kar je stalna pojava pri direktnem dodatku kisika v talino), vzdržnost oboke se zniža od 3 – 5 %. Proces sam ne predstavlja nikake dodatne fizične obremenitve delavca, ker kisik dodajamo avtomatično s sistemom preklapljanja splošne kurjave dotične peči (ročno ali avtomatično).

Teoretična analiza intenziviranja plamena:

Čeprav ideja, da nudi gorivo pri zgorevanju v kisiku ali v obogatenem zraku bolj vroč in močnejši plamen, ni nova, je zamisel uporabe kisika v zgorevne svrhe postala dejstvo šele z razvojem Linde-Franklovega procesa pridobivanja kisika leta 1930, s katerim so uspeli proizvajati kisik po relativno nizki ceni. Do leta 1939 se je vrstilo nekaj manjših poskusov v Nemčiji, Franciji, Rusiji, med vojno pa so se tega vprašanja lotili v izredno velikem obsegu zaradi nujnih potreb po večji proizvodnji jekla. Ekonomika proizvodnje jekla z dodatkom kisika, oz. obogatenega zraka s kisikom, je tako vidna, da predstavlja danes kisik v velikem številu jeklarn normalno metalurško surovino, in povečanje storitve ter zmanjšanje porabe goriva krijeta še tako visoke stroške kisika.

Teoretično je prednost uporabe kisika za obogatenje zgorevnega zraka v ekvivalentnem zmanjšanju dušika, ki kroži po peči. Pri regenerativnem sistemu kurjenja je kisik, potreben za zgorevanje, vezan na cca 4-kratno količino dušika, ki se mora segreti in končno neizkoriščen z visoko temperaturo zapusti delovni prostor peči skupno z dimnimi plini. Reduciranje dela dušika zaradi večjega dodatka kisika v zgorevni zrak zmanjšuje toplotno vsebnost dimnih plinov, znižuje temperaturo dimnih plinov in povzroča toplotni učinek SM peči.

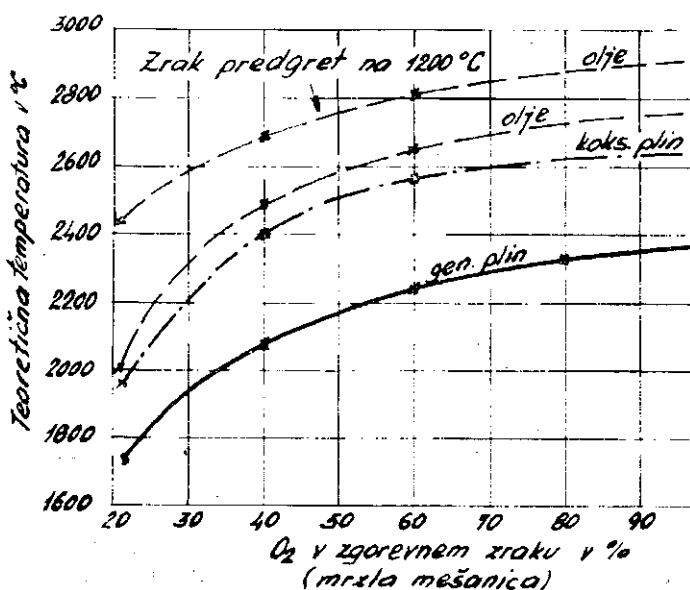
Kisik sam ne prinaša sistemu toplote, vendar nudi goriva pri zgorevnih reakcijah, ob navzočnosti manjše količine dušika, plamen višje temperature.

Za pravilno razumevanje učinka kisika na temperaturo plamena je potrebno omeniti načelno mehaniko prenosa toplote plamena na vložek v SM peči. Prenos toplote delimo v glavnem na konvekcijo in izžarevanje. Razdelitev skupnega prenosa toplote med omenjenima načinoma je negotova; teoretično odpade 90 % prenosa toplote v času zakladanja in dela taljenja na konvekcijo, kar je praktično potrjeno z dejstvom, da nudi n. pr. kokosarniški plin, katerega izžarevanje je zaradi nizke svetlosti plamena neznatno, izredno kratke talilne čase. V času rafinacije pa igra zelo veliko vlogo prenos toplote po izžarevanju. Pripominjam pa, da sta oba načina prenosa toplote direktno proporcionalna funkciji temperature plamena, ta pa je odvisna od dodatka kisika v zgorevni zrak, od tipa gorilca, količine goriva, kvalitete goriva, razpr-

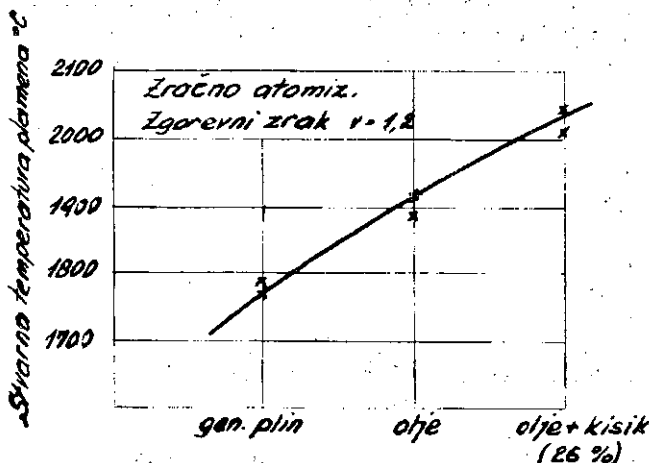
ševalnega sredstva tekočega goriva (zrak, para) in drugih faktorjev.

Temperatura plamena:

Na splošno nudi zgorevanje s kisikom višjo temperaturo, kar pa je odvisno od kvalitete goriva: nizko vredna plinasta goriva (viskopsopni plin, goner. plin) nudijo pri povišanju kisika v zraku nižje povišanje temperature v absolutnem smislu, visoko-vredna goriva, katera vsebujejo veliko koncentracijo ogljika (kokosarniški plin, olje itd.) pa nudijo pri dodatku kisika izredno visoke temperature. Predvsem je treba poudariti vpliv predgretja zgorevnega zraka; pri olju dobimo z mrzlo mešanico kisik – zrak, pri cca 40 % kisika v zraku, teoretično temperaturo cca 2450°C. S predgretim zrakom na 1200°C pa dobimo pri navadnem zraku temperaturo plamena, ki odgovarja mrzlemu zraku s cca 39 % kisika (gl. sl. 1).

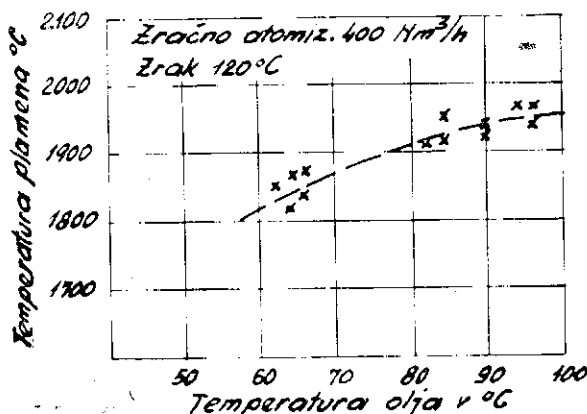


Sl. 1



Sl. 2

Z rastočim dodatkom kisika postaja relativno povišanje plamena nižje; na splošno moramo zaključiti, da nudi obogatitve zraka s kisikom do 50 % večji dvig temperature kot nadaljnje obogatitve zraka. V praksi beležimo mnogo nižje temperature plamena, pri efektni oljni kurjavi cca 1920°C z navadnim zrakom, pregretem na 1200°C. (sl. 2 in 3)

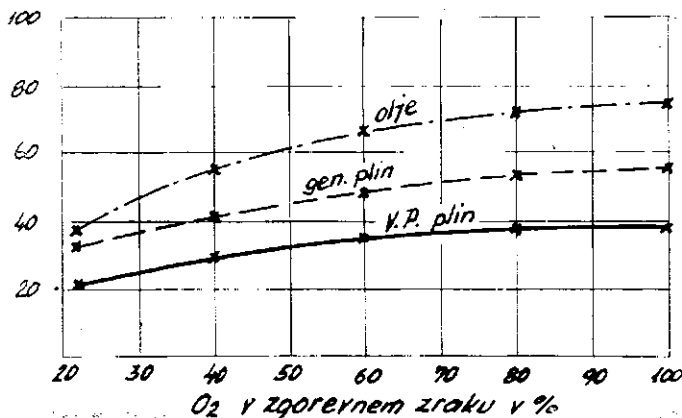


Sl. 3

Z zvišanjem temperature olja je stopnja razprševanja popolnejša, del nerazpršenega olja manjši, torej boljši izkoristek tekočega goriva; zgorevanje pravilno razpršenega olja je popolnejše, kar nudi višjo temperaturo plamena.

Toplotni učinek:

Pri visokovrednih C-gorivih raste toplotni učinek s povišanim dodatkom kisika do cca 55 % kisika v zraku, pri večjem obogatitvi pa ostane učinek skoraj konstanten. Pri kalorično manj vrednih gorivih je učinek mnogo nižji, vendar doseže pri kurjavi z gener. plinom do 50 %. Če pomislimo, da je toplotni učinek SM peči pri normalni kurjavi z gener. plinom cca 30 %, zasluži dejstvo izrednega povišanja toplotnega učinka pri dodatku kisika vso pozornost. (sl. 4)



Sl. 4

Pri nizkovrednih plinastih gorivih je povečanje toplotnega učinka s povišanjem dodatka kisika nižje od tekočih goriv zaradi dušika, kar povečuje količino dimnih plinov in znižuje toplotni učinek. Tudi pri 100 % obogatitvi zraka s kisikom pri teh gorivih ni mogoče doseči tistih toplotnih učinkov kot pri olju ali koksarniškem plinu.

Prenos toplote:

V naslednjem podajmo glavne smernice prenosa toplote, v kolikor vpliva nanje zgorevni zrak, obogaten s kisikom. Prenos skupne količine toplote v toku procesa se v času zakladanja in dela taljenja, dokler vložek ni prekrit s tekočo žilindro, izvaja po konvekciji, medtem ko od

te stopnje stanja vložka dalje poteka v glavnem po izžarivanju.

Prevodnost toplote predstavlja pri tekočinah malo vrednost, pri plinih pa jo lahko zanemarimo. Delno vlogo igra pri prenosu toplote skozi skorjo žilindre v notranjost taline. Višja temperatura plamena vsekakor zvišuje prevodnost toplote skozi žilindro, kar je lahko važno pri procesu izdelave jekla na bazi starega železa in velike količine tekočega grodja, kjer je količina žilindre zelo velika. Vendar ne predstavlja prevodnost toplote nikdar ozko grlo v celotnem sistemu prenosa toplote. Obogaten zrak s kisikom bo zaradi povišanja temperature plamena vplival pozitivno na prevodnost toplote, prav tako tudi na konvekcijo, ki predstavlja važen faktor v glavnem le takrat, kadar ima plamen določeno kinetično energijo zaradi nekega zunanega vpliva (ventilator) in ne zaradi temperaturnih razlik. Obogateni zrak povečuje direkten prenos toplote na vložek, kadar je količina dimnih plinov konstantna. Ta toplota je namreč direktno odvisna od količine zgorevnih produktov, ki strujajo skozi delovni prostor peči. Ker znižuje obogateni zrak količino dimnih plinov, lahko pride do zmanjšanja konveksijske toplote.

Cca 90 % prenosa skupne toplote med drugim delom taljenja in rafinacije izbaja od izžarivanja. Ker predstavlja ta toplota vsekakor tudi važen del pri zakladanju in taljenju, jo smatramo za najvažnejšo.

Skupna količina izžarevne toplote je sestavljena iz dela svetlečega in nesvetlečega plamena. Nesvetleče izžarivanje povzročata CO_2 in H_2O . Izžarivanje teh plinov je v vodnem delu spektra. O. Izžarivanje teh komponent je odvisno od temperature dimnih plinov in parcialnih pritiskov triatomskih komponent. Obogateni zrak povišuje temperaturo plamena, torej tudi disociacijo triatomskih molekul, kar teoretično znižuje nesvetleče izžarivanje, praktično pa je le ugotovljen pozitiven vpliv na nekoliko povečano nesvetleče izžarivanje.

Izžarivanje svetlečega plamena sledi enačbi:

$$Q = E \cdot s \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

E – emisivnost plamena (pri čemer kalkuliramo, da je notranjost peči črno telo)

s – Stefan Boltzmanova konstanta

T – absolutna temperatura plamena in vložka, oz. peči.

V smislu prave predstave o emisivnosti plamena dajem naslednje štiri karakteristične primere obnašanja plamena v SM peči:

1. E ostane konstanten v prvi 1/6 peči, se zniža na 0,1 v naslednji 1/6 dolžine peči in ostane 0,1 do izstopnega konca peči. Zgorevanje je popolno že v prvi 1/3 dolžine peči in nudi kratek plamen.

2. E ostane konstanten po vsej dolžini peči, zgorevni pogoji so isti kot pod 1.

3. E se spreminja kot pod 1, zgorevanje je po vsej dolžini peči počasnejše in končano pred izstopom iz delovnega prostora peči.

4. E ostane konstanten, zgorevni pogoji so isti kot pod 3.

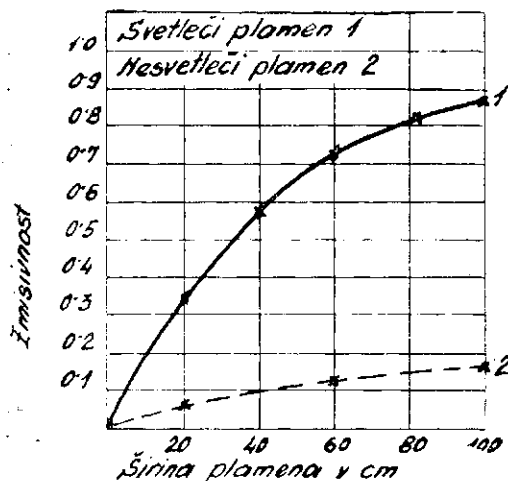
Za vse primere se postavlja širina plamena pri vstopu = 0 cm, pri izstopu pa = širina peči. Praksa zahteva za posamezne periode skupnega procesa v SM peči različno stanje plamena: za zakladanje bi bil najboljši plamen 4 s konstantno emisivnostjo in zgorevanjem po vsej dolžini delovnega prostora peči. Tak plamen nudi velik prenos izžarevne toplote, ki je vsekakor večji kot pri spreminjanju se emisivnosti in hitrem izžarivanju. Idealno bi bilo, imeti plamen s konstantno emisivnostjo in hitrim popolnim izžarivanjem, kar pa je možno doseči le takrat, če bi imelo gorivo veliko koncentracijo saj, ki po končanem izžarivanju goriva ostanejo še nekaj časa v peči. Saje, to so C-delci, ki nastanejo pri cepitvi visokomolekularnih CH_4 , se v struji plamena segrejejo na isto temperaturo in nato zgorejo. Ti fini delci žarijo kot trdna telesa z veliko intenziteto.

Goriva z veliko koncentracijo saj (ter, mazut, koksarniški plin z veliko količino benzola) imajo visoko emisivnost $E = 0,6 - 0,9$. Gener. plin s približno 20 gr tera na kub. meter ima povprečno emisivnost 0,2 do 0,25; zemeljski plin, navadni koksarniški plin brez benzola in metan

nimajo saj in je njihova emisivnost neznatna. Vse vrednosti emisivnosti so odvisne od širine plamena.

Emisivnost plamena se spreminja in je pri zelo svetlečih plamenih, n. pr. zrak – aceten, skoraj 1, pri plamenu zgorevanja H ali koksarniškega plina pa pride v poštev le nesvetleče izžarevanje.

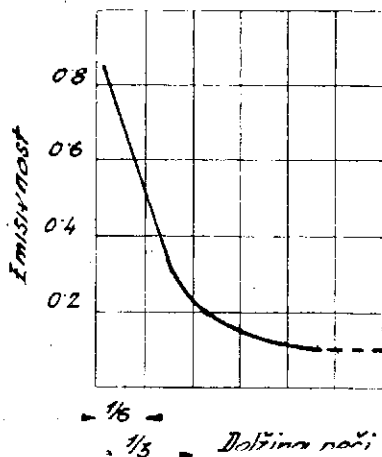
Med taljenjem bi bil najboljši plamen 2, t. j. konstantna emisivnost in hitro izgorevanje, vendar bi obstajala pri tem možnost prekoračenja dovoljene temperature oboka. Dejstvo je, da ne vpliva na skrajšanje talilnega časa previsoka temperatura oboka, temveč nasprotno, pravilna temperatura oboka povzroča naraščanje emisivnosti, znižuje količino goriva in krajša talilni čas. V praksi je tem zahtevam najbližji plamen 4.



Sl. 5

Za rafinacijo ni važna visoka emisivnost, temveč postopno zgorevanje, tako da tudi pri reducirani količini goriva ne pade temperatura plamena pod 1500°C preko cele površine kopeli.

V praksi zasledimo pri oljni kurjavi SM peči optimalno stvarne pogoje – pri spreminjajoči se emisivnosti – glede pravilne odvisnosti količine goriva od maksimalno dovoljene temperature oboka, v pogledu dolžine plamena in toplotnega efekta, pri plamenu 1 in 3, t. j. spreminjajoča se emisivnost in daljši plamen zaradi počasnejšega izgorevanja; širina plamena je pri tem enaka polovični širini peči izstopne strani. Slika 5 prikazuje konkretno obnašanje emisivnosti pri svetlečem se plamenu (vstopna stran peči) in nesvetlečem se plamenu (izstopna stran peči) v odvisnosti od širine plamena. Slika 6 prikazuje približno karakteristiko spreminjanja emisivnosti



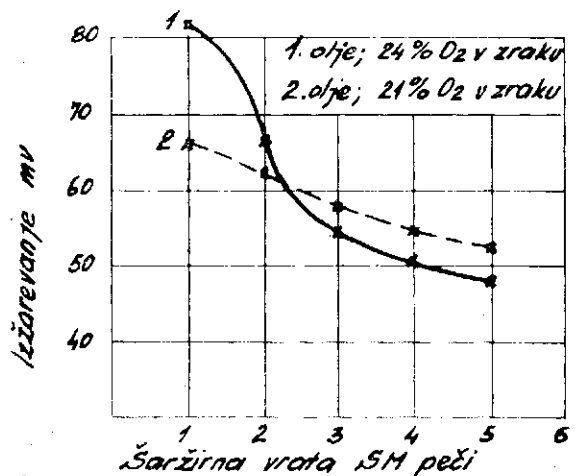
Sl. 6

vzdolž delovnega prostora peči kot jo v praksi zasledimo pri oljni kurjavi.

