

V S E B I N A

Ing. Pavle SEŠEK

**AVTOMACIJA IN MOŽNOSTI UVAJANJA V INDU-
STRIJO (DK 621.7.02) 33**

Ing. Janko PERNE

MEHANSKO ČIŠČENJE KOVIN (DK 621.7.02) 35

Ing. Miloš GREGORČIČ

**PREZRAČEVANJE IN ODPRAŠEVANJE V INDU-
STRIJI (DK 625.511) 44**

Ing. Leo KNEZ

**PRISPEVEK K POJMU VARIVOSTI NAŠIH KON-
STRUKCIJSKIH JEKEL (DK 621.791.052) 52**

Ing. Ciril URBAR

**UPORABA FIGURNE BRAME V OGREVNI-POTISNI
PEČI V VALJARNI 2400 NA JAVORNIKU (DK 621.783) 55**

Ing. Karol RAVNIK

**POIZKUSI Z LUNKERITOM »STEDIŠA« PRI VLIVA-
NJU JEKLA (DK 669.14) 59**

Jože BERTONCELJ

IZDELAVA VISOKOTLAČNIH BRONOV (DK 669.35.6) 62

Slavko TUMA

**PROBLEMI ELEKTROVZDRŽEVALNE SLUŽBE
(DK 621.7) , , , 63**

Ing. Miloš GREGORČIČ

**POROČILO O SESTANKU V ZVEZI S ČIŠČENJEM
INDUSTRIJSKIH ODPLAK 64**

TEHNIČNA PRILOGA

Tehnična priloga »ŽELEZARJA« — Glasilo DIT Jesenice — Leto II. — Številka 2 — Odgovorni urednik ing. Medo Janko, tehniški biro, tel. št. 495 — Člani uredniškega odbora: Bernard Božidar, OTK; ing. Čop Stanko, jeklarna; ing. Gregorčič Miloš, tehniški biro; Hrastar Franc, tehniški biro; ing. Sešek Slavica, tehniški biro; ing. Kramar Jože, energijski odd.; ing. Sešek Pavle, energijski odd.; Zagar Edo, uredništvo Železarja; Stare Marjan, strok. knjižničar; ing. Urbančič Jože, valjarna 2400
Tisk: ČP »Gorenjski tisk«, Kranj

LETO II.

1960

ŠT. 2

ING. PAVLE SEŠEK

DK 621.7.02

Avtomacija in možnosti uvajanja v industrijo

Pojem avtomacije

Avtomacija (ne avtomatizacija) je danes uvajan pojem, ki naj bi pomenil dejavnost ali znanost, ki hoče nadomestiti človeško silo in posluževanje z avtomatsko silo in regulacijo.

Praviloma bi moral pojem besede avtomacija zajeti vse tiste pojme izrazov, ki jih večkrat nedo-
finirano uporabljamo v vsakdanjem govoru:

mehanizacija — nadomeščanje človeškega dela s strojnimi;

regulacija — samohoden tehnični proces s po-
vratno kontrolo;

krmiljenje — sprožitev samohodnega poteka teh-
ničnih gibov (brez povratne kontrole);

avtomatizacija — kombinacija krmiljenja in re-
gulacije;

signalizacija — optično ali akustično obveščanje
o stanju tehničnih naprav.

Če bo beseda avtomacija dobila svoje korenine, bo beseda pomenila sodobno tehniko najbolj do-
vršenih oblik, ko bodo naprave nadomestile ne samo
človeško delo, temveč tudi njegove organe za moč,
opazovanje, spomin in odločitve, in sicer z raznimi
mehaničnimi, električnimi, elektronskimi, hidrav-
ličnimi, pnevmatskimi in magnetskimi napravami.

Tehnika je prehodila v svojem razvoju stopnje, ki so karakterizirane s prestopom od ročnega dela k delu z orodjem, k delu s preprostim strojem, nato k delu s polavtomatskim strojem, ki ga človek še nadzira in k avtomatskim strojem, ki jih človek le oskrbuje z materialom in programom. Sedanja faza tehnike pa vlaga velike napore, da bi v bližnji prihodnosti prešli na avtomacijo.

Preprost človek se lahko vpraša, če je morda izbruhnila moda, da se vseprek govori o avto-
maciji.

Takoj lahko odgovorimo, da temu ni tako.

Prebirajmo tehnične in poljudne revije in opa-
zili bomo zlasti od zadnje svetovne vojne sem ve-
like napore v pogledu forsiranja vsega potenciala
avtomacije s strani najbolj odgovornih državnikov
in organov Združenih držav Amerike, Sovjetske
zveze in drugih.