Najboljši način za povečanje toplotnega učinka je v povečanju emisivnosti plamena. Emisivnost se pri dodatku kisika v zgorevni zrak ne spreminja, odvisna pa je od svetlosti plamena. Svetlost plamena je direktno odvisna od velikosti in koncentracije C – delcev saj. Predgrejna temperatura olja in razprševalnega sredstva (zrak ali para) imata izredno velik vpliv na koncentracijo in velikost saj. Konkretno bo pri olju stopnja razprševanja višja in izkoristek goriva popolnejši pri višji temperaturi olja, množina C – delcev bo večja, njih velikost manjša, torej ugodnejši pogoji za zvišanje emisivnosti.

Pri boljšem razprševanju olja bo delež nezgorjenih oljnih kapljic manjši, manj bo sekundarnega zgorevanja v komorah in s tem je dana osnova za dobro vzdržljivost spodnjega ustroja.

Konkretni primer povečanja izžarevanja plamena zaradi dodatka kisika zgorevni zrak je prikazan v sl. 7. Izžarevanje plamena je blizu gorilca izredno veliko, nato pa pada proti izstopni strani peči. Tipično za obogateni zrak je dejstvo, da je izžarevna toplota na izhodni strani večkrat nižja od one pri zgorevanju z normalnim zrakom, kar pozitivno vpliva na povišanje toplotnega učinka. Zgorevanje sledi torej hitro, zavzema krajši prostor vzdolž peči, kar se odraža v kratkem plamenu. Učinek obogatene zraza na dolžino plamena je tako bistven, da spada ta vpliv med najvažnejše pozitivne faktorje dodatka kisika.



Sl. 7

Dolžina plamena:

Določitev vidnega dela plamena je na splošno odvisna od stonje mešanja goriva z zrakom, od količine goriva, razmerja zraka in goriva, gostote goriva in vstopne hitrosti goriva in zraka v peč. Vendar je možno ustvariti na podlagi meritev dolžine plamena empirični obrazec, ki odgovarja le za določeno gorivo in v katerem so zajete one vplivne komponente, ki določajo dolžino plamena. Za zgorevanje gener. plina brez dodatka kisika predlaga G. P. Ivancov sledeči obrazec:

$$L = b \left(\frac{1}{\frac{0.44}{q} \pm 0.02} \pm 0.24 q - 10.33 \right)$$

L dolžina plamena v metrih

b polmer hladilnih cevij plinskega gorilca v metrih

q količina dovodene toplote v 10⁶ cal/h

Cude predlaga za dolžino plamena sledeči obrazec:

$$L = \frac{k/l + r}{R} \frac{q \cdot s}{v}$$

- L dolžina plamena v ft
 k empirični koeficient (83 do 96)
 r teoretično razmerje zrak:gorivo za popolno zgorevanje
 R razmerje razprševalno sredstvo:gorivo
 q količina razprševalnega sredstva cuft/sek.
 s gostota razprševalnega sredstva na šoti gorilca lb/cuft
 v hitrost razprševalnega sredstva ft/sek.

Rezultati meritev pri naših poizkusih so dovolili sestavo empiričnega obrazca za dolžino plamena pri oljni kurjavi v odvisnosti od količine razprševalnega sredstva, količine goriva in dodatka kisika, kar bo obrazloženo v poglavju »Praktični poizkusi intenziviranja plamena s kisikom«. Ker je dolžina vidnega dela plamena odvisna od vrste vplivnih faktorjev in njihovega medsebojnega razmerja, moramo ravno na osnovi dolžine plamena določiti optimalne pogoje kurjave pri določenih pokazateljih in spreminjati njih vpliv tako, da bo vidni del plamena zadovoljiv. Prav na osnovi tega obrazca smo v stanju določiti vpliv kisika na dolžino plamena in potrebno povznanje goriva, da bo dolžina plamena ostala konstantna. Iz te zahteve izhaja vrsta zanimivih ugotovitev, ki jih pri praktičnem opisu poizkusov diagramsko prikazujemo.

S povečanjem dodatka kisika v zraku moremo pri konstantnem gorivu reducirati količino zgorevnega zraka, s tem pa zmanjšujemo količino dimnih plinov. To dejstvo lahko vpliva negativno na nezadostno segrevanje gredel.

Zvišanje dodatka kisika in ekvivalentno povečanje količine goriva pa more povzročiti preveliko toplotno obremenitev gredel. Zato se v praksi reducira zrak za cca 20-40 % one količine, ki je ekvivalentna dodatku kisika, gorivo pa se zniža za toliko, da je dovod toplote za spodnji ustroj zadovoljiv, upoštevajoč pri tem večji toplotni učinek, torej manjšo toplotno vsebnost dimnih plinov pri izhodu iz peči.

Čas dodatka kisika:

Največja potreba visokega prenosa toplote je v času zakladanja in taljenja. V tem času moremo pojačati intenziteto plamena s povečanjem goriva in dodatkom kisika, vse dokler ne dosežemo mejno temperaturo za dobro vzdržnost oboka, ki je pri silika kvaliteti cca 1650° C, za bazično opeko pa 1700° C (ferromagnezitni obok). Takojšnji dodatek kisika v začetku zakladanja ne prinaša povečanje storitve peči, povečuje pa specifično in skupno porabo kisika. Zato je priporočljivo, da z dodatkom kisika pričnemo šele potem, ko je polovica vložka založena.

Stopnja obogatitja zgorevnega zraka:

Obogatitje zraka s preko 35 Nm³/t ne prinaša povečanja storitve (gl. sl. 8).

Vzdržnost oboka:

Po podatkih nekaterih ameriških jeklarn (Bethlehem Steel Corp., Armco Steel Co., Inland Steel Co.) ostane vzdržnost oboka nespremenjena, če je osvojena pravilna praksa, predvsem v pogledu dolžine plamena in količine dimnih plinov. Zelo važen faktor je tudi smer strujanja goriva in kisika. Poizkusi v Angliji so dokazali, da se more pri bazični opeki oboka in visokovredni opeki gredel uporabljati specifični dodatek kisika do 29 Nm³/t brez posebnega kvarnega vpliva na vzdržnost oboka. Treba je pri tem postaviti kritično mejo dobre vzdržnosti oboka in ko je ta dosežena, prekinemo z dodatkom kisika.

Način dodajanja kisika:

Kisik moramo dodajati direktno v zgorevni zrak ali pa skozi ločni gorilec. Poizkusi direktnega dodatka v zrak, preden pride v komore, niso pokazali pozitivnih rezultatov niti v pogledu povišanja storitve niti v pogledu znižanja goriva, niti zadovoljivega izkoristka kisika. Zato je danes splošna trditev, da moremo pozitivne rezultate pričakovati le pri dodatku kisika skozi posebni gorilec, tako da se kisik pomeša z zgorevnim zrakom šele v delovnem prostoru peči.

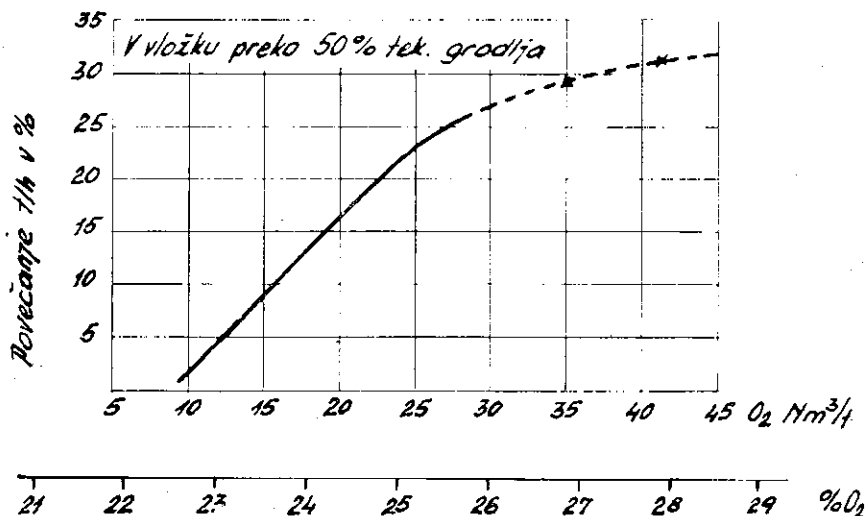
V sliki 9 prikazujemo vrsto gorilcev za oljno in kombinirano kurjavo pri dodatku kisika. Najenostavnejši gorilec je številka 6, ki je pokazal v praksi najmanj defektov in najboljšo zgorevne pogoje. Gorilec številka 7 je ruske konstrukcije in ga uporabljajo samo za kisik; ta gorilec je nameščen ločeno od oljnega gorilca in se mora smer strujanja kisika spreminjati.

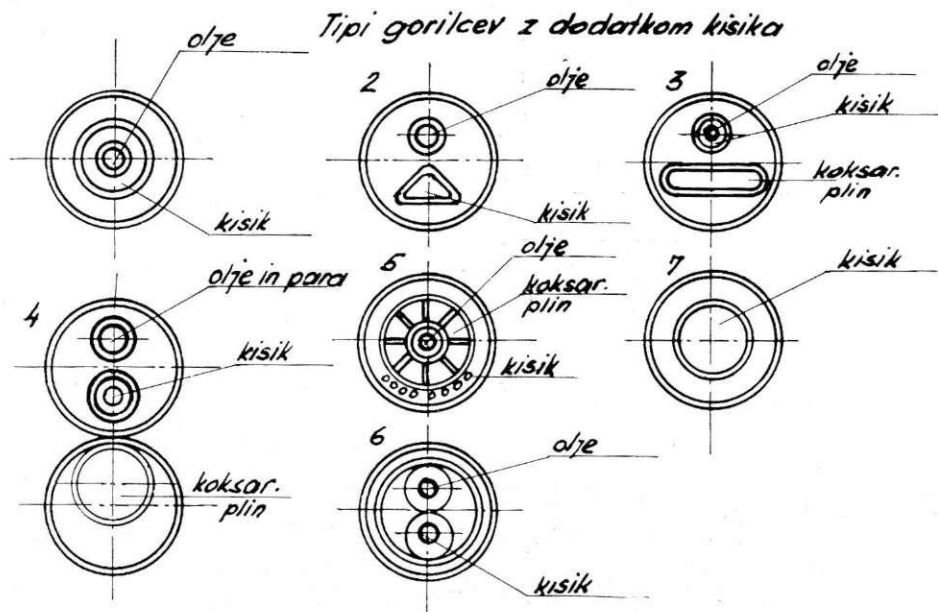
Načelno mora slediti dodatek kisika izpod olja, s čimer je v veliki meri preprečena prevelika toplotna obremenitev oboka. Smar kisikovega dodatka je običajno paralelna smeri oljnega gorilca, kar zboljšuje mešanje kisika z zrakom in gorivom in vsaj delno povzroča višje temperature na spodnji ploskvi plamena, torej bližje kopeli in ne proti oboku.

Kisik oddajamo na splošno z velikim pritiskom, to je z veliko izstopno hitrostjo, kar nudi boljše rezultate v pogledu povečanja storitve in znižanja porabe kisika. Konkretno so ugotovili v Carnegie — Illinois Steel Corp. porabo kisika 28 m³/t pri nizki izstopni hitrosti in 16 m³/t pri veliki izstopni hitrosti za povprečno enako storitev peči.

Splošna priporočila:

Obogatitje zraka s kisikom daje vsestranske produktivne in kvalitativne prednosti le tedaj, če dovoljujejo posamezne faze celotnega procesa hitro in nemoteno odvijanje potrebnega dela, torej če predstavlja SM peč samo ozko gnilo v proizvodnem ciklusu. Ta postopek zahteva





Sl. 9

hitro zakladanje in efektno pripravo livne jame brez zastojev.

Obstojajo celo predlogi za uvajanje posebnega zakladalnega stroja, ki bi mogel zakladati skozi več vrst istočasno oziroma s čim večjimi posodami, tako da tudi pri velikih proizvodnih enotah zakladalni čas ne bi prekoračil 1,5 – 2 ur. Zakladanje skozi obok ni bilo v tem smislu najefektniješe.

Z navedenim analiziranjem specifičnih obratovalnih pogojev intenziviranja plamena s kisikom so dane glavne teoretične in praktične smernice, katere smo skušali, kolikor so dopuščale možnosti, upoštevati pri praktičnih poizkusih dodatka kisika v zgorevni zrak na SM peči I.

Praktični poizkusi intenziviranja plamena s kisikom:

Specifični pokazatelji SM peči I pri obratovanju z normalnim zgorevnim zrakom:

Kapaciteta 45 t, površina kopeli 21 m², vlek peči 32 mm.
Proces: 50 % tek, grodelj, 48 % st. železo, 2 % Fe iz rude.
Kurjava: 680 kg olja/h, temperatura olja 85 – 90° C, atomiziranje z zrakom temperature 120° C, pritiskom 6 Atm, 400 Nm 3/h.

Oljni gorilec: konstrukcija Jesenice, kapaciteta do 850 kg/h.
Zgorevni zrak: 9000 Nm 3/h, v – 1,2, dodatek zraka z ventilatorjem, zrak predgret na 1100 – 1200° C.

Gredele: šamota

Obok: krommagnezit – Magnohrom

Prerez zračnih jaskov: 2 × 0, 72 × 0,6 m

Storitev: 5–5,2 t/h (šaržni čas+30 min. popr. dna)

Proizvodni program: mehka jekla (Kl 27, Dynamo, Bled)

Za praktično izvedbo intenziviranja plamena smo se odločili v principu za gorilec štev. 6, kjer izstopa kisik pod oljno šobo v paralelni smeri z oljem. Dimenzija cevi za dodatek kisika je bila preračunana za porabo kisika, ki naj bi predstavljal obogateni zrak na skupno vsebnost do približno 30 % kisika. Upoštevali smo izkušnje pozitivnejših rezultatov z večjo izstopno hitrostjo kisika in izbrali pritisk 5 – 7 atm pri šobi premera 17 mm. Ustje gorilca v dolžini 100 mm je bilo iz bakra, ostali del iz navadne črne cevi. Celotni kombinirani gorilec (sl. 10) je bil intenzivno hlajen z vodo. Kapaciteta kisikove cevi je približno 800 Nm 3/h, kar predstavlja pri 9000 Nm 3/zraka/h povprečno obogatitev do 28 % kisika.

S paralelnim strujenjem mešanice olja – zrak in kisika smo skušali ustvariti pogoje za doseg najvišje temperature na spodnji ploskvi plamena, medtem ko bi temperatura zgornje ploskve plamena ostala neizpremenjena. S tem bi bila dana možnost povečanja konvektivne toplote, obok pa bi bil izpostavljen isti toplotni obremenitvi kot pri zgorevanju z navadnim zrakom.

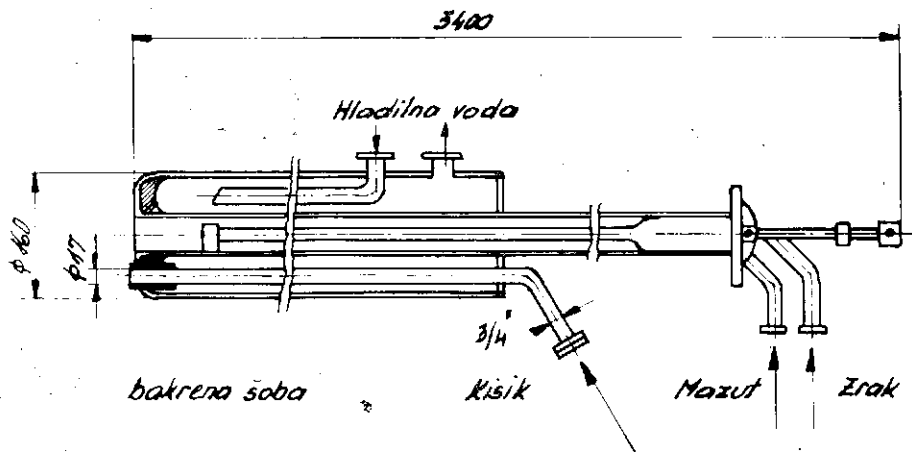
Pri šarži L 316 smo skušali ustvariti uporabne specifične pogoje v pogledu medsebojnih odnosov goriva, zraka, kisika, pritiska, smeri strujenja itd., torej vse one pogoje, ki vplivajo na vidni del plamena in temperaturo plamena.

Že pri prvi poizkusni šarži smo opazili izreden vpliv dodatnega kisika na dolžino in temperaturo plamena in kljub različnim spremembam pritiska kisika, količine in smeri niso mogli ustvariti delitev temperature na spodnjo in zgornjo ploskev plamena. Plamen je bil izredno kratek, temperatura enakomerna in v povprečju 80 – 100° C višja od temperature plamena pri zgorevanju z normalnim zrakom. Dolžino plamena smo spreminjali s količino kisika od 300 – 700 Nm 3/h in ugotovili, da je dodatek 700 Nm 3/h za zgorevne pogoje pri konstantni količini olja (680 kg/h) prevelik, ker je bila merjena dolžina plamena približno 3,5 m. Ta plamen bi bil z ozirom na obstoječo konstrukcijo peči prekratek, ker merijo plameni mostički na vsaki strani 1,2 m. Izkoristek tega plamena je bil praktično nezadovoljiv, kar smo videli po tem, da je bilo več kot pol peči v kratkem času ohlajene pod dovoljeno temperaturo.