Prednosti, ki jih nudi avtomacija v pogledu kva-
litete in cene izdelka, so neizpodbitne. Kdorkoli
se bavi z notranjim ali zunanjim trgom — v po-
gledu konkurence ali zadovoljevanja velikega
povpraševanja — ne bo mogel obiti avtomacije.

Ne da bi se spuščali v analizo vseh mogočih
prednosti, ki jih le-ta daje v pogledu večje člo-
veške varnosti, manjšega napora, lažjega posluževanja itd. — je dovolj, da poudarimo ekonomski
efekt, **nizko ceno izdelka**, da bi lahko razumeli, da
avtomacija ne more biti moda, temveč stopnja teh-
ničnega razvoja, podobno kot pred stoletji indu-
strializacija v času obrtniškega dela.

Nujnost razmišljanja o avtomaciji je imperativ
časa, ki bo vprašal za odgovor vsakega izmed vo-
dilnih oseb na lestvici tehničnega upravljanja ali
delavskega upravljanja.

Če bo podjetje v pogledu plasmana proizvodnje
in, kar je običajno isto, v pogledu modernizacije
tehnološkega procesa dovolj hitro našlo korak s so-
dobno tehniko, vemo, da se mu ni treba bati pre-
tresov. Če pa industrijski obrat zastara, vedimo, da
je bilo v preteklosti veliko zamujenega. Odnos do
avtomacije bo v tehničnem pogledu kriterij za
uspeh in neuspeh, za perspektivo ali propadanje
v življenju podjetja.

Na splošno lahko trdimo, da so ljudje preko
tiska poučeni o načelnih prednostih avtomacije, da
pa še nimajo pregleda nad načinom uvajanja avto-
macije v industrijo.

Zastavlja se nam vprašanje, kako uvajati avto-
macijo.

Možnost za avtomacijo v Železarni Jesenice

Če na kratko orišemo tehnično stanje naprav v naši Železarni, se nam pokaže najpestrejša slika. Naprave in strojni park se nam kažejo kot pester konglomerat najbolj zastarelih naprav z rojstno letnico prejšnjega stoletja, nekaj objektov z letnico zadnjih desetletij in nekaj, za kar lahko še uporabimo besedo »moderno«, čeprav že zastaja za najbolj dovršenimi v svetu.

V takšnem stanju ni odveč vprašanje, kako pri-
četi z uvajanjem avtomacije.

Tri možnosti imamo na razpolago:

- a) kompleksna avtomacija,
- b) modernizacija,
- c) posamična avtomatizacija.

Stvar ekonomske analize in tehničnega čuta je, da se ob vsakem obratu ali objektu tehnik in ekonomist posebej odločita.

Oglejmo si vsako možnost posebej.

Kompleksna avtomacija

Načelno lahko odgovorimo, da je kompleksna avtomacija objekta možna le ob novogradnjah ali generalnih obnovah. Tedaj je čas, da se vodstvo podjetja odloči za najbolj avtomatiziran objekt za svoj proizvodni program. Če je ob nakupu predmet razprave kak industrijski objekt kot celota, potem spada zraven vedno avtomacija kot organski del.

Pred podpisom pogodbe o dobavi je čas za tehnični kader, če smatramo, da je ekonomski del pozitivno ocenjen, da objekt do kraja tehnično prediskutira in da na podlagi kolektivne razprave tehnično razgledanega strokovnega kadra najde optimalno tehnično rešitev.

Praviloma bi ob nakupih večjega formata morali sodelovati predstavniki metalurgije, strojništva, elektrotehnike, elektronike, energetike, prometa, notranjega transporta, gradbeništva in HTZ službe.

Res je tudi, da ponudbe obdelujejo novejšje tehnične izvedbe, ki jim pogonski strokovnjaki ne morejo biti povsem kos, če se dodatno ne izobražujejo in ne spremljajo strokovno tehnične literature iz svojega področja. Ker je v pogonih največkrat tako, da so pogonski ljudje obremenjeni s splošno in pogonsko problematiko in jih slednja popolnoma okupira, je podjetje že zadovoljno, če najde vsaj nekaj ljudi, ki so sposobni obravnavati projekt novogradnje. Izključiti moramo pri nas primer, da bi lahko angažirali nalašč za takšno obdobjo tehnično konsultacijo stalno ekipo. To je lahko primer le pri izgradnji nove tovarne.