Pri 500 Nm 3/h, (kar predstavlja v skupni količini zraka in kisika približno 25 % O₂), je bila dolžina plamena približno 4,2 m, kar je dalo slutiti boljše praktične rezultate v prenosu toplote, hitrosti taljenja ter izkoristka kisika na celotnem procesu.

Kljub spreminjanju toplotnega režima v vseh vplivnih faktorjih je znašal talilni čas 2,5 h, skupni čas zakladanja in taljenja 3,75 h, rafinacija pa 2,25 h. Skupni šaržni čas je bil 6 h. Šarža je raztalila z 0,74 % C, 0,07 % S, 0,2 % Mn. Izdelali smo kvaliteto KL 27 z 0,032 % S, 0,33 odstotka Mn.

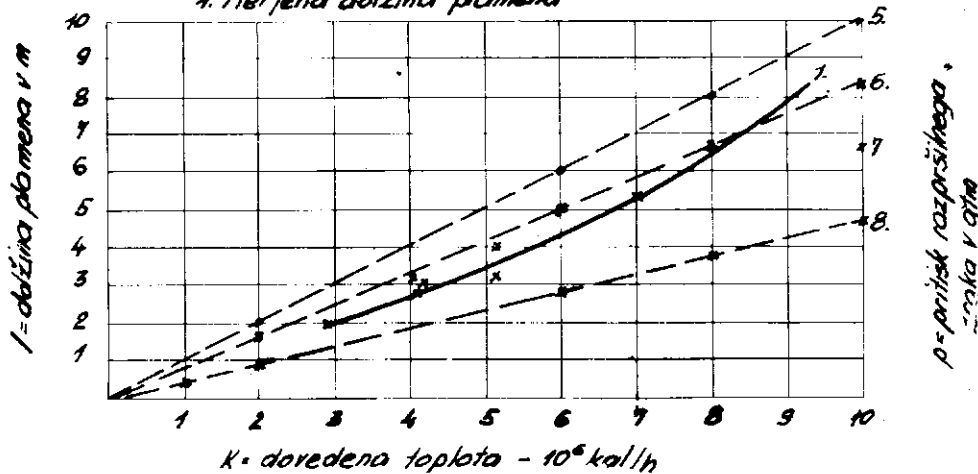
Na osnovi praktičnih pokazateljev smo sestavili empirično formulo za dolžino plamena oljnega goriva, atomiziranega z zrakom, določenega pritiska in za dodatek kisika, katera nudi dovolj natančno orientacijo v pogledu vpliva posameznih faktorjev na dolžino plamena:



Sl. 10

$$l = \left[\left(10 + \frac{K}{2,5} + 0,24 \cdot K - 10 \right) \cdot \frac{7,8}{p} \right] / m$$

1. Merjena dolžina plamena



Sl. 11

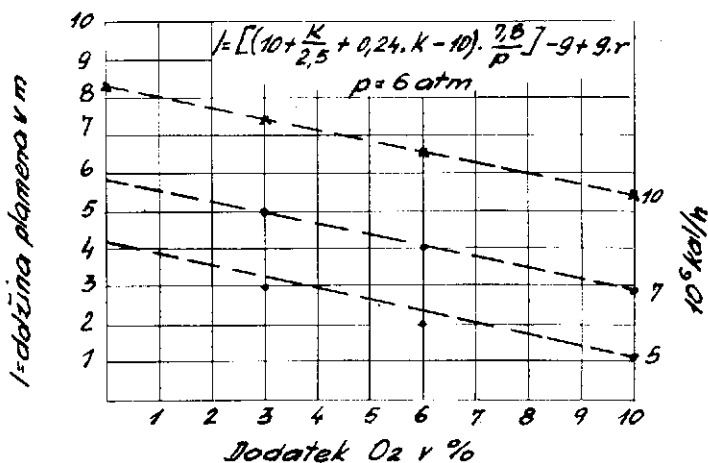
$$L = \left[\left(10 + \frac{K}{2,5} + 0,24 \cdot K - 10 \right) \times \frac{7,8}{p} \right] - 9 + 9r$$

- L - dolžina plamena v metrih
 K - količina dovodne toplote v 10^6 cal/h
 P - pritisk razprševalnega zraka
 r - razmerje O_2 v normalnem zraku (O_2 v obogatenem zraku %)

Obrazec ustreza stvarni vidni dolžini plamena pri prerezu oljne šobe 5,5 mm in tipu jeseniškega oljnega gorilca. V sliki 11 so prikazane odvisnosti dolžine plamena od količine toplote pri različnih pritiskih razprševalnega zraka.

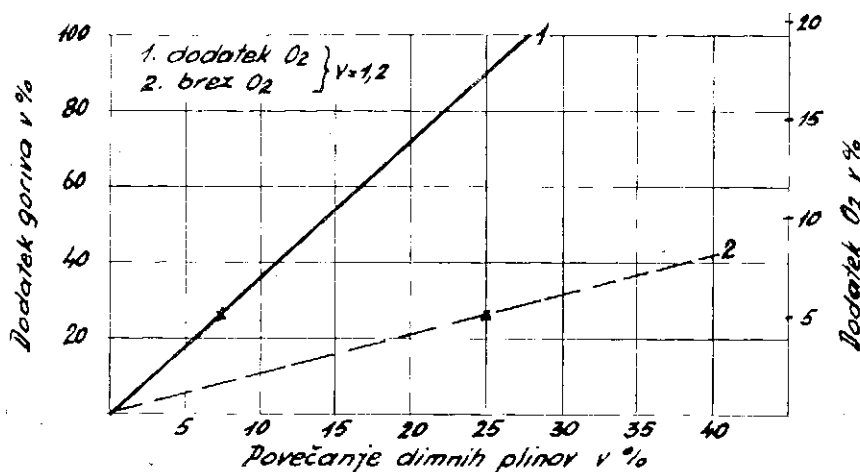
Stvarna izmerjena dolžina plamena zadovoljivo ustreza izračunanim vrednostim. Povprečni pritisk razprševalnega zraka skrajšuje vidni del plamena, povečana količina goriva ga podaljšuje. Dodatek kisika krajša plamen, kot sledi iz empirične formule, kar je prikazano v sliki 12 za določeno toplotno količino in pri določenem pritisku razprševalnega zraka.

Omenjeni diagrami dovoljujejo zadovoljive zaključke o medsebojnem odnosu in vplivu posameznih faktorjev, ki jih moramo upoštevati pri intenziviranju plamena, tembolj, ker je od povprečne količine goriva, ki rezultira iz dodatka kisika, direktno odvisna dolžina in od nje



Sl. 12

celotni toplotni ciklus izkoristka toplote. Zato je nujno določiti še odvisnost količine dimnih plinov od dodatka kisika oziroma dodatka goriva, kar je prikazano v sliki 13.



Sl. 13

Iz navedene odvisnosti zaključujemo, da se s povečanim dodatkom kisika in sicer normalne pogoje razmerja zrak: gorivo, količina dimnih plinov na splošno malo poveča v primerjavi s povečanjem količine, ki nastane pri isti porabi goriva, vendar brez dodatka kisika.

Pri dodatku kisika okoli 5 odstotkov se povečajo dimni plini za približno 7 odstotkov, kar načelno ne zahteva posebnih rekonstrukcij peči v pogledu prereza odvočnih jaškov ali potrebe po povečanem vleku. Vsaka konstrukcija peči ustreza, oziroma mora ustrezati povečani količini goriva za okoli 10 odstotkov, kar nudi pri zgorevanju z normalnim zrakom okoli 30 odstotkov povečano količino dimnih plinov. Pri dodatku kisika do 10 odstotkov, kar dovoljuje povečani dodatek goriva za okoli 50 odstotkov, se poveča količina dimnih plinov za okoli 15 odstotkov in to ustreza približno normalnemu zgorevanju pri dodatku goriva za okoli 15 odstotkov. Z uporabo kisika za obogatitve zraka do okoli 28 odstotkov smo torej v stanju doseči pozitivne rezultate pri praktično obstoječi konstrukciji peči. S tem pa je dana smernica za maksimalno možno toplotno obremenitev obstoječe peči pri dodatku kisika.

Pri dodatku kisika do 5 odstotkov imamo okoli 7 odstotkov več dimnih plinov, kar za izkoničanje pravičnega efekta dovolj dimenzioniranega spodnjega ustroja ne predstavlja prevelike toplotne obremenitve, predvsem še, če upoštevamo dejstvo, da je prenos toplote dimnih plinov na izstopni strani nižji od pogojev pri zgorevanju z normalnim zrakom (slika 7).

S pomočjo diagramov na slikah 11, 12 in 13 smo si za naš poizkus izbrali optimalne pogoje, ki rezultirajo iz omenjenih ugotovitev in sicer: pri normalnem zračnem zgorevanju ($6,8 \times 10^6$ cal/h) v času zakladanja in prvega dela taljenja je dolžina plamena okoli 5,8 m (pritisk razprševalnega zraka 6 atm.). Z dodatkom kisika v količini 5 do 6 odstotkov se skrajša vidna dolžina plamena na okoli 4 m, t. j. za 1,8 m. Če hočemo obdržati isto dolžino vidnega dela plamena, kar je za pravilni prenos toplote in karakteristiko emisivnosti v peči nujno potrebno, moramo dodati omo količino goriva, ki podaljšuje plamen za 1,8 m, t. j. 180 kg olja na uro ali okoli 26 odstotkov.

Pri dodatku 5 do 6 odstotkov kisika in povečanju goriva za okoli 26 odstotkov bomo imeli torej isto vidno dolžino plamena kot pri normalnem zgorevanju. Delno reduciranje zraka pa nam pri istem dodatku kisika in goriva nudi isto količino dimnih plinov. Reduciranje zraka, ne da bi pri tem povečali gorivo, ne nudi na splošno pozitivnih efektov, ker se poveča izkoristek toplote v delovnem prostoru peči in je dohod toplote za gredle nezadosten. Konkretno v Rheinrohrenwerk dodatek kisika za 9 odstotkov ni nudil zaželenih uspehov pri konstantnem gorivu. Šele povečanje goriva, tako da je ostala količina dimnih plinov enaka, je rodilo uspeh. Dodatek kisika je sledil med zakladanjem

in taljenjem, dokler ni bila dosežena temperatura bazičnega oboka 1700°C ; pri tem pa je skrajšal šaržni čas za okoli 2 uri, dodatek kisika se je znižal za 6 odstotkov.

Pri naslednji šarži L 319 smo postavili po naših ugotovitvah optimalne pogoje zgorevanja, in sicer:

pritisk razprševalnega zraka 6 atm,
količina dodatnega kisika $700 \text{ Nm}^3/\text{h}$,
količina goriva povečana za okoli 20 odstotkov, to je 800 kg/h .

Z dodatkom kisika smo pričeli takoj na začetku zakladanja in prenehali z njim tik pred prvim vzorcem na začetku rafinacije. Skupni čas zakladanja in taljenja je trajal 4,25 ure, talilni čas 2,5 ure, šarža se je raztalila z 0,04 odstotka C, 0,1 odstotka Mn, 0,056 odstotka S. Šarža se je raztalila premehtko, kljub razmeroma kratkemu času taljenja in kljub temu, da smo založili v vložek 49 odstotkov grodija in 150 kg koksa za povišanje ogljika v vložni bilanci. Z oziroma na ugotovitve povečane žilavilne hitrosti pri intenziviranem plamenu smo računali v vložni bilanci ogljik na 1,87 odstotka, kar naj bi nudilo v prvem vzorcu okoli 0,8 do 0,9 odstotka C (pri normalnem zgorevanju bi imel prvi vzorec okoli 1,2 odstotka C). Zeleni izhodni ogljik v prvem vzorcu rafinacije naj bi dovoljeval pri povečani žilavilni hitrosti 0,4 do 0,5 odstotka C na uro rafinacijski čas okoli 2 ure. Dejstvo, da se je šarža mehko raztalila, potrjuje izredno povečanje oksidacijskega efekta plamena in da slutiti preveliko količino dodanega kisika.

Meritve temperature oboka med taljenjem so pokazale naslednje rezultate: ob koncu zakladanja 1500 do 1520°C , ob koncu taljenja 1655°C , kar smo smatrali za mejno temperaturo naših obokov in smo dodatek kisika ustavili. Rafinacijo smo izvedli brez težav glede gretja šarže. Pozitiven efekt dodatka kisika je bil v kratkem talilnem času za tako nizko ogljik v prvem vzorcu v hitrem dvigu temperature oboka, v zadovoljivem zagretju mehko raztaljene šarže, saj smo v 2,5 urnem rafinacijskem času izdelali mehko kvaliteto s pravilno temperaturo. S se je znižal od 0,056 odstotka na 0,019 odstotka, FeO je bil na začetku rafinacije 19 odstotkov, v končnem vzorcu pa 13,3 odstotka.

Poraba kisika je bila $4,15 \text{ ur} \times 600 \text{ Nm}^3/\text{h} = 2490 \text{ Nm}^3$, ali $55 \text{ Nm}^3/\text{t}$, kar predstavlja preveliko porabo.

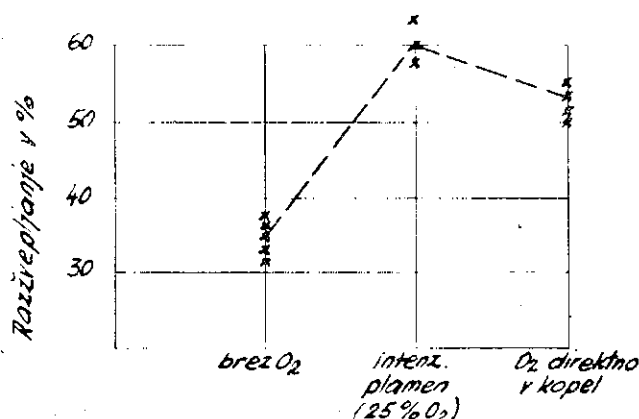
Za začetno šaržo L 323 smo računali ogljik v vložni bilanci na 2,3 odstotka, dodatek kisika smo reducirali na $500 \text{ Nm}^3/\text{h}$, kar ustreza obogatitvi zraka z okoli 25 odstotkov kisika. Z dodatkom kisika smo pričeli šele po dokončanem zakladanju prve polovice vložka, t. j. po preteku pol ure. Dodatek goriva zaradi povečanega dodatka kisika je znašal okoli 780 kg na uro.

Talilni in zakladalni čas sta bila skupno 3 in pol ure, čas dodatka kisika 3 ure. Skupna poraba kisika je znašala 1500 Nm^3 , ali $33 \text{ Nm}^3/\text{t}$, kar spada v povprečje porabe drugih jeklarn.

Oglik v prvem vzorcu rafinacije je znašal 1,2 odstotka C, kar je bilo sicer previsoko za izdelavo mehke kvalitete, vendar je žilavilna hitrost med rafinacijo pokazala, da moramo računati z večjim odgorkom ogljika, kot smo ga pri drugi šarži kalkulirali. V prvem vzorcu je bilo 0,13 odstotka Mn in 0,062 odstotka S ter 5,2 odstotka FeO. V času dveh ur se je oglik brez dodatka rade znižal od 1,2 na 0,1 odstotka in v končni analizi je imela izdelana kvaliteta KI. 27 ogljika 0,09 odstotka, žvepla 0,026 odstotka, fosforja 0,01 odstotka. Žilavilna hitrost je torej znašala 0,56 odstotka C na uro. Ker je bila temperatura oboka ob koncu taljenja 1640°C, smo ustavili dodatek kisika in rafinacijo izvedli pod normalnimi pogoji; od 0,26 odstotka C navzdol smo uporabili dve cevi za direktni dodatek kisika v talino v količini okoli 60 Nm³. FeO v končnem vzorcu je bil 12,8 odstotka.

Metalurške prednosti:

Teoretična žilavilna hitrost pri FeO je 5,2 odstotka, C₁ je 1,2 odstotka, C₂ je 0,09 odstotka, temperaturi jekla 1570°C znaša 0,01 odstotka C/min, ali 0,6 odstotka C/h. Pri normalnih zgorevnih pogojih bi bil FeO okoli 3 do 4 odstotka, in žilavilna hitrost 0,29 odstotka C na uro. Žilavilna hitrost se zaradi dodatka kisika poveča za okoli 2 odstotka, končni FeO pa je neodvisen od načina zgorevanja. Celotni šaržni čas tretje šarže L 323 je bil 5 in pol ure, talilni čas 2 uri. Pri omenjeni žilavilni hitrosti bi potrebovali v prvem vzorcu rafinacije okoli 0,9 odstotka C, pri rafinacijskem času 1 in pol ure. Iz bilance moromo zaključiti, da je v času taljenja okoli 15 do 20 odstotkov večji odgorek C kot pri navadnem zgorevanju, kar zahteva v vložku okoli 53 do 54 odstotkov grodlja, oziroma ekvivalentni dodatek koksa. Kljub ustavitvi dodatka kisika ob koncu taljenja imamo med rafinacijo mnogo metalurške prednosti pred navadnim zgorevanjem, ki se kažejo v hitrejšem žilavenju, torej boljšem izkuhavanju taline, hitrejšem dvigu temperature šarže, ki znaša končno 45 do 50 stopinj Celzija na uri in ugodnejših pogojih razžvepljanja, ki dovoljujejo večji dodatek apna pri pravilni baziciteti žilindre (slika 14).

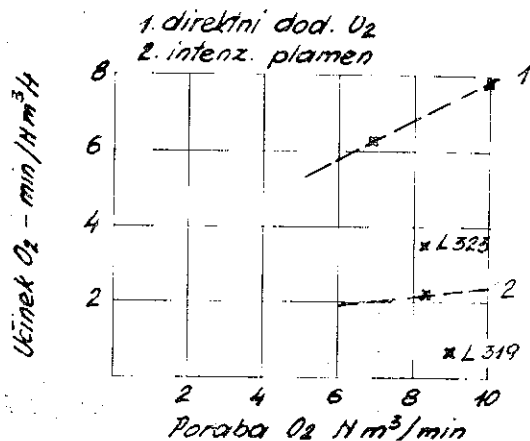


Sl. 14

Iz primerjave je razvidno, da je razžvepljanje pri intenziviranem plamenu in pri direktnem dodatku kisika v talino praktično enako, kar je vsekakor velika prednost nasproti zgorevnim pogojem z normalnim zrakom.