Pri uvajanju kompleksne avtomacije je torej, če se ne oziramo na finančne in ekonomske odločitve, velik poudarek na prvem koraku, na nakupu, ki je plod tehnično prediskutiranega projekta in ponudbe. Temeljita konsultacija pred osvojitvijo projekta bi pomagala rešiti marsikakšno tehnično nevšečnost, ki je včasih usodna za del proizvodnega programa, ali za cel način produkcije.

Nekaj primerov možnosti kompleksne avtomacije:

- Kontinuirne valjarniške proge
- Avtomatizacija žične valjarne

Avtomatizacija režima plavža (za slučaj povečave)

Modernizacija

Ob uvajanju delne avtomatizacije nastopa takoj ekonomsko vprašanje, zato ni brez smisla, da napravimo zanjo rentabilnetni načrt. Pri modernizaciji si običajno predstavljamo star objekt, ki mu oskrbimo naprave za krmiljenje, regulacijo ali signalizacijo. Načelno ni vedno rečeno, da se vsaka avtomatizacija izplača, zato bi morali postopati previdno. Ekonomski račun bo največkrat pokazal, da ni primerno, da se na vsak star motor obesi regulator in da se vsak toplotni objekt opremi s popolno regulacijo. Dober tehnik bo uvidel, da je na mestu instrumentacija, ki se strinja s tehnično starostjo objekta.

Pri uvajanju avtomatizacije si zlasti ne smemo delati utvar glede regulirnega objekta. Pravilo mora biti, da se instrumentira šele na podlagi popolnega poznanja objekta. Instrumentacija ni sama sebi namen, temveč lahko koristi le v zvezi z objektom. Na to dejstvo pozabljajo zlasti navdušeni instrumentalci. Zato velja, da naj avtomatizacijo zasnujeta tehnolog in instrumentalec. Instrumentalec prične z delom šele na podlagi zahtev, ki mu jih tehnolog nakaže.

Ta način dela bi bil idealen, v praksi pa je malokje poznan. Običajno je spet tako, da si mora instrumentalec nabrati tudi tisti del tehnološkega znanja, ki je potreben, da lahko objekt avtomatizira.

Laiki si zamišljajo, da se objekt sam na sebi že poboljša, če mu prigradimo avtomatske naprave. Vedeti moramo, da avtomatika ne dela čudežev. Če na primer peč doslej ne daje svoje kapacitete, je tudi poslej ne bomo dosegli. Avtomatika ne more doseči nič drugega kot izbor optimuma peči, ki pa mora biti latentno že podan pred vgraditvijo regulacije v samem objektu. Če na primer peči primanjkuje zraka za zgorevanje, ga tudi poslej ne bo več. Kaj pomaga regulator pritiska peči, če so kaminski preseki že od vsega začetka premajhni.

Zato je nujno, da vsak objekt, ki ga želimo avtomatizirati, pregledamo z ozirom na regulirnost. Pri tem redno ugotovimo, da moramo objekt vsaj delno rekonstruirati, da prigradena regulacija lahko diha. Ne pozabimo torej z nakupom avtomatskih naprav predvideti tudi stroške za mehanske rekonstrukcije.

Nekaj primerov za delno avtomatizacijo (modernizacijo):

Avtomatizacija toplotnega režima kavperjev pri plavžih

Avtomatizacija toplotnega režima ogrevnih, žarilnih, normalizirnih peči

Avtomatizacija SM peči

Avtomatizacija procesa in zalaganja plinskih generatorjev

Avtomatizacija mazutnega pogona

Avtomatizacija vseh vrst transportnih stez

Avtomatsko tehtanje rude, koksa, premoga, vagonov itd.

Uvajanje posamičnih avtomatizacij

Neredko ugotavljamo, da je na raznih mestih v obratih možno vpeljati tehnične izboljšave manjšega obsega, ki često dovedejo do odprave ročnega dela, do hitrejše transportne manipulacije ali izboljšanja kvalitete.

Nekaj primerov:

Transport vložka do vlagalnega stroja in izvlačanje vložka iz peči

Transport pečne škafe

Transport materiala pri raznih remontih (ŠM peč)

Začetna nakladalna manipulacija pri transportnih napravah za premog (običajno ročno)

Interni industrijski transport po delovnih dvoranah do skladišča

Hitra vzorčna pošta

Avtomatsko nastavljanje valjev

Signalizacija obveščanja po valjarnah itd.

Splošne smernice ob uvajanju avtomacije

Zaradi finančnih zmogljivosti podjetja, žal še vedno deviznih, si mora vodstvo ustvariti prioriteto listo, katere kriteriji naj bi bili v prvi vrsti naslednji:

Odprava ozkega grla v proizvodnem programu ali v tehnološkem procesu ali člena procesa.

Rentabilitetni račun same avtomatizirane naprave in rentabilitetni račun izboljšane tehnologije obrata.

Vzdrževanje

V zvezi z avtomacijo se pojavlja važno vprašanje vzdrževanja instrumentov.

Priznati moramo, da je na tem polju še precejšnja zmeda, in sicer v glavnem zaradi tega, ker sedanji kader ne dohaja koraka sodobne tehnike spriču tako naglega razvoja ravno v merilni in regulacijski tehniki.

Posledica tega nesoglasja je šibko vzdrževanje instrumentov, pre zgodnja obraba in kot logična posledica nezaupanje osebja, ki uporablja regulirni objekt.

To stanje ima svoje korenine v brezbriznosti za instrumentalni kader skozi vsa leta po vojni. Jasno je, da se je v prvih letih po vojni dajalo

največ pozornosti proizvodnim tonam, danes pa je čas, da pozornost posvetimo tudi instrumentalcu.

V prvi vrsti si mora instrumentalce — visokokvalificiran ali kvalificiran delavec — pridobiti nesporno znanje o instrumentih, ki so mu zaupani. Ustvariti je treba tehnično dokumentacijo za vse primerke instrumentov in sodobno obratno literaturo o montaži in vzdrževanju. Ker ni specialnih šol za instrumentalce, se mora to izpopolniti z domačimi seminarji, katerih praktični del bi morali prevzeti instrumentalni mojstri, teoretični del pa strokovnjaki inženirskega ranga.

S tem bi bila opravljena skrb za instrument sam.

Za nesporno delovanje avtomatike kot celote in za nastavljanje optimuma avtomatiziranih objektov so potrebni tehniki specialnega znanja o avtomatiki, regulaciji. Priznati moramo, da takšnega lika srednja tehnična šola ne daje in da se moramo zadovoljiti s seminarji, ki jih od časa do časa prirejajo pod različnimi naslovi. S tem si tehnik pridobi nekaj osnovnega, splošno enciklopedičnega znanja, ki pa mu na delovnem mestu dosti ne pomaga. Zato bo nujno treba ukreniti vse potrebno za formiranje stalnih seminarjev za instrumentalnega tehnika črne metalurgije.

Isto velja za inženirja, ki se peča z avtomacijo v industriji. Laže je le toliko, da po navadi obvlada tuje jezike in lahko uporablja tujo literaturo. Še največ osnovnega znanja o avtomaciji lahko prinese z univerze absolvent elektrotehniške fakultete, oddelka za šibki tok.

Ugotavljamo torej, da nastajajo velike težave pri vzdrževanju zaradi nespecializiranih šol za delavca, tehnika in inženirja. Morda je, vsaj za prva dva, edina rešitev v lastnih kurzih v lastnem podjetju preko »Strokovnega izobraževanja za odrasle«.

Sklep

V članku je bil nanizan pojem avtomacije in nakazani načini uvajanja avtomacije v Železarni. Na kraju je opisan problem vzdrževanja in kadra. Izpuščena je problematika projektiranja avtomacije, ki jo v manjši meri rešuje tudi projektantska enota Železarne, vendar je to problem, ki ga bodo morali reševati zunanji profesionalni projektantski zavodi.

PERNE ING. JANKO

DK 621.7.02

Mehansko čiščenje kovin

Uvod

Čiščenje površin kovinskih izdelkov danes že lahko označimo kot nujen dodatni postopek pri njihovi proizvodnji. Namen tega čiščenja je, s primernimi postopki odstraniti s površine gotovega izdelka, kakor tudi polizdelka, tiste napake, ki kvarno vplivajo na izgled in na nadaljnjo predelavo. Tako se mora z odlitkov odstraniti pripečeni pesek, s toplo valjanega, kovanega ali toplotno obdelanega materiala oksidno plast itd. Obenem pa dobimo tako tudi prvovrstno površino za nanašanje zaščitnih prevlek.