Učinek kisika:

Če obdržimo za ugotavljanje učinka kisika skrajšanje šaržnega časa v minutah nasproti Nm³ kisika/t v odvisnosti od porabe kisika/min, dobimo za naša konkretna primera pri šarži L 319 učinek kisika 0,81 min./Nm³/t, pri šarži L 323 pa 2,7 min./Nm³/t. Če primerjamo ta rezultat z literaturo, kjer beležijo pri 25 odstotkih kisika v zraku 2 min./Nm³/t, pri 30 odstotkih O₂ v zraku pa 2,5 min./Nm³/t skrajšanje časa, potem je naš rezultat vsekakor pozitiven.



Sl. 15

Primerjava učinka kisika med direktnim uvajanjem kisika v talino in intenziviranim plamenom je prikazana v sliki 15.

Učinek kisika glede skrajšanja časa na splošno je pri direktnem dodajanju kisika večji, vendar moremo s tem vplivati le na rafinacijski čas; intenzivirani plamen pa vpliva s praktično isto specifično količino na skrajšanje talilnega in rafinacijskega časa.

Dvig storilnosti:

Pri pravihni praksi intenziviranja plamena nastopa višja proizvodnja SM peči (slika 16). Vrednosti se zelo spreminjajo, kar potrjuje že nakazano dejstvo, da je rezultat intenziviranja odvisen od mnogih faktorjev, ki jih moremo zelo različno reševati. Doseženi rezultati pri šarži L 323 ustrezajo povprečnim uspehom v dvigu proizvodnje.

Konkretno je bila šarža L 323 izdelana v času 5,5 ure. Če dodamo še 0,5 ure rednega čiščenja dna, potem znaša storitev 42 t : 6 ur = 7 t na uro.

Pri zgorevanju brez dodatka kisika znaša šaržni čas pri isti kvaliteti okoli 7 ur, oziroma 7,5 ure s popravilom dna. Storitve v tem primeru je 5,6 t na uro.

Povišanje storitve zaradi dodatka kisika okoli 5 odstotkov (v zraku 25 do 26 odstotkov) znaša 25 odstotkov skrajšanje šaržnega časa pa 20 odstotkov.

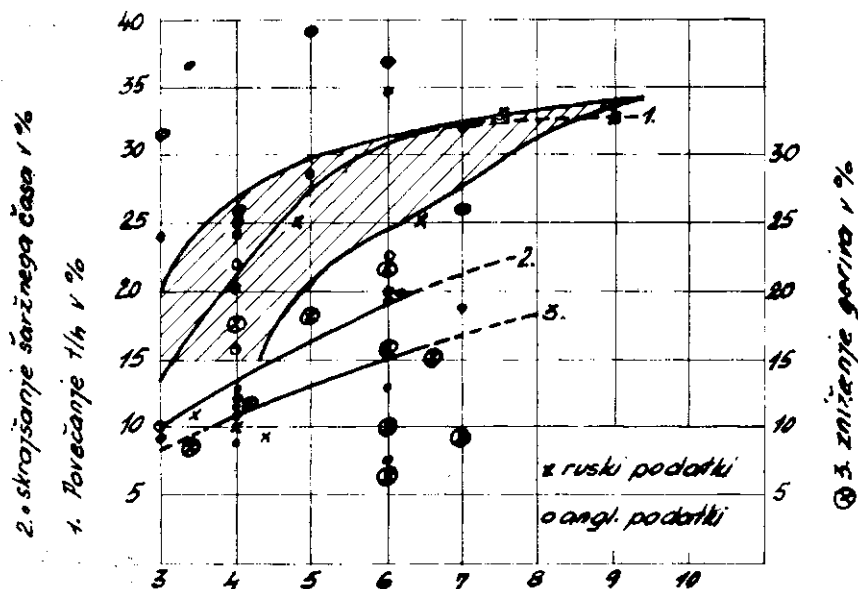
Prihranek na gorivu:

Pri navadnem zgorevanju potrebujemo v času zakladanja do 700 kg olja na uro, v času taljenja ostane ta količina konstantna, nakar se zniža na povprečno 500 kg na uro. Povprečna poraba (računan čisti šaržni čas in 30 minut popravila dna) znaša torej 115 kg/t. Pri kurjavi z dodatkom kisika smo povišali količino goriva na okoli 780 kg na uro in povprečna poraba je bila 99,5 kg olja/t, torej prihranek na gorivu okoli 14 odstotkov. Po rezultatih, doseženih z direktnim dodatkom kisika v talino, je bil prihranek na gorivu okoli 7 odstotkov. Ruski jeklarji so z intenziviranim plamenom in direktnim dodatkom kisika v talino prihranili na gorivu okoli 15 odstotkov.

Vzdržnost oboka:

Praktični vpliv na vzdržnost oboka ne moremo podati, vendar smo misljenja, da pri osvojeni praksi, ki kaže vse prednosti dodatka kisika v drugem delu zakladanja in v talilni periodi dokler ni dosežena mejna temperatura oboka (1650°C), nimamo večje toplotne obremenitve oboka, kot pri zgorevanju z navadnim zrakom. Zaradi tega moremo pričakovati le neznatno poslabšanje vzdržnosti 3 do 5 odstotkov.

Praktične zaključke naših poizkusov moremo združiti s splošnimi ugotovitvami, ki so najbolj zadovoljive pri okoli 15 do 20 odstotnem povečanju proizvodnje, pri čemer se more količina goriva povečati v času dodatka kisika za okoli 15 do 20 odstotkov pri izdatni kapaciteti gredel, sicer pa se zrak reducira toliko, da ostane količina dimnih plinov konstantna. Priporoča se dodatek kisika 4 do 6 odstotkov, kar ustreza specifični porabi kisika 25 do 35 Nm³/t.



Slika 16

Povzetek:

Poizkuse intenziviranja plamena s kisikom smo izvedli z namenom, da si ustvarimo za prakso uporabljive specifične pokazatelje, s katerimi bomo mogli forsirati proizvodnjo do onih količin, ki jih zahteva perspektivni plan. Poizkuse smo morali omejiti z ozirom na razpoložljivo količino kisika, vendar ugotavljamo, da smo si z navedenimi maloštevilnimi poizkusi vendarle ustvarili temeljne pogoje za praktično delo. Čim bomo imeli na razpolago ponovno količino kisika, bomo s podobnimi poizkusi nadaljevali.

Čeprav izkazuje direktni dodatek kisika v talino (okoli 8 Nm³/t) pozitivne faktorje v pogledu učinka kisika, skrajšanja rafinacijskega časa, dviga proizvodnje, prihranka na gorivu in boljših metalurških pogojev izdelave šarže, spremlja ta proces izredno razvijanje gostega rjavega dima, kar znižuje vzdržnost oboka, sten, gredel, obremenjuje okolico in predstavlja za delavca dodaten fizični napor. Mehanizacija dodatka kisika pri uporabi okoli 50 odstotkov grodlja v vložku ni na mestu, ker sta poraba kisika in čas dodatka kratka. Z intenziviranim plamenom pa smo v stanju pri specifični porabi kisika do 35 Nm³/t, kar ustreza približno 25 do 27 odstotkom kisika v obogatenu zraku, doseči večjo proizvodnost, večji prihranek na gorivu, enake metalurške pogoje v pogledu razžvepljenja, pravilno toplotno obremenitev gornjega in spodnjega

ustroja peči; vse te prednosti ne zahtevajo dodatnega fizičnega napora delavca, proces sam pa poteka brez gostega rjavega dima.

Poizkusi nazorno prikazujejo medsebojne odvisnosti posameznih vplivnih faktorjev na toplotne razmere SM peči in dovoljujejo zasledovanje onih komponent, ki so za prakso pravilnega intenziviranja plamena odločujoče.

Poudarjam pa, da bo treba za pravilno intenziviranje plamena pri plinski kurjavi ponoviti vse poizkuse, ker vplivajo navedeni faktorji v drugem razmerju kot pri oljni kurjavi.

LITERATURA

- I. H. Chesters: The Influence of port design on O. H. Furnace flames, special reports.
- M. W. Thring: Heat transfer in furnace chamber, Iron and Steel, March 1960, vol. 33, N. 3.
- W. Heiligenstaedt: Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen.
- Nova proizvodnja: 6-1959.
- I. P. Bardin: Anwendung von O₂ bei der Stahlherstellung.
- Oxygen in Iron and Steel making - 1956.
- Stahl und Eisen: Das Frischen mit O₂ im SM-Stahlwerken - zvezek 7, 1960.
- Praktični poizkusi v martinarni Želzarne Jesenice.

Ing. Feliks Bešter

DK 536.53

Meritve temperature jekla v talilnih pečeh s pomakalnimi termoelementi

1. Osnove meritev s termoelementi

Temperatura je pri proizvodnji in predelavi jekla in tudi drugih kovin eden izmed važnih faktorjev, ki vplivajo na metalurške procese in s tem določajo lastnosti gotovega proizvoda. Prvi poizkusi, da bi obratovalno merili temperature jekla, so bili že pred tridesetimi leti, pri čemer so uporabljali tako sevalni kot tudi pomakalni pirometer. Končno je prevladala in se uveljavila meritev s pomakalnimi termoelementi kot boljša. Glede točnosti tempera-

turnih meritev v talilnih pečeh zahteve niso nedosegljive, če sodimo, da znaša razlika med prevročim in prehladnim jeklom $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Termoelementi, katerih merilna napaka pri visokih temperaturah znaša komaj 1°C , so dragoceni pripomočki za merjenje temperatur do 2000°C .

Termoelektrična napetost in termoelementi

Termoelementi so po videzu neka vrsta električnih kontaktov. Dve kovinski žici iz različnih mate-

rialov (kraka) sta na enem koncu zvarjeni ali tesno pritrjeni druga k drugi, na drugem koncu pa sta prosti. Torej gre za stalen most med dvema krajiščema električne poti. Zvarjeni del segrevamo, konca krakov pa pustimo hladna. Med hladnima koncema nastane neka potencialna razlika, odvisna od temperature stikališča krakov in pa temperature hladnih koncev. Segrevanje zvarjenega dela pa z električnim stikom ni povezano. Termoelektrična napetost nastaja namreč v krakih in ne v stikališčih, ki omogočajo le odjem te napetosti s krakov. Vse, kar se dogaja v termoelementu, pojasnjujeta Kelvinov in Seebeckov efekt, ki sta v tem, da se na različno toplih koncih nekega vodnika pojavi tem večja električna napetost, čim večja je njuna razlika v temperaturi in čim ugodnejši je material vodnika. To, da žice različnih materialov dajejo pri isti temperaturni razliki med krajišči različno velike napetosti, nam omogoča izkoriščati termoelektrično napetost.

Termoelektrična napetost kakega termoelementa je torej odvisna (skoraj sorazmerna) od razlike temperature med zvarom in hladnima krajema. Hladna kraja imenujemo primerjalno mesto. Višina temperature primerjalnega mesta je manj važna kot pa njegova konstantna temperatura. Standardne (referenčne) temperature primerjalnega mesta so 0°C , 20°C in 50°C . — Stalno temperaturo primerjalnega mesta držimo s termostati ali pa spremembe temperature popravljamo z določenimi stiki.

Ker je primerjalno mesto običajno oddaljeno od točke, katere temperaturo merimo, bi rabili zelo dolg termoelement, kar bi bilo mnogo predrago, po drugi strani pa tudi zaradi mehanskih ozirov ne bi bilo vedno primerno. Z vodom za podaljšanje (kompenzacijskim vodom) podaljšamo termoelement tako, da nam za določeno temperaturno razliko med zvarom termoelementa in koncem voda za podaljšanje (ki je običajno priključen na instrument ali na termostat) da enako termoelektrično napetost, kot bi jo dal cel termoelement enake dolžine. Vod za podaljšanje ima namreč enake termoelektrične lastnosti kot termoelement sam, seveda le do določene nižje temperature. Napravljen je iz zlitine cenejših kovin in je na tržišču običajno v obliki dvožilnega voda.

Če je konec voda za podaljšanje speljan v termostat, kjer se drži stalna temperatura, ali pa je speljan na kompenzacijski most, kjer se nihanje temperature električno popravlja, smemo dalje za priključek na instrument uporabljati bakren vod.

V tem primeru je temperatura priključnih sponk na instrumentu poljubna in ne vpliva na meritev. Če se pa primerjalno mesto nahaja na ali v instrumentu, se popravljane temperature vrši z ozirom na temperaturo instrumenta, in sicer na podobnem principu, na katerem deluje kompenzacijski most; potem je obvezna uporaba kompenzacijskega voda prav do priključnih sponk na (ali v) samem instrumentu.

Termoelementi, uporabni za meritev visokih temperatur

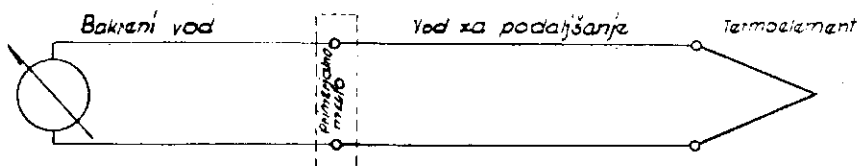
Za termoelement se postavlja zahteva, ki ji je pri visokih temperaturah težko ugoditi: krivulja termonapetosti v odvisnosti od temperature naj se čimdlje časa ohrani nespremenjena. — Odstopanja lahko nastajajo zaradi izločanja ene ali več komponent zlitine, iz katere je žica termoelementa. Platina na primer pri temperaturi 1700°C že začenja izparovati. Prav tako vplivajo na termonapetost tuji elementi, ki se vpijajo pri visokih temperaturah, pa tudi difundiranje komponent zlitine žic termoelementa preko zvara (vroče točke).

Primerni materiali za termoelemente, uporabne za meritev visokih temperatur, so drage kovine z visokim tališčem (oziroma zlitine iz njih), sami termoelementi pa morajo biti dobro zavarovani pred silicijevimi in ogljikovimi plini. Najugodnejši termomateriali so tisti iz platinove skupine, ki so precej zanesljivi, da je celo internacionalna temperaturna skala med 630 in 1063°C določena s termoelektrično napetostjo teh termoelementov. Nadalje pridejo v poštev kovine pete in šeste skupine periodičnega sistema. Tako so danes na tržišču v glavnem naslednji termoelementi za merjenje visokih temperatur:

Termoelement IRIDIJ — IRIDIJ + RODIJ

Sposoben je za meritev temperatur do 2000°C v oksidirni ali nevtralni atmosferi. — V reducirni atmosferi se kmalu pokvari. Termonapetostna krivulja poteka v območju uporabe skoraj linearno.

Termoelement IRIDIJ — VOLFRAM



Priključitev termoelementa na kazalni instrument
(primerjalno mesto je izven instrumenta)

Z njim moremo meriti temperaturo do 2300°C , vendar je pogoj zaščitna atmosfera (helij ali argon). V reducirni atmosferi se ga sicer sme kratkotrajno uporabljati, vendar se ga s tem kmalu pokvari. — Tudi ta termoelement ima skoraj linearno karakteristiko, odlikuje pa ga izredno velika termonapetost.

Termoelement VOLFRAM — VOLFRAM + RENDIJ

Ta vzdrži celo temperaturo 2800°C v nevtralni ali reducirni atmosferi. Termonapetostna krivulja tega termoelementa ni linearna in leži nekaj pod krivuljo iridij — volfram termoelementa. Območje uporabe je med 2000 in 2800°C , vendar je zaradi razmeroma velike termoelektrične napetosti uporaben tudi pri nižjih temperaturah.

Termoelement PLATINA — PLATINA + RODIJ

Ta termoelement je uporaben za stalno merjenje temperature do 1450°C in kratkotrajna merjenja do okrog 1600°C . — Proti drugim termoelementom je kemično in mehanično precej stabilen. Platinska žica pa vendar po določenem času uporabe postaja zaradi rekristalizacije grobo zrnata, kar ima za posledico slabšanje mehanskih lastnosti. Šele zadnje čase je uspelo z novimi postopki vplivati na strukturo platinske žice, tako da sta rekristalizacija in rast kristalov močno zavrti. — Kljub tej izboljšavi ostanejo termoelektrične lastnosti te žice nespremenjene in jo je zato mogoče uporabljati v paru z običajno platina + rodij žico. Življenjska doba termoelementa je s tem precej povečana (okrog 100-krat) v ceni pa je le neznatna razlika. Nova platinska žica (na tržišču je n. pr. pod imenom FIBRO) se priporoča predvsem tam, kjer se za termoelemente postavljajo velike zahteve, kot so meritve temperature s pomakanjem v talilnih pečeh, termoanalize in pa tam, kjer so termoelementi izpostavljeni vibracijam.

Ker je čista platina kot en krak termoelementa zelo »termoelektrično« občutljiva na vplive raznih tujih materialov, to se pravi, da se krivulja takega termoelementa lahko hitro spremeni oziroma premakne, se bolje uporablja namesto čiste platine

zlitina platina + rodij. Torej sta oba kraka iz različnih zlitin platine in rodija. Običajno je v enem kraku razmerje platine in rodija $70 : 30$, v drugem pa $94 : 6$, tak termoelement ima oznako Pt Rh 18, na tržišču pa EL 18. Karakteristika tega termoelementa je nad 1000°C sicer vzporedna karakteristiki termoelementa Pt — Pt + Rh (Le Chatelierjev termoelement), vendar leži precej nižje (EL 18 daje pri isti temperaturi manjšo termoelektrično napetost).

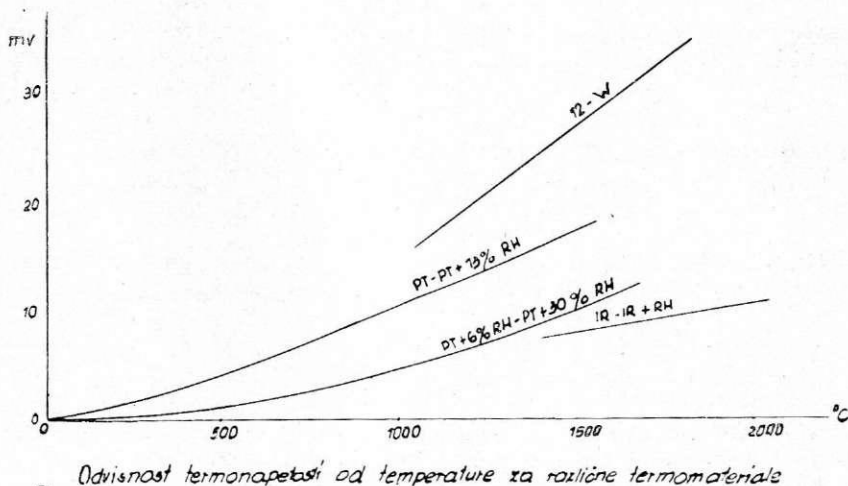
Na tržišču se dobi žica za Pt — Pt + Rh termoelement običajno premera $0,5\text{ mm}$. Pri naročilu pa je treba obvezno zahtevati še tabelo odvisnosti termonapetosti od temperature. Proizvodi različnih tvrdk se namreč kljub enaki oznaki razlikujejo v kvaliteti, zato se tudi karakteristike nekaj razlikujejo. Po taki tabeli (ali krivulji) je treba za vsak termomaterial pri spremembi dobavitelja ponovno umeriti kazalni instrument.

Poizkusi meritev visoke temperature s termoelementi iz neplemenitih kovin niso uspeli, ker so ti nezanesljivi in kažejo še celo vrsto drugih slabosti. Obnesel se tudi ni termoelement SILICIJEV KARBID — GRAFIT, ki ima 30-krat večjo termonapetost kot platinski, ima pa nestabilno karakteristiko.

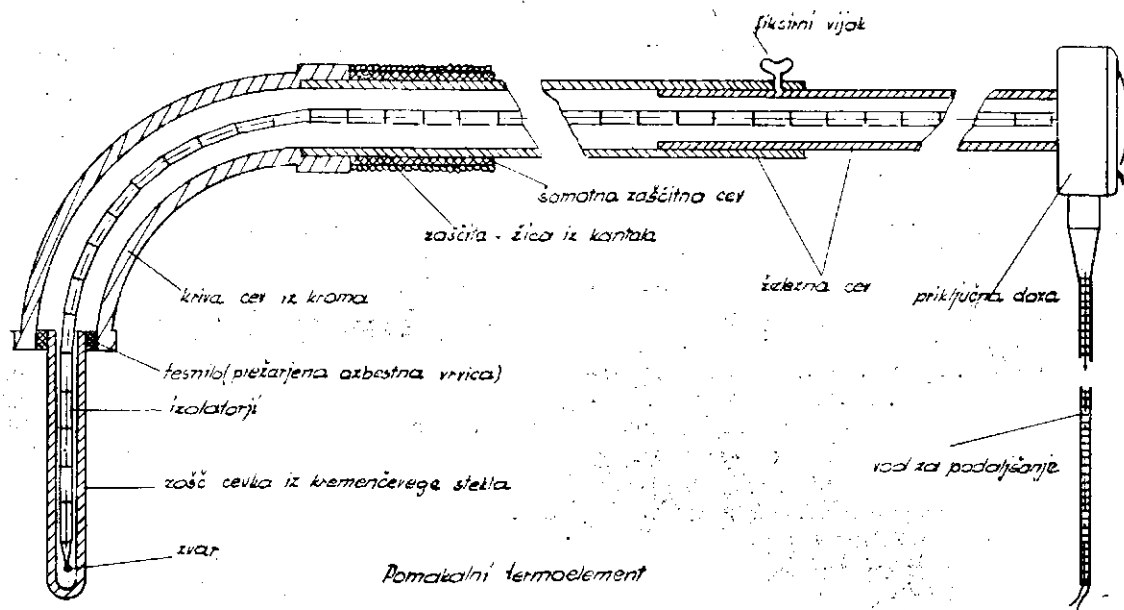
2. Pomakalni termoelement za meritev temperature jekla v talilnih pečeh

Termoelement je zaščiten s primerno kovinsko cevjo, ki služi obenem kot držalo. Delovni konec termoelementa (ponavadi kakih 8 cm), ki gleda iz kovinske cevi, pa je zaščiten s cevko iz kremenčevega stekla. Drugi konec termoelementa sega običajno do ročaja s priključno dozo. — Ker je treba zaradi staranja termo žic okrog vroče točke po določenem številu meritev termoelement skrajševati, je kovinska zaščitna cev izvedena v obliki teleskopa tako, da se del cevi ob ročaju lahko premakne in po potrebi fiksira (okrog 1 m hoda).

Pomakalni termoelement priključimo na kazalni instrument z vodom za podaljšanje (kompenzacijskim vodom), da s tem fiksiramo primerjalno temperaturo na temperaturo instrumenta samega, v ka-



Sl. 2



Sl. 3

terem se nato avtomatično vrši kompenzacija (z ozirom na nihanje temperature zraka). Če pa je primerjalno mesto priključna doza na ročaju pomakalnega termoelementa, je slednji priključen na kazalni instrument z običajnim bakrenim vodom. V tem primeru mora biti v priključno dozo vgrajen živosrebrni termometer, odčitke na instrumentu pa je treba korigirati pač odvisno od odstopanja temperature primerjalnega mesta od referenčne temperature.

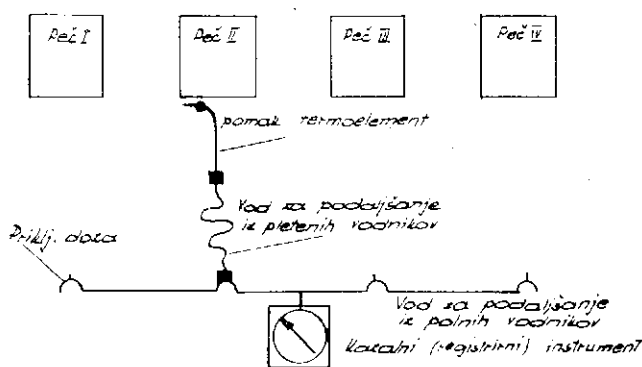
Primer:

Recimo, da niha temperatura v jeklarni, bodisi zaradi atmosferskih razmer ali pa zaradi razmer v obratu samem, v mejah $+19$ do $+38^{\circ}\text{C}$. Temperatura jekla v SM peči merimo s pomakalnim termoelementom Pt — Pt + 13 % Rh, pri čemer nam instrument, ki je naravnani na referenčno temperaturo 20°C , pokaže 1600°C . Termometer, ki kontrolira temperaturo primerjalnega mesta termoelementa (priključna doza), kaže pri meritvi 38°C . — Kolikšna je temperatura jekla? — Ker je referenčna temperatura nižja kot temperatura primerjalnega mesta, je resnična temperatura jekla večja od pokazane temperature na instrumentu. Po tabeli za Pt — Pt + 13 % Rh znaša med 20 in 38°C razlika termoelektričnih napetosti $0,109\text{ mV}$. Razlika termoelektričnih napetosti v intervalu 1600 do 1610°C znaša $0,0137\text{ mV}$ za 1°C . Za $0,109\text{ mV}$ bomo v omenjenem intervalu dobili za korekturo vrednost $0,109 : 0,0137 = 7,95^{\circ}\text{C}$. Resnična temperatura jekla je torej $1607,95^{\circ}\text{C}$.

Ni nujno, da žici termoelementa segala prav do priključne doze ob ročaju pomakalnega termoelementa. Zaradi precej visoke cene termomateriala lahko shajamo že z dolžino okrog dveh metrov, dalje (do priključne doze) pa si pomagamo z vodom za podaljšanje. — Če pa tak pomakalni termoelement uporabljamo za dve kmalu si sledeči meritvi tako,

da se zaščitna cev na mestu, kjer sta zvezana termoelement in vod za podaljšanje, nima časa ohladiti pod kakih 100 do 150°C , druga meritev ne bo več točna, ker se karakteristika termoelementa več ne sklada s karakteristiko voda za podaljšanje. Prav tako tudi prva meritev ne bo več točna, če sta žici termoelementa že tako kratki, da se mesto zveze termoelementa z vodom za podaljšanje preveč segreje.

V primeru, da služi za zvezo med termoelementom in instrumentom vod za podaljšanje in uporabljamo en instrument za meritve na več talilnih pečeh, bi bile zveze take, kot kaže slika. Temperaturo merimo n. pr. na peči 2.



Stik pri uporabi enega instrumenta za meritve Temp. več peči

Sl. 4

Od kazalnega instrumenta, vzporedno s talilnimi pečmi, imamo položen vod za podaljšanje (iz platinastih vodnikov). Na ta vod so napravljeni priključki s priključnimi dozami. Dozi pripada vtikač, nameščen na koncu gibljivega voda za podaljšanje (vod

iz pletenih vodnikov). Vtikač na začetku gibljivega voda pa pripada priključni dozi na ročaju pomakalnega termoelementa.

Kontakti vsake doze in vtikača naj bodo po možnosti iz enakega materiala kot istoimenska žica voda za podaljšanje, da se s tem verno podaljša termoelement do primerjalnega mesta v instrumentu. Uporabljati smemo tudi posebno izvedene priključne doze in vtikače, katerih kontakti niso napravljeni iz materiala istoimenskih žic voda za podaljšanje, ampak so iz običajnega materiala (iz bakra ali medenine). Pogoj za to je, da imajo priključki na puše in vtikače povsem enako temperaturo, to se pravi, da so oboji precej masivni in s tem dobro toplotno prevodni, prav tako mora biti zagotovljen dober prevod toplote med pušo in vtikačem. Iz teorije o termoelementih je namreč poznano, da vodnik iz poljubnega prevodnega materiala, vključen v tokokrog termoelementa, ne vnese spremembe, če sta le konca tega vodnika na isti temperaturi.

Kot že enkrat omenjeno, je treba zvar z nekaj žice termoelementa po določenem številu meritev zaradi staranja odrezati in napraviti nov zvar. Tako obnavljanje termoelementa se priporoča po izvršenih dvajsetih meritvah, po ruskih virih pa zadostuje obnavljanje po štiridesetih meritvah temperature v SM pečeh ali po osemdesetih meritvah v indukcijskih pečeh ali kokilah. Pri varjenju obeh termo žic je treba paziti, da ne pride do kakršnegakoli onečiščenja materiala, kar bi lahko že povzročilo znatno odstopanje karakteristike termoelementa. Posebno važno je, da ne prideta termo žici v stik z mastjo ali oljem, kar bi imelo za posledico nezanesljivost termoelementa. Pri električnem varjenju termo žic ni priporočljivo uporabljati grafitno elektrodo, niti ne elektrodo iz kateregakoli drugega materiala razen platine ali platine, legirane z rodijem.

Velik vpliv na stalnost termoelementa ima zaščitna cevka iz kremenčevega stekla, ki naj mehansko ščiti delovni konec termoelementa. Prav tako pa naj nudi zaščito pred kemičnimi vplivi tako, da ostane tudi pri najvišjih temperaturah termoelement zatesnjen pred plini. Stene cevke naj ne bodo debelejšje od 1 mm. Poizkus pokaže, da ni vseeno, kje v cevki je zvar termo žic nameščen. V primeru namestitve zvara v samo konično dno cevke, kjer je aksialna debelina stene več kot dvojna (pa tudi radialna debelina stene blizu dna je precej večja kot 1 mm), so bile odčitane temperature nekaj nižje kot v primeru namestitve zvara kakih 6 mm nad dnem. Pri tem igra tudi čas pomakanja določeno vlogo. Običajno traja meritev 10–20 sekund. S kratkimi časi pomakanja štedimo termoelement, pogoj za kratek čas pomakanja pa je dober prehod toplote iz taline na termoelement. Ker moramo računati na prehod toplote (povečini) s sevanjem, naj bo zaščitna cevka prozorna, menjamo jo pa najbolje za vsako meritev.

Važno je tudi, kakšen material uporabljamo za tesnjenje cevke iz kremenčevega stekla v kovinsko cev termoelementa. Cement in prežarjena azbestna

vrvica oddajata pri visokih temperaturah pline, ki kvarno vplivajo na stalnost termoelementa. Boljši tesnilni material je prežarjena »jeklena volna«.

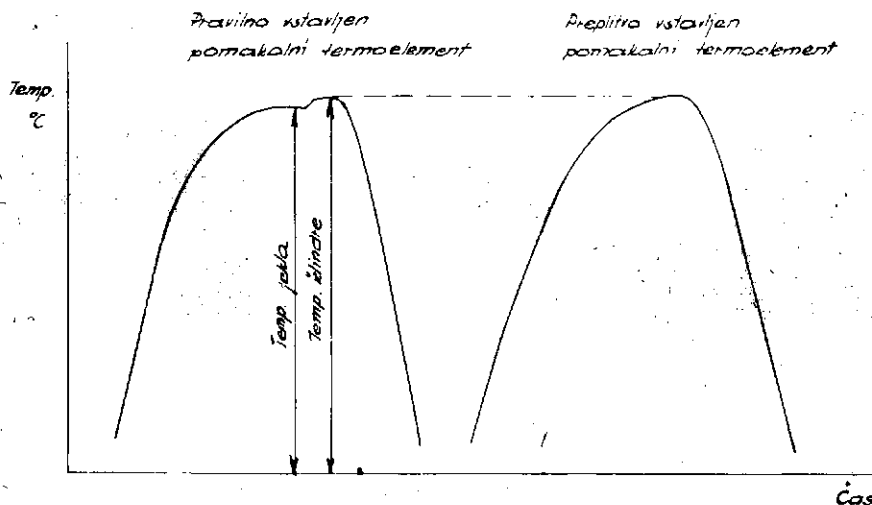
Žici termoelementa sta izolirani med seboj in proti kovinski cevi s posebnimi motnimi izolatorji iz kremenčevega stekla. Če uporabljamo kot izolirni material čisto, zoper ogenj obstojno glino, se življenjska doba termo žic 20-krat poveča v primerjavi z uporabo keramike, ki vsebuje silicijev dioksid. — Posebno se je bati materiala, ki bi lahko oddajal vodik. V vodikovi atmosferi pride po nekaj minutah žarjenja termoelementa do 10-krat večjega termoelektričnega odstopanja kot po 50-urnem žarjenju v zraku. Izolatorji, ki so nanizani prav do zvara obeh termo žic, pa služijo tudi kot zaščita proti raznim kemijskim vplivom. Če so motni, zadržujejo tudi toplotno sevanje in ščitijo termo žici tesno do zvara. Le v tem primeru zadostuje, da pri obnavljanju zvara odrežemo le nekaj milimetrov termo žic. Tudi nekatere zaščitne cevke iz kremenčevega stekla so iz tega razloga prozorne le blizu dna, medtem ko višje toplotno sevanje zadržujejo in s tem ščitijo termo žici nad zvarom.

Ameriška tvrdka Leeds-Northrup Co. je uvedla praktično novost, da uporabljajo za vsako meritev svež termoelement. Posebno merilno patrono (termoelement) za vsako meritev sproti nataknejo na konec kovinske zaščitne cevi, kar poenostavi vse priprave in odpravi merilno napako zaradi staranja termomateriala, seveda pa samo meritev precej podraži.

Kovinsko zaščitno cev, ki služi obenem kot držalo termoelementa, je treba zatesniti tudi ob ročaju, da ne more vanjo prah. Ta bi se usedel na in med izolacijske cevke in povzročal določeno prevodnost ter s tem vnašal napako v meritev. Prav tako je nevarna od znotraj zarjavela zaščitna cev termoelementa. Če nekaj časa pomakalnega termoelementa ne uporabljamo, se lahko nabere znotraj zaščitne cevi nekaj vlage, kar ima za posledico neko prevodnost med izoliranimi termo žicama ali pa še bolj nevarno galvansko napetost. Priporoča se, da se preko izolatorjev, nanizanih na termoelementu, navleče posebna prevleka iz steklenih vlaken.

Razen do sedaj omenjenih napak, do katerih lahko pride pri meritvi temperature taline, so močne še napake zaradi zunanjih vplivov in pa zaradi eventuelne nepoučenosti osebe, ki meri s pomakalnim termoelementom. Če teče vod k termoelementu blizu vodov za moč, lahko pride do znatnih induktivnih vplivov. Vod za podaljšanje naj bo zato po možnosti oklopljen, oklop pa dobro ozemljen. — Motnje povzročajo tudi napetostni sunki v omrežju ali pa eventualna večja potencialna razlika med talilno pečjo in ohišjem kazalnega instrumenta.

Pri meritvi temperature jekla v SM peči je treba paziti, da termoelement dovolj globoko potopimo. Delovni konec termoelementa mora prodrati tako globoko, da ni več čutiti vpliva temperature žilindre, ki je za nekaj deset stopinj višja od temperature



Krivulja temperature kot funkcija časa pomakanja

SL 5

jekla. Med žlindro in jeklom prehod temperature ni stopničast, pač pa zvezen, zato bo pri preplitvo vstavljenem termoelementu instrument registriral temperaturo, višjo od temperature večine jekla in krivulja temperature v odvisnosti od časa pomakanja ne bo imela dobro izraženega grebena.

Greben, ki se pojavi pri izvlačenju termoelementa, nam predstavlja temperaturo žilindre (zaradi ponavadi zelo kratkega časa prehoda termoelementa skozi žlindro je registrirana temperatura nekaj

manjša od resnične). Pri pregloboki potopitvi termoelementa (blizu dna) bo odčitana temperatura nekaj nižja. Če pa gledamo površino taline, bo temperatura največja sredi peči, malo nižja pa bliže stenam. Termoelement pomakajmo vedno na isto in dogovorjeno mesto. Znak za konec meritve (to je za izvlačenje termoelementa) pa dajmo, ko krivulja temperature v odvisnosti od pomakalnega časa preide v krožnico (pri uporabi okroglega diagram-papirja).