Površinsko čiščenje je že od nekdaj v tesni zvezi z litjem, kovanjem, valjanjem in toplotno obdelavo kovin. Še v začetku XX. stoletja so videli v dietu, kladiču, pili jekleni krtači glavno orodje v borbi za čisto površino. Seveda so bili tudi učinki takega čiščenja nizki in je bilo nujno potrebno poiskati nove načine, ki bi odgovarjali naraščajoči proizvodnji in kvalitetskimi zahtevam.

Tako se danes v glavnem poslužujejo dveh načinov za doseg čiste površine, in sicer kemičnega postopka ali luženja in mehanskega čiščenja.

Prvi način je poznan in ga široko uporabljajo za odstranjevanje oksidne plasti s toplo valjanega, kovanega in toplotno obdelanega materiala. S tem postopkom lahko dosežemo neoporečne površine. Vendar pa ga spremljajo razni nezaželeni pojavi. Kot prvo obstoja problem odpadnih kislin in oplaknih voda, ki jih običajno spuščajo v reke in jih zastrupljajo, poleg tega pa nastopajo še precejšnje izgube na kislini. Za nastalo škodo izdajajo velike vsote denarja kot odškodnino vodnim skupnostim. Zato je potrebno, da se ta odpadna kislina ali zadostno nevtralizira ali pa poskuša regenerirati. Oba ta postopka pa precej bremenita obratne stroške lužilnice poleg tega, da ne predstavljata v sedanjem razvoju idealne rešitve.

Tudi razvijanje vodika pri reakciji kovine s kislino je škodljivo, ker difundira vodik v površinske sloje in napravi železo krhko in lomljivo. Po luženju je kovina prekrita s tanko plastjo usedline, sestavljene iz železovega oksida Fe_3O_4 in cementita Fe_3C , katero je treba pred nadaljnjo obdelavo odstraniti.

Drugi način — mehansko čiščenje — se je začel razvijati ob koncu XIX. stoletja v Ameriki, vendar se je šele v novejšem času prilagodil proizvodnji in zahtevam gospodarnosti. Primeren je za različno uporabo in služi za odstranjevanje oksidne plasti, kaluparskega peska, za poliranje in slično. Najprej so se ga posluževali za jedkanje stekla ter so kremenčev pesek metali na steklo s paro, vodo ali stisnjenim zrakom. Naravni razvoj je pripeljal do čistilnega stroja, kjer se je pesek nadomeščal med delovnim postopkom iz posebnega rezervoarja, istočasno pa se je že pojavil problem odsesavanja prahu, ki je kvarno vplival na zdravje zaposlenega osebja.

Mnogo industrij je kmalu spoznalo odlike površine, očiščene po tem postopku. Vendar pa so takrat še veliki obratni stroški in majhna storilnost omejili ta postopek samo na čiščenje velikih odlitkov, oziroma komadov, ki so morali imeti najboljšo površino, brez ozira na stroške.

Nadaljnji napredek pomeni uvedba kovinskega čistilnega sredstva po prvi svetovni vojni. Zaradi visoke cene in težavne nabave si je le počasi krčilo pot. Toda kmalu se je pokazalo, da je površina pri uporabi kovinskih čistilnih sredstev boljša in da so stroški zaradi večje vzdržljivosti materiala pravzaprav manjši. Ena glavnih prednosti, namreč prihranek na delovnem prostoru in lažje rokovanje z očiščenim materialom, pa je bila spoznana šele nekaj let po njegovi vpeljavi. To je vodilo do razvoja visokozmožnih čistilnih naprav, ki so različne z ozirom na izvedbo in uporabo.

Oba omenjena postopka služita namenu — čiščenju površin kovinskih izdelkov. Ker je kemični postopek poznan, so v nadaljnjih poglavjih zbrani podatki in način dela pri mehanskem čiščenju in naj skušajo bolje osvetliti ta, pri nas manj znani in še malo uporabljeni postopek.

1. MEHANSKI ČISTILNI POSTOPEK

Pod mehanskim čistilnim postopkom razumemo čiščenje površin s posebnimi sredstvi z veliko kinetično energijo, pri čemer se z neštevilnimi majhnimi udarci zrahljajo in končno popolnoma odstranijo nečistoče na površini kovinskih izdelkov.

Poznanih je več postopkov, ki jih lahko razdelimo na pet skupin.

1. Peskanje. Uporablja se suh kremenčev pesek, ali sintetična čistilna sredstva, ki jih s stisnjenim zrakom mečemo na čiščeni predmet. Ta postopek se uporablja tam, kjer ponovna uporaba čistilnega sredstva ni mogoča, mogoča.