Inž. Miloš Gregorič

DK 628.54

Industrijske odplake

A. Splošni pregled

Vse odpadne vode oziroma industrijske odplake, kakor jih tudi imenujemo, vsebujejo često zelo velike količine raznih snovi, ki povzročajo nezaželene efekte v vodnem toku, v katerega se izlivajo. Te snovi, mineralne in organske učinkujejo bodisi direktno ali indirektno na vodno favno in floro. Direktni učinek je na primer zastrupljanje rib s cianidi, indirektni pa zniževanje koncentracije v vodi raztopljenega kisika.

Jasno je, da je koncentracija škodljivih snovi odvisna od količine vode, ki jo uporabimo v industrijskem procesu.

Koncentracija je tem manjša, čim večjo količino sveže vode potrebujemo za sam proces, ki pa bi postal neekonomičen, če količine vode ne bi navzgor omejili. Učinek odplak glede na ribištvo, na koncentracijo raztopljenega kisika v rekah in jezcih in na odlaganje nečistoč na ustjih vodotokov je lahko znaten, celo katastrofalen. Posebno neprijeten je primer, kjer se industrijske odplake izlivajo v vodo, ki je vir za domačo porabo. Tu je potrebno koncentracijo fiziološko škodljivih substanc reducirati do meje neškodljivosti. Nekatere substance učinkujejo že v zelo majhnih koncentracijah.

Fenoli v klorirani vodi za vodarne so na primer določeni s koncentracijo 1 na 10^{10} .

Od celotne količine suspenzij, ki so v odpadni vodi, se vseda nekako 75 % mineralnih in okrog 70 % organskih snovi in to predvsem grobe suspenzije, medtem ko se

fine suspenzije in koloidi vsedajo v zelo majhnem procentu. Za orientacijo naj navedem velikost raznih snovi, ki so prisotne v vodi. K grobi suspenziji štejemo delce v velikosti preko 10^{-3} mm, k fini suspenziji delce od 10^{-5} do 10^{-4} mm, koloidi 10^{-6} do 10^{-5} mm in bakterije 0,5 do 2 μ .

Prisotnost bakterij povzroča pretvorbo kompliciranih struktur organskih snovi v enostavne.

Količina suspenzije ne sme po izpustu prečiščene odplake porasti v vodotoku I. kategorije na 0,25 mg/l, v vodotoku II. kategorije 0,75 mg/l in v III. kategoriji 1,5 mg/l. (V I. kategorijo spadajo vodni toki, iz katerih črpamo vodo za pitje, preskrbo ali za napajanje velikih ribnikov, v II. kategorijo voda, ki jo uporabljamo za potrebe gospodinjstva, prehrabeno industrijo in ribnike, v III. kategorijo reke in potoki v naseljenih krajih, ki ne služijo za preskrbo s pitno vodo, ribnike itd., ampak za kopanje).

Vodotoki, v katere se izlivajo odplake, ne smejo imeti strupenega značaja (svinec, arzen, živo srebro itd.), ki bi škodljivo vplival na človeka ali živali (ribe), niti maščob v toliki meri, da bi tvorile na površini vode mreno. Vode I., II. in III. kategorije ne smejo imeti ne duha ne okusa po kloriranju oziroma sledu po kakršnihkoli kemičnih postopkih čiščenja.

B. Škodljivost industrijskih odplak za vodno favno in floro

Zaradi odplak trpe v glavnem morske ribe, posebno

tiste, ki žive ob ustjih rek, v katere se izlivajo odpadne vode najrazličnejših industrijskih obratov. Sladkovodne ribe spodnjih tokov, pa tudi postrvi in druge, se često zaletajo v stranske pritoke, kjer najdejo v hitro tekočih vodah boljše pogoje za življenje. Tudi losos in morska postrv prideta pri selitvah v stik z odpadkami, ki so lahko katastrofalne za njihov obstoj. Znano je na primer tudi to, da je neposredni efekt odplak zmanjšanje števila vrst nevretenčarjev v vodi.

Ribe poginejo, če koncentracija kisika v vodi pade pod neko določeno mejo, lahko tudi zaradi direktnega toksičnega učinka same strupene snovi, raztopljene v vodi ali pa zaradi enega in drugega. Primeri, da bi poginile samo zaradi pomanjkanja kisika, so redki in se zgodijo normalno samo takrat, kadar je količina kisika zmanjšana zaradi oksidacije snovi, katere pa same v koncentracijah, ki so običajno prisotne, nimajo toksičnega učinka.

Laboratorijski poskusi so pokazali, da ribe v vodi, v kateri je kisik reducirán z dušikom, žive in poginejo pri naslednjih pogojih:

Vrsta ribe	Izpostavljenost ur	Najvišja koncentracija, kjer vse ribe poginejo.		Najnižja koncentracija, kjer vse ribe prežive.	
		% nasičenosti z zrakov	10°C	% nasičenosti z zrakov	20°C
Sarenka	3,5	10,2	17,4	15,3	23,4
	84	11,4	25,7	16,7	28,8
	168		28,2		29,6
Ostriž	3,5	3,3	9,4	5,8	13,3
	84	3,8	11,0	9,3	13,7
	168	3,8	12,0	9,3	13,0
Rdečeca (črnovka)	3,5	2,0	5,1	3,2	12,0
	84	2,2	11,0	5,7	15,5
	168	3,0	13,2	5,7	15,5
Linj	8	0,6		1,8	
	84	1,3		3,1	
	168	1,6		3,1	

Iz tabele je razvidno, da je pri višjih temperaturah potrebna večja količina kisika. V splošnem pa velja, da se mora koncentracija strupa, ki jo riba še zdrži, zmanjševati z naraščanjem ekspozičije. Taki strupi so na primer amoniak, cianidi in fenoli. Cianidi na primer v koncentraciji 0,2 p. p. m CN pri 17°C ubijejo postrv v 12 minutah, v koncentraciji 0,1 p. p. m pa v 17 urah. Da doživi postrv 5 let, koncentracija CN ne sme preseči 0,023 p. p. m.

Fenoli ubijajo postrvi v 24 urah pri 6,5 p. p. m, medtem ko ioniziran amoniak ni toksičen, neioniziran pa že v zelo malih koncentracijah deluje smrtno. Vse postrvi so poginile v 14 dneh pri 0,63 p. p. m neioniziranega amoniaka, kar ustreza 175 p. p. m dušika pri pH 7 ali samo 6,14 p. p. m dušika pri pH 8,5. Prav tako učinkujejo na ribe tudi cianidi, ki se tvorijo pri pranju generatorskega plina z vodo.

Raztapljanje kisika v vodi je odvisno od velikosti vodne površine in turbulence, koncentracija pa od globine in temperature. Merilo, ki nam pokaže stopnjo onesnaženja vode z organskimi snovmi, je prav količina prostega kisika, ki pa se, kot že omenjeno, menja s temperaturo, hitrostjo toka, širino reke itd.

Tabela 2 nam kaže odvisnost količine kisika v vodi od temperature:

10°C	0	1	2	3	4	5	6
O ₂ mg/l	14,56	14,16	13,78	13,42	13,06	12,76	12,41
7	8	9	10	11	12	13	14
12,11	11,81	11,52	11,25	10,99	10,75	10,50	10,28

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10,06	9,85	9,65	9,45	9,26	9,09	8,90	8,73	8,58	8,42	8,25

Če so količine O₂ v rečni vodi manjše od navedenih v tabeli, je to znak, da je voda v večji ali manjši meri onesnažena.

Kakšna je odvisnost koncentracije kisika od globine vode, nam pokaže naslednji primer:

Če znasa na primer minimalna koncentracija vodnega toka v globini 30 cm 94% nasičenosti, je potem pri globini 9 m le 40%. Pri hitro tekočih vodah pa je padec koncentracije kisika mnogo manjši kot pri stoječih oziroma počasi tekočih vodah.

Tabela 3 prikazuje karakteristike vodotoka v odvisnosti od deficita kisika:

Karakteristika	Deficit O ₂ v mg/l
zelo čiste reke	0,1
čiste reke	2,0
razmeroma čiste vode	3,0
sumljive vode	5,0
onesnažene reke	skoraj ni kisika

Iz navedenega vidimo, kakšni faktorji vplivajo na količino kisika v vodi, ki je neobhodno potreben za ves vodni živelj in kje je iskati vzroke, da so naše rečne struge, v katere se izlivajo industrijske odplake, mrtve in prazne.

C. Čiščenje odplak

Imamo razne načine in postopke za čiščenje odplak, od katerih sta najvažnejša mehansko-kemični način in biološki način čiščenja.

Za čiščenje industrijskih odpadnih vod pride v poštev največ mehansko-kemični način, kjer se za vsedanje gošče kot koagulant uporabljajo železov sulfat, aluminijev sulfat, apno itd. Koagulant se meša z vodo v mešalcu in s tem se doseže bolj efektivno vsedanje oziroma izločanje delcev v posebnih bazenih-vsedalcih.

Delci, ki se vsedajo in tvorijo goščo, so kosmičasti ali pa zrnati. Kosmičast značaj imajo vsedline iz mestnih kanalizacij, tovarniške odplake pa so običajno zrnate. Vode, ki jih izpušča kovinska industrija, vsebujejo skoraj vedno razne baze ali kisline in mnogo suspenzij mineralnega porekla na primer kovinski prah, pesek, soli cinka, bakra, svineca itd.

1. Postopek mehansko-kemičnega čiščenja je naslednji:

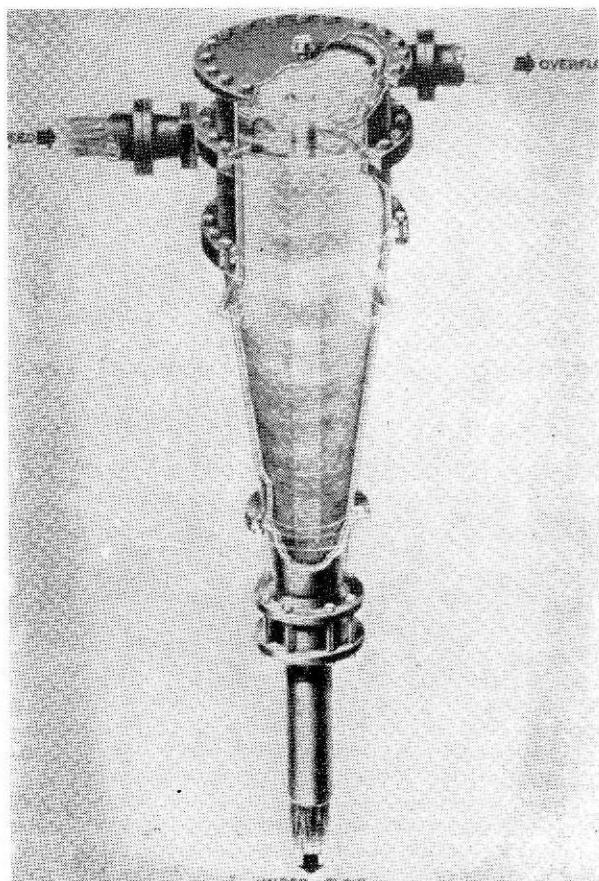
Voda vteka v akumulacijske bazene, kjer stoji 2 do 12 ur. Po končani pripravi in doziranju koagulanta (v glavnem apna) se ta meša z odpadno vodo in vrši se vsedanje, ki traja 2 do 4 ure. Usedla gošča se potem iz vsedalecev odstrani, suši in transportira na odlagališče.

V akumulacijskih bazenih oziroma vsedalcih gošče, se zadržijo največji del lebdečih snovi, ki se vsedajo na dno in tvorijo grez. Ta grez se po odstranitvi iz vsedalecev suši v vakuumu filtru, ki ga sestavlja dolg boben, kateri se počasi vrti okrog horizontalne osi. Ohišje filtra je kovinsko v obliki segmentov z močnimi stenami, zunanja površina filtra pa je prekrita preko žične mreže z močno, tanko klobučevino ali kako drugo filtrirno tkanino. Spodnja polovica filtra je potopljena v tekoče blato. Segmenti se izmenoma (avtomatsko) spajajo ali z vakuum črpalko ali s kompresorjem. Pri vrtenju bobna se v notranjosti segmentov, spuščanih v goščo, ustvarja vakuum, zaradi česar se ta lepi na tkanino in izgublja vodo. Pri nadaljnjem vrtenju se osušena gošča odstrani s sten s pomočjo komprimiranega zraka ali pare, katero spuščamo v ustrezni segment valja. Da je izločanje vode iz gošče čim bolj ефектно, dodajamo koagulant (največkrat FeCl₃), da večmo majhne koloidalne delce. Blato vsebuje po osušenju še približno 75% vode.

Pri transportu gošče iz vsedalecev so izkušnje pokazale, da je upor gošče pri velikih hitrostih v ceveh premera 200 manjši od upora pri pretoku vode.

Osnovna metoda oziroma začetni postopek čiščenja brozge od skraberja in elektro filtra je sedimentacija. — Obstajajo naprave, ki očistijo vodo v taki meri, da je uporabna za ponovni obtok. Blato oziroma goščo nato črpamo na haldo ali pa jo filtriramo v pogače, katere primešamo suhemu prahu v mlinu in nato porabimo za sinter ali pa kakšen drug uporaben material.

Filtracija je ugodna ne samo zato, ker dobimo prah nazaj, ampak je prihranek vode tisti, ki je še važnejši. V zadnjem času uporabljajo za čiščenje vode hidroci-klone. (Glej sliko).

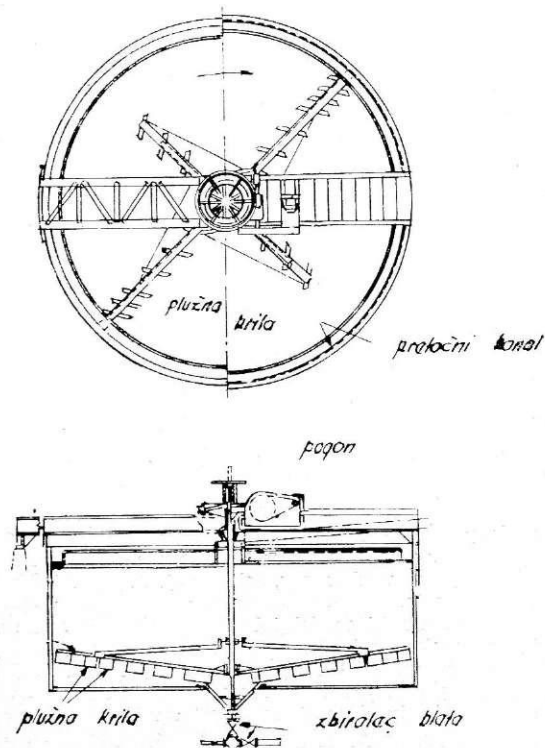


Čiščenje in vsedanje

Stara metoda čiščenja odpadkov iz plinskih čistilcev je vsedanje v bazenih. Ko se prvi bazen napolni, se odplake vodi v drugega, trdne snovi v prvem pa se očistijo z mehnično lopato. Sodobni vsedalci imajo obliko okrogle posode s centralnim mehanizmom, ki počasi vrti plužna krila, s katerimi potiska vsedlino proti sredi, od koder se odvaja gošča (slika 2). Vtok je v sredini, očiščena voda pa preteka po obodu bazena.

Količina vsedanja trdnih delcev določa minimalno površino čistilca. V primeru, da je odtočna vrednost nasproti vrednosti vsedanja prevelika, se trdni delci ne vsedajo, ampak odplavljajo z odtokajočo vodo. Ugotovljeno je, da odstranjevanje trdnih snovi iz suspenzije s kosmičenjem variira s kvadratom koncentracije trdnih snovi. Za neko zahtevano stopnjo čiščenja pri danem vtoku je seveda važna prostornina bazena in čas zadrževanja brozge v njem, stoodstotni efekt pa praktično ni nikdar dosežen.

Effekt čistilca je odvisen od premera in globine vsedalca, relativnih dimenzij, vrste strgala in fizikalne karakteristike brozge. Izkazalo se je, da se zmogljivost zadrževanja v bazenu zmanjšuje z večanjem premera vsedalca nasproti globokim bazenom manjših premerov. Odtok



Sl. 2

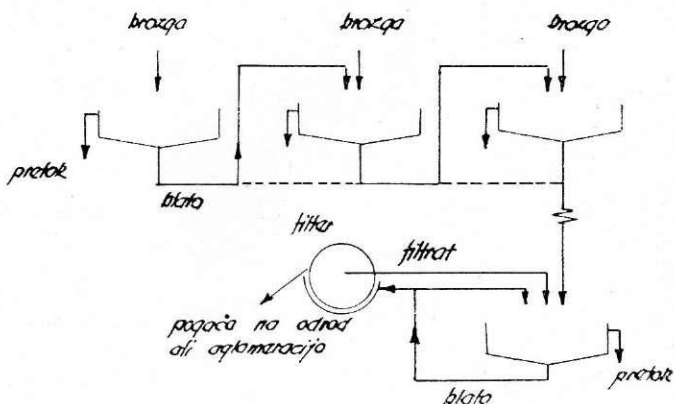
očiščene vode iz vsedalca ima še vedno nekaj nečistoč in sicer manj od 0,5 gr./l.

Klarifikulator je v bistvu vsedalec, ki ima v centru še napravo za kosmičenje. Nečisto vodo (brozga) dovajamo najprej v napravo za kosmičenje, v kateri posebna krila pod kontroliranimi pogoji spravijo delce med seboj v stik in povzročijo aglomeracijo. Na ta način dosežemo, da se količina prahu, ki se sicer težko vseda, dvakrat poveča pri isti površini vsedalca. Kemični dodatek kalcijevega ali natrijevega aluminata poveča kosmičenje, vodo dobro očisti, je pa zelo drag način.

Organsko kosmičenje s polielektroliti ima večji pomen, ker je cenejše od prejšnjega, vendar je ugotovljeno, da stroški sredstva v enem letu izravnavajo razliko med stroški vsedalca brez dodajanja in manjšim vsedalcem z dodajanjem.

Orientacijo oziroma izmere čistilca nam pokaže naslednji primer:

Plavž proizvaja dnevno 1000 ton železa in za to kapaciteto ima vsedalec 30 m premera in 4,5 m globine v sredini.



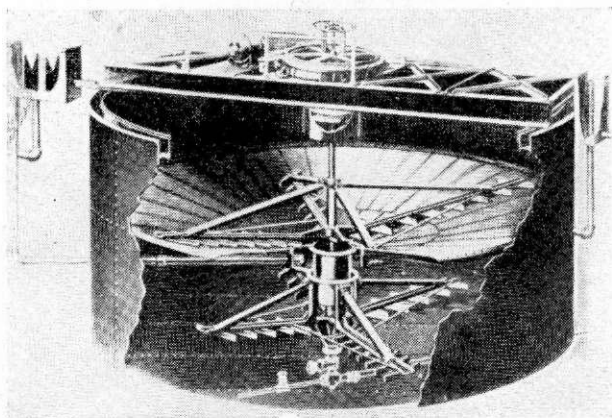
Sl. 3

Uspešno čiščenje dosežemo s kaskadnim sistemom. — (Slika 3).

Vrste vsedalcev

Najosnovnejši tip vsedalca je razviden iz slike 2. Mehanizem je nameščen na centralnem stolpu in grabljaste ročice se vrte tako, da se krila avtomatsko dvignejo v primeru preobremenitve zaradi prekomerne akumulacije trdnih snovi v bazenu. Pri velikih tovrstnih napravah imamo štiri ročice. Daljši dve čistita obodno površino dna, krajši pa bliže sredini.

Vlečni tip, kjer se ročica vleče po periferiji, uporabljajo le za velike vsedalice 45 m premera. Zanimiv je tip čistilca, ki ga uporabljajo tam, kjer je potrebna velika vsedalna površina, prostor pa je omejen. Naprava je sestavljena iz valjaste posode, ki je s pladnji razdeljena v nadstropja, ki tvorijo vsedalne oddelke. Vsak oddelek ima svoj lastni sistem ročic, ki jih nosi centralna — pogonska gred (slika 4).



Sl. 4

Klarifikulator je bil že opisan.

Vse omenjene naprave so grajene iz običajnih materialov in sicer mehanizmi iz jekla, bazeni pa iz jekla ali betona. Betonski bazeni so za velikosti preko 15 m premera znatno cenejši od jeklenih.

Vsedalec ne služi svojemu namenu, če vpušča v odvodnik še 0,5 gr/l plavžnega prahu.

Ravnanje z blatom (goščo)

Običajno odvajamo goščo iz vsedalcev s pomočjo membranskih črpalk v zbiralec gošče, od koder jo centrifugalne črpalke črpajo v filtracijsko napravo, v bazen ali vagone.

Recirkulacija gošče oziroma blata ima prednost tam, kjer obstaja filtracijska naprava, ki dovoljuje vsedanje v vsedalcu v periodi, v kateri je filter izključen.

Filtracija

Filtrirne naprave služijo za predelavo blata iz vsedalcev, ki vsebuje 30 do 50 utežnih odstotkov trdnih snovi,

v pogače s 25 do 35 % vlage. Filtre grade za kapacitete od 1200 kg do 6000 kg suhega prahu na m² filtrirne površine v 24 urah. Slika 5 prikazuje filtracijsko napravo. S črpalkami dovajamo goščo (blato) iz vsedalcev direktno v filter ali pa posredno v zbiralec blata. Filtri so vakuumski, bobnasti vrteči ali pa ploščati. Filtrat, to je tekočina, iz katere se v filtru izločijo trdni delci, vteka v vakuumski prejemnik, iz katerega jo črpalka dovaja nazaj v vsedalec. Prednost recirkulacije vode je v tem, da se na ta način kljub finim trdnim delcem, ki lahko prehajajo skozi filter, izognemo onesnaženju vode, ki se iz vsedalca vrača k čistilcu plina. Vakuumski prejemnik loči filtrat od zraka, katerega izsesava vakuumska črpalka. Poseben kompresor dovaja zrak, ki pomaga odstraniti filtracijske pogače, v primeru, da imamo ploščati filter, pa v filtrirni kopeli drži trdne snovi v suspenziji.

Bobnast filter sestavljajo vzdolžne sekcije, katerih vsaka tvori neodvisen filterski element. Ko se sekcija giblje izpod nivoja tekočine, se tvori na tkanini filtra pogača. Ko se sekcija dviga iz brozge, se blato suši v vakuumu. V sekcijo spustimo komprimirani zrak, kadar se sekcija približa strgalu. Vsaka sekcija filtra je priključena na cev z avtomatičnim ventilom, ki omogoča formiranje pogače, sušenje in reverziranje vpihavanja zraka v razne sekcije istočasno.

Kot filter služi bombažna tkanina, s katero je prevlečena perforirana sekcija bobna. V zadnjem času pa često uporabljajo razne sintetične tkanine in nylon. Ploščati filter sestoji iz okroglih plošč, na katerih so na sektorjih nameščene filtrirne tkanine (nylon, bombaž itd.). Pogače se odločijo s pomočjo skrepperja ali rollerja.

Čiščenje plavžnega plina v praksi

Kot primer si oglejmo čistilne naprave angleške železarne Appleby — Frodingham. Največji problem predstavlja hlajenje in mokro čiščenje plavžnega plina. Voda za hlajenje in čiščenje pride s plinom v neposreden stik v pralnem stolpu, dezintegratorju ali elektrofiltur.

Poraba vode znaša 4,65 l na Nm³ plina.

Suspendirane trdne snovi v odplaki varirajo do 400 do 2000 p. p. m, dosežejo pa tudi 4000 p. p. m. Obstojita dva cirkulacijska sistema. Prvi sistem tvorita dva Dorr vsedalca, vsak po 30 m premera. Kot koagulant dodajajo na izlivu vode v vsedalec kavsticiran škrob (1,25 p. p. m). V očiščenih vodi je še 20 do 35 p. p. m suspenzije. Gošča oziroma blato s 25 utežnimi procenti trdnih snovi, transportirajo v vakuumskih železniških tankih v bajer.

Drugi sistem: Vodo očistijo v treh klarifikulatorjih premera 30 m. Suspendirane trdne snovi je le 15 do 25 p. p. m. Pri čiščenju ne uporabljajo koagulantov. Blato črpajo v isti bajer kot iz prvega sistema.

Hladilna voda

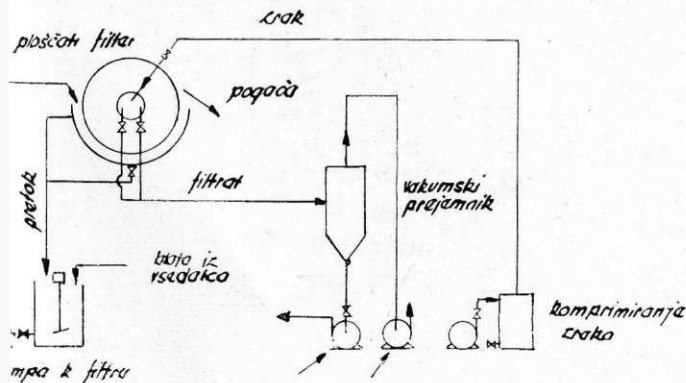
Hladilno vodo uporabimo najbolj gospodarsko pri tako imenovanem vročem hlajenju s tem, da jo uparjamo in tako dobimo paro do 40 at. pritiska.

II. ODPLAKE IZ KOKSARN IN PLINSKIH GENERATORJEV

Te odplake vsebujejo fenole, tiocianate, tiosulfate in sulfide. Substance teh odplak zahtevajo velike količine kisika. Cianidi, amoniak, fenoli in sulfidi imajo močan toksičen učinek, fenoli pa poleg tega puščajo še duh in okus v klorirani vodi. Amoniak povečuje porabo klora, ki ga potrebujemo za čiščenje vode. Koks z veliko količino kisika je nagnjen k tvorbi fenolov, ker zaradi visokih temperatur karbonizacije stremlje k destrukciji. Visoke temperature povzročajo spremembo amoniaka v cianide, ki delujejo predvsem toksično. Količina odpadne amonične vode je odvisna od velikosti in vrste naprave in se giblje od 2250 litrov do 7000 litrov na uro.

Amoniačna voda koksarn ima običajno naslednjo sestavo (koncentracijo v mg/l):

- prosti amoniak kot NH₃ — 200 mg/l
- vezani amoniak kot NH₃ — 200 mg/l
- monohidr. fenoli kot C₆H₅OH — 1250 mg/l
- polihidr. fenoli kot C₆H₄(OH)₂ — 100 mg/l
- tiocianat kot CNS — 200 mg/l



Sl. 5

tiosulfat kot S – 200 mg/l
 cianid kot CN – 5 mg/l
 klorid kot Cl – 3000 mg/l
 ferocianid kot CN – 5 mg/l
 4 urna permanganatna vrednost – 3000 mg/l

Biološki postopek čiščenja fenolov ima še največ izgledov.

Postopki biološke oksidacije koksarniških voda zahtevajo precej prostora. Najprej oksidirajo monohidr. fenole in tiosulfate skupno z delom polihidr. fenolov. Po odstranitvi tiosulfatov in večine fenolov pridejo na vrsto tiocianati in nato končno amoniak, ki oksidira v nitrite in nitrate. Ta zadnja stopnja oksidacije pa čisto ni zadostna v čistilnih napravah in amoniak gre z odpadko nespremenjen. Ker bi pa amoniak zaradi svojega toksičnega učinka povzročil veliko škodo v ribjem svetu, ga moramo pred izpustom reducirati.

Defenolizacija je odvisna od lokalnih razmer. Absorpcijska sredstva benzen, ter itd., so v glavnem neekonomična za odplake z manj kot 2000 p. p. m fenola, kar je čest primer v koksarnah.

Absorpcija fenola v premogih

Metoda čiščenja fenolnih vod z absorpcijo v premogih je preizkušena kot praktična že v vrsti raznih objektov. Visok odstotek fenolnih sestavin je absorbiran v površini finega premoga. V tem procesu se reducirajo fenolne sestavine od 1000 na 100 p. p. m. permanganatna vrednost (4 hr. acid. KMnO_2 pri 27°C) pa pade od 3500 na 180 p. p. m. Proces je odvisen od čistosti premoga, oziroma trdnosti; čim manjša je trdnost, tem boljša je absorpcija. Tako očiščene vode pa brez nadaljnjega postopka še ne smemo izpuščati v reke.

Kemični postopek

S tem ravnanjem izločimo tiocianate in tiosulfate iz odplake z ionsko smolo, fenoli pa se absorbirajo v aktivnem oglju. Postopek je zelo drag, tako v izgradnji kot v pogonu, ker je treba ionsko smolo izmenjavati v rednih intervalih.

Oksidacija z ozonom

Tudi ta postopek oksidacije amoniakne vode je zelo drag in pride v poštev le v končnem procesu defenolizacije, ali pa pri prehodu vode skozi napravo za penjenje.

Značilnosti koksarniških odplak

Važnejši stranski produkti koksarn so plin, surovi benzoil ter amoniak. Ta nastopa kot amonijev sulfat ali koncentrirana amoniakna voda. Sekundarni produkti so čisti benzen, toluen, motorni benzoil itd., ki nastajajo pri rafinaciji surovega benzola.

Amoniakna voda nastaja pri hlajenju koksarniškega plina. Pri procesih karboniziranja, ki potekajo pri visokih temperaturah in povzročijo razpad vodne pare je značilno, da vsebuje voda manj polihidr. fenolov in manj monohidr. fenolov, kot pri procesih, ki potekajo pri nižjih temperaturah.

Ko se v nasičevalcu izloči amoniak iz koksarniškega plina, se plin hladi v stolpu, v katerem se razpršuje voda. Voda se ponovno vrača v hladilni stolp in se seveda nazvame amoniakna, H_2S . fenolov ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) in cianidov (HCN). Cianidov je vedno več kot fenolov (290 p. p. m nasproti 220 p. p. m). Voda se spušča skozi filtre koksa, fiksni amoniak se veže na apneno mleko (2,5 ut $\%$). Za ogrevanje služi nizkotlačna para.

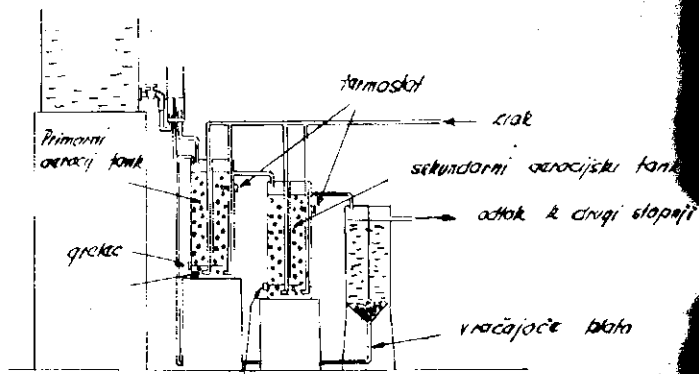
Biološki postopek

Leta 1954 je bil razvit uspešen biološki postopek s pomočjo bakterij in modificirane oblike uporabe aktivnega blata.

Napravo sestavljajo trije aeracijski tanki in vrsta sedimentacijskih bazenov. Aktivno blato se recirkulacijsko vrača iz sedimentacijskega bazena v čistilno napravo.

Eksperimentalno delo za napredek biološkega čiščenja

Slika 6 nam kaže poskusno čistilno napravo, ki jo sestavlja:



Sl. 6

primarni aeracijski tank in sekundarni aeracijski tank.

Maksimalna koncentracija fenola, ki jo bakterije še prenesejo, je 1000 p. p. m. optimalna temperatura pa je okoli 40°C . Zrak, oziroma kisik, moramo dovajati zato, ker bi sicer bakterije porabljale kisik iz raztopine.

Čiščenje in uničevanje fenolnih vod

Skodljivost fenolov v rekah in potokih smo že naglasili. Letalna koncentracija fenola v vodi je podana s 33 mg/l hlapljivih in 9 mg/l nehlapljivih fenolov.

(Hlapljivi fenoli: čisti fenol ali karbolna kislina, krezol, ksilenol, timol, pirokatehin in naftol).

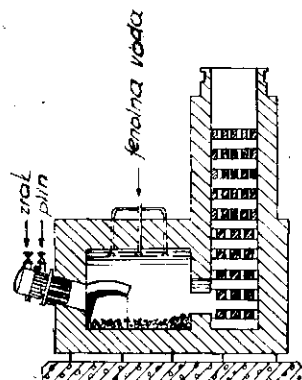
(Nehlapljivi fenoli: hidrokinon, rezercin, pirogalol).

S parno destilacijo se hlapljivi fenoli koncentrirajo in dobimo karbolno kislino, preostali fenoli pa so v odpadni vodi še vedno preveč koncentrirani. Ekstrakcija fenola s kloriranjem je nerentabilna in defenolizacija vode z butilacetatom je združena z velikimi stroški. Tudi biokemični postopek oksidacije fenolov ne da najboljšega rezultata. Do sedaj se je za odstranjevanje fenola iz odpadnih vod pokazala kot najboljša metoda bakteriološkega razkrajanja fenola po Magdeburškem principu. Pri iskanju čim bolj gospodarskega načina odstranjevanja fenolnih vod so železarne izvedle naslednje poskuse:

1. Absorpcija fenola v premogih
2. Razprševanje fenolne vode po haldi
3. Zgorevanje fenolov v kuriščih parnih kotlov, vročih plinih od SM peči itd.

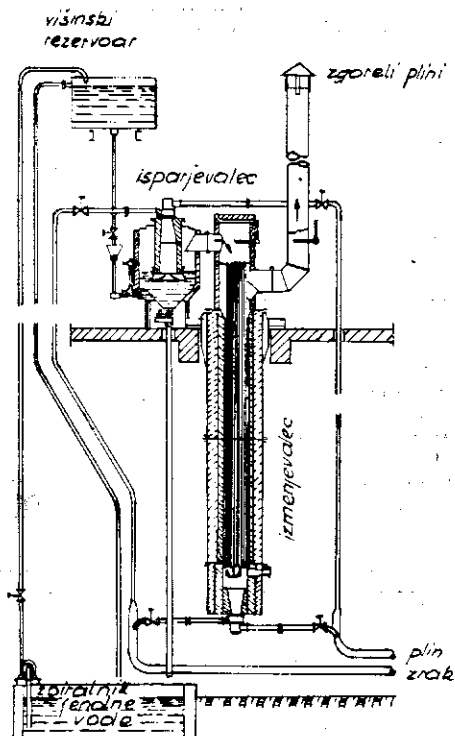
Uničevanje fenolne vode z zgorevanjem pa je pokazalo, da je učinkovito le pri čisto določenih pogojih:

Vbrizgavanje vode v dimne pline in podobno ima uspeh le pri temperaturah 900°C , pri katerih vparjeni fenoli zgorijo. Popolnoma uničimo fenole samo pri zgorevanju z velikim pribitkom zraka in temperature $>800^\circ\text{C}$, kar pa je zaradi velike porabe toplote (2000 kcal/l vode) neekonomičen način (slika 7).



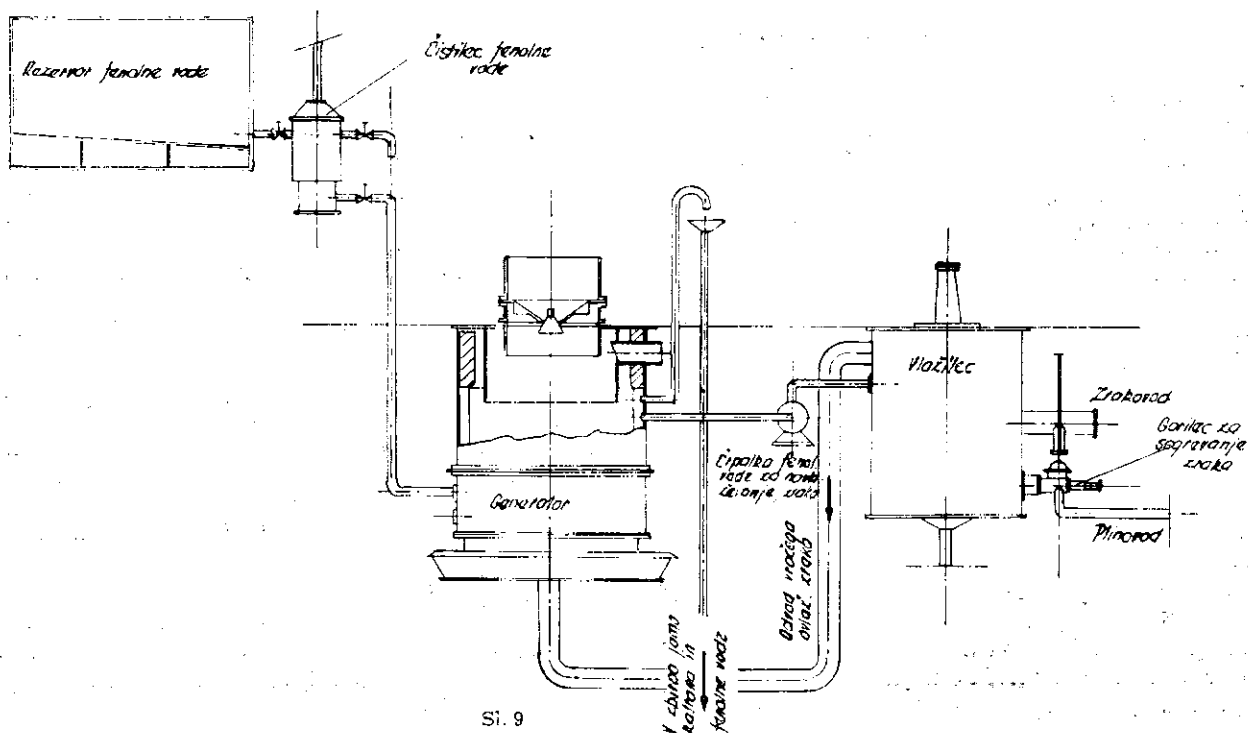
Sl. 7

Ekonomičen se je izkazal način uničevanja fenolnih vod, ki je prikazan na sliki 8:



SI. 8

Fenolna voda doteka iz višinskega rezervoarja v izparjevalec, v katerem je v vodo potopljen gorilec, ki poskrbi za intenzivno izmenjavo toplote med zgorelimi plini in fenolno vodo. Mešanica zgorelih plinov in fenolnih hlapov vstopa v toplotni izmenjevalec, kjer se na poti navzdol ogreje na 620 do 650°C in v zgorevalnem prostoru fenoli nato takoj zgorejo v prisotnosti prostega kisika, ki se nahaja v zgorelih plinih. Potrebna toplota pri tem načinu še vedno znaša 1000 kcal/l fenolne vode.



SI. 9

III. LUŽINE IN KISLINE

Železarski obrati, kot so n. pr. valjarne in cevarne, pri svojem delu v lužilnicah in pocinkovalnicah uporabljajo precejšnje količine vode, ki se seveda navzamejo kislin in lužin. Kisline v odpadnih vodah sicer niso tako nevarne, kot n. pr. fenoli, ker že po nekaj 100 m kemično razpadejo, reagirajo s podlogo rečnega dna in oksidirajo. Škodljivo je pri tem le to, da se v vodi zmanjša količina prostega kisika in če pade ta pod 5 mg/l, se ribe umaknejo. Na kratki poti od izliva kislin in lužin v reke pa je seveda uničena vsa vodna flora in favna.

Nevtraliziranje kislin z različnimi apnenimi dodatki in aeracijo je v splošnem drag način. Tako n. pr. lahko odpadne vode iz lužilnic nevtraliziramo z apnenim mlekom, kar pa povzroča nezaželeno tvorbo voluminoznega blata. Ekonomska upravičenost regeneracije kisline s pridobivanjem zelene galice pa je odvisna od trenutnega stanja na tržišču.

IV. ODPLAKE NASIH ŽELEZARN

Odplake razdelimo v tri vrste:

- odplake z mehanskimi primesmi,
- odplake s kislinami in alkalijami,
- odplake od plinskih generatorjev s fenoli.

Analize teh odplak so dale naslednje rezultate:

1. Vode z mehanskimi primesmi:

	Jesenice mg/l	Štore mg/l	Vareš mg/l
granulirana žindra	31	65	1400-2700
prah plavčnega plina	337	1200	—

2. Kisline in lužine

	Jesenice mg/l	Štore mg/l	Vareš mg/l
vsedek	4495	?	?
železo	3800	?	?
sulfat ion	2400	?	?

3. Generatorske vode

	Jesenice mg/l	Štore mg/l	Vareš mg/l
nchlajpljivi fenoli	12+9	?	1135
z vodno paro hlapljivi fenoli	5+8	55	1455

Te vode so škodljive kljub razredčenju po izlivu v reke za ves vodni živelj. Količine vsedkov so mnogo previsoke, zlasti pri granulaciji žlindre. Delci, ki se vsedajo na dno rek, prekrijejo velike površine in onemogočajo razvoj drobne favne in flore. plavajoči delci žlindre pa povzročajo pri ribah vnetje škrg.

Pri jeseniški železarni je del nečistih voda v odpadni vodi procentualno majhen, je pa škodljiv za vodni živelj, ker se neenakomerno izpušča in tako povzroča momentne visoke koncentracije.

a) Čiščenje plavžnega plina v Železarni Jesenice

Plavža bosta proizvajala preko 80.000 Nm³ plina na uro s cca 10 g prahu na Nm³, kar znaša dnevno 20 t prahu. Količina vode, ki jo potrebujemo za pranje plina, bo znašala cca 550 m³/h in pride torej na 1 m³ vode za izpiranje 1,45 kg prahu. Ta brozga iz vodnih čistilcev bo z lastnim padcem vtekala v sedimentne bazene tipa »Dorr«, ki imata vsak 21 m premera.

Prvotno nečista voda, ki vteka v bazen s temperaturo 35°C in 1,5 g suspendiranega prahu na liter, se v vse daleč očisti na manj kot 0,1 g/l. Očiščena voda se nato vrača v obtok skozi čistilec plina, goščo pa bomo odvajali na hladno.

b) Kislinke in lužnate odplake

Na Jesenicah imamo v odplakah kisline iz hladne valjarne, kisline iz cvarne in jeklovleka ter alkalije aceti-lenske naprave, na Javorniku pa kisline iz lužilnice in pocinkovalnice in delno tudi alkalije.

V naši železarni rešujemo te probleme z regeneracijo žveplene kisline, pri čemer pridobivamo zeleno galico. Izrabljeno lužino z 1-2 % žveplene kisline, ki je nevtralizirana z apnenim mlekom, pa spuščamo v Savo samo v primeru defekta na regeneracijski napravi, oziroma v primeru čiščenja lužilnih kadi.

c) Fenolne vode

Ker so komercialno interesantni samo nižji fenoli (karbolna kislina), katerih pa je pri naših generatorskih napravah in mladih premogih procentualno zelo malo, pride v poštev le uničevanje fenolov. Naše železarne jih uničujejo na različne načine. Železarna Jesenice jih uničuje

na ta način, da uporablja fenolne vode v sifonih generatorjev in v posodah Forter ventila pri SM pečeh, namesto običajne vode, kjer vsa fenolna voda izhlapi, oziroma izpari. Količina fenolnih voda v kondenzatu plinskih generatorjev, plinovodov in dezintegratorjev je precejšnja in zato je potrebno misliti na uničevanje v večjem obsegu, kot se to doseže na zgoraj omenjeni način.

Poskus uničevanja na način, kot ga prikazuje slika 9, ki je dal pri kratkotrajnem obratovanju kar dobre rezultate, smo žal morali prekiniti. V vlažilcu je zgorelo polovico fenolov, druga polovica vode pa se je uporabila v sifonih generatorjev in Forter ventilov. Ker pa zaradi kratkega poskusa ni bila merjena količina goriva, potrebna za uničenje fenolne vode, so podatki o gospodarnosti naprave neznani.

Poskusi absorbcije fenolov v velenjskem lignitu še niso dali zadovoljivih rezultatov, dasiravno znaša absorbcija 50 kg fenola na tono lignita. Železarna Nikšič je reševala problem uničevanja fenolov tako, da jih je 50 % zgorevala v parnih kotlih, 50 % pa razprševala po haldi. Kljub delnim uspehom, ki smo jih dosegli pri čiščenju industrijskih odplak, bo treba poskuse nadaljevati vse dotlej, dokler ne bodo odpadne vode, ki se izlivajo v naše reke in potoke, čiste vsaj v toliko, da ne bodo predstavljale več resne nevarnosti za obstoj vodnega življa. Tudi naš zakon o zaščiti voda in uredba o ukrepih za zaščito kvalitetenih voda zahtevata nujno rešitev tega vprašanja.

Literatura:

Special Reports of The Iron and Steel Institute:
Air and Water Pollution in the Iron and Steel Industry
Tehničar 2 (Gradjevinski priručnik)

Inž. Dolenc: Čiščenje odpadnih voda v LRS

Kavčič: Kratak opis sprava za čiščenje, koje je Železarna Jesenice več izradila ili jih predvidja, da se izgrade u bližnjoj budućnosti

Inž. Dermelj: Kratka opšta analiza otpadnih voda u železarama

Stahl und Eisen 1955/6: Neues Verfahren zur Vernichtung phenolhaltiger Gaswässer.

Ing. France Vilman

Projektiranje novih naprav

Moderna tehnika in njene zahteve so postavile tudi pred projektanta posebne naloge.

Današnja proizvodnja stremi k trem ciljem: kar največ, hitreje, in ceneje. Na pravilnost proizvodnje vpliva mnogo faktorjev. Eden izmed zelo važnih je pravilno projektiranje. Kjer je konkurenca močna, je napačno projektirana industrija obsojena na propad. Tako n. pr. lahko en sam činitelj, notranji transport, če je neprimeren, znatno podraži izdelek.

Včasih niso projektirali celih novih tovarn nankrat, ampak so te zrastle iz manjših delavnic, topilnic itd. Pri povečanju obrata je delal v glavnem le vodja obrata. Vedel je, kakšne so povečane zahteve glede produkcije in kakšne nove stroje potrebuje. Približno je predvidel prostor in izračunal, koliko bi modernizacija ali povečanje stalo. Če je lastnik imel denar, so poiskali najcenejše gradbeno podjetje, ki je na predvideni prostor postavilo zgradbo po lastnih načrtih. Kaj malo so študirali tok materiala, transporta in energetske probleme, da o prijetnem in zdravem okolju in estetskem videzu sploh ne govorimo.

S časom so se zahteve glede produkcije zopet povečale in spet je bil obratni inženir tisti, ki je projektiral oziraje se samo na svoje stališče, najcenejši gradbenik pa je izvedel gradnjo. Nastali so razni prizidki in podaljški stavb in rastla je neorganska celota. Mnogo današnjih velikih podjetij je grajenih na ta način. Njihov sestav in oblika sta tehnično nepravilna in neracionalna.

Danes pojmujejo pod projektiranjem vnaprej temeljito premišljeno delo, ki se ozira na vse razvojne možnosti in upošteva skladnost vseh nalog.

V mnogih deželah gradijo danes na osnovi kreditov. Seveda zahteva tisti, ki kredit da, potrdilo oziroma dokaz, da bo gradnja pravilna in rentabilna. Tu je začetek tako imenovane projektne študije ali predprojekta. Taka študija mora na primer obsegati:

1. raziskavo surovinske baze
2. raziskavo tržišča
3. izbiro kraja in njeno utemeljitev z ozirom na transportne možnosti, obliko terena, klimatične pogoje itd.

4. določitev zmogljivosti z ozirom na možnost prodaje in zaloge
5. odločitev glede tehnološkega procesa
6. izbira strojnega parka
7. potreba delovne sile
8. rešitev problema dovoda energije (vodne, električne) in študija o rentabilnosti lastne oskrbe z energijo
9. analiza stroškov investicije
10. kalkulacija lastne cene proizvoda in kalkulacija dobička
11. vpliv na sorodne industrije in industrijo, ki bo prevzela eventualno predelavo proizvoda

Kot vidimo, je že projektantna študija tako obsežna, da je nemogoče misliti na delo enega samega človeka, ampak je treba pritegniti ustrezne strokovnjake s področja geologije, gradbeništva, strojništva, elektrotehnike, arhitekture in trgovine. En sam človek vseh teh panog nikakor ne more obvladati in je zato treba sestaviti projektantsko skupino ali kot Nemci imenujejo »Planungsteam«.

Ko je projekt sprejet, se začne podrobna obdelava, ki obsega n. pr.

1. Projekte posameznih obratov. Pri tem ima odločilno besedo tehnolog, to je človek iz obrata, ki določi tudi tok materiala.
2. Projekte naprav. Projektant pri tem uporablja izkušnje specializiranih firm, dobaviteljic naprav. Sam se ne spušča v podrobnosti naprav, ampak to prepušča firmi.
3. Gradbene načrte, ki upoštevajo vse zahteve in moderne, cenene načine gradnje.
4. Projektiranje pisarniških in stranskih prostorov. Pri tem imajo poleg gradbenikov važno besedo tudi arhitekti, ki dajo lice objektu.
5. Projekt transportnih priključkov (tirov, cest, vodnih poti) itd.
6. Projektiranje omrežja za elektriko, vodo, pline ter kanalizacije.
7. Sestavo razpisa za gradnjo. Razpis mora biti od strokovnjakov točno izdelan in zahteve jasno postavljene.
8. Pregled in oceno ponudb.

Poleg projektiranja je za izvedbo potrebno še vodstvo gradnje (pri nas »kapitalna izgradnja«). To vodstvo operative posreduje med investitorjem, gradbiščem in izvajalcem. Posamezne odseke gradnje morajo nadzorovati in vskladiti ustrezni visokokvalificirani strokovnjaki s prakso. — Po končani gradnji sledi obračun in prevzem.

Tudi tu imajo odločilno vlogo omenjeni organi.

Zapadne dežele, posebno ZDA, so prešle na še bolj izpopolnjeni način, kjer specializirane firme prevzemajo vse od A do Ž in izročijo investitorju ključne popolnoma dovršene in preizkušene tovarne. Ta način je znan pod imenom »Turn — Key — Job«,

to je, obrniti je treba samo ključ in vse steče. Tudi Nemčija je za reševanje velikih nalog začela uvajati ta način.

Pri tem načinu so se seveda pojavili novi problemi in nove zahteve, kako najbolj racionalno izkoristiti znanje strokovnjakov.

Da bi bil projekt res pravilen in organsko popoln, je potrebno imeti možnost pravočasnega koordiniranja vseh elementov. Nastal je tako imenovani »Lay-out« sistem, ki dovoljuje pri projektiranju spremembe in dopolnitve v okviru predprojekta, in to brez komplikacij in težav. Pri risanju na risalni deski, je namreč težje spreminjati in razlagati idejo širšemu krogu ter istočasno dopuščati uveljavljanje predlogov diskutantov. Zato so izdelali posebne velike mize s karirano osnovo, ki nanjo lepimo papirnate konture strojev, naprav in zgradb. Figure se dajo zlahka odstraniti in preložiti drugam. Vsi navzoči dobro vidijo projekt in lahko uveljavljajo svoje predloge za spremembe, ki so zopet vsem vidne. Odpade zamudno risarsko delo in dajanje instrukcij risarjem.

Obratni inženirji, strojniki in elektro inženirji, arhitekti in dobavitelji lahko torej uveljavljajo svoje zahteve. Skupno izberejo najugodnejše smeri, skratka najdejo najboljšo rešitev na hiter in lahek način.

Rekli smo že, da je osnova projektiranja tehnološki proces tiste tovarne. Pri tem igra važno vlogo tok materiala. Tudi temu določijo optimum s pomočjo »Lay — out« načina. — Pri tem sodelujejo v glavnem tehnologji in obratni inženirji.

V Nemčiji so izdelali magnetni Lay — out sistem. Miza je namreč magnetna in figure izrežejo iz magnetno sposobnih papirnatih folij. Postavljajo in prestavljajo jih poljubno, še bolje kot pri ameriški izvedbi z lepilom. Mizo po končani razpravi oziroma projektiranju razstavijo v plošče izmer 1 m² in jih fotografirajo. Fotografije zopet sestavijo po principu fotomontaže in dobe poljubno velikost projekta.

Pri tem načinu lahko strokovnjaki vseh prizadetih panog hitro opazijo napake v projektu.

Pri projektiranju naprav, ki so grajene v višino (parni kotli s parovodi, kemična industrija, rafinerije itd.), se poslužujejo trodimenzionalnega sistema.

Izdelajo prostorski model cele naprave v primerem merilu. Na takem modelu so vsi važni deli točno izdelani in postavljeni na določeno mesto. Tako na primer razni cevni vodi, ki se prepletajo z nosilnimi elementi, stebri in podobno. Izdelani so n. pr. tudi vsi dohodi, podesti in transporterji, tako da je eventualno neskladnost in sovpadanje zlahka možno opaziti in popraviti. Model (maketa) sicer nekaj stane, vendar kljub temu prihranijo na času in denarju, ker so napake izključene.

Vsi ti sistemi so vezani na sodelovanje vseh prizadetih in to je osnovna prednost, kajti brez tega je nemogoče projektirati organsko harmonično celoto.

HEMA POTEKA DEL PRI PROJEKTIRANJU IN GRADNJI NOVEGA OBJEKTA