2. Peskanje z mokrim peskom. Kremenčev pesek pomešamo z vodo ter to mešanico s stisnjenim zrakom mečemo na površino. Postopek služi predvsem za čiščenje ladijskih trupov in podobnih velikih kovinskih površin.

3. Čiščenje s kovinskimi zrnji. Okrogla ali ostroroba kovinska zrna se mečejo s stisnjenim zrakom ali turbino na predmet, ki se očisti. Postopek se mnogo uporablja, n. pr. za odstranjevanje oksidne kože z valjanih in kovanih izdelkov v svrhu ugotavljanja površinskih napak, za odstranjevanje pripečenega peska z odlitkov, za čiščenje

kovinskih površin, da so primerne za barvne in kovinske prevleke.

4. Hidro-peskanje. Na ta način se odstranjujejo jedra velikih odlitkov, kakor tudi površine večjih komadov. Kot čistilno sredstvo služi mešanica kremenčevega peska in vode kot gonilnega sredstva, ki jo pod visokim pritiskom (okoli 120 kg/cm^2) brizgamo na površino.

5. Tekoče peskanje, znano v Ameriki pod različnimi nazivi kot Fluid-Honning, Hydrofinishing, Liquamattening ali Vapor Blasting. Finozrnat kremenčev pesek — v USA poznan pod imenom Arkansas — silicij ali Novaculite — ali fina sintetična zrna, razpršena v vodi, s stisnjenim zrakom ali vodno črpalko brizgajo na površino s pritiskom 3 do 6 kg/cm^2 . S tem postopkom dobimo izredno fine površine na orodjih, utopih, kokilah in drugih predmetih, pri katerih sta izgled površine in natančnost izredno važna. Površine se lahko očistijo s toleranco do 0.002 do 0.003 mm.

Čeprav ima vsaka skupina svoj omejeni delokrog, pa lahko za določen namen uporabimo tudi več teh postopkov. Na izbiro najekonomičnejšega in obenem najučinkovitejšega postopka pa vplivajo naslednji faktorji:

a) Vrsta površine. Če površine, ki jo čistimo, ni mogoče premikati n. pr. ladijski trup ali jeklene konstrukcije, potem moramo uporabiti premične stroje. Kot čistilno sredstvo pride v poštev samo suh ali moker pesek, ker ga običajno ne moremo ponovno uporabiti. Kovinsko čistilno sredstvo zaradi visoke cene ni primerno. V zadnjem času skušajo prebroditi te težave pri kovinskem čistilnem sredstvu s posebno napravo, ki po uporabi vsrka kovinske delce. Ker čistilna sredstva, ki jih uporabljamo za čiščenje litoželeznih kovanih ali valjanih proizvodov, lahko ponovno izkoristimo, pridejo v poštev kovinska zrna. Kot gonilna sila služi stisnjeni zrak, oziroma turbina. Mehkejša kovine čistimo praviloma s stisnjenim zrakom in nekovinskim čistilnim sredstvom.

b) Kvaliteta površine. Vseh čistilnih del ni mogoče izvesti z enim samim postopkom. Precejšnja razlika je, ali površino samo enostavno čistimo ali pa jo pripravljamo za prevleko, oziroma hladno predelavo. Na vsaki površini namreč lahko dosežemo z različnimi čistilnimi postopki različne učinke. Če pa z različnimi postopki dosežemo isti učinek, nastane vprašanje, kateri postopek je v vsakem oziru najboljši in to vodi do naslednjega faktorja.

c) Čas in hitrost čiščenja. Čas, potreben za čiščenje, preračunamo neposredno iz pogonske sile, porabe čistilnega sredstva in vzdrževalnih stroškov na kos, ali enoto teže. Tako so n. pr. toplotno obdelana kovinska čistilna sredstva vzdržljivejša in ekonomičnejša od zrn trde litine, ne učinkujejo pa v nekaterih primerih tako hitro, n. pr. pri odstranjevanju oksidne kože. Sprememba množine in vrste komadov, ki naj jih očistimo, lahko dovede do spremembe tudi v vrsti in velikosti uporabljenega čistilnega sredstva. Tako se lahko storilnost nekega stroja, ki dela s finim kovinskim peskom že s polno kapaciteto, še poveča z uporabo večjih zrn, toda površina bo zato bolj hrapava. Hitrejša čiščenja je mogoče doseči tudi s povišanjem pritiska pri stisnjenem zraku, ali povečanjem števila obratov turbine. Na vsak način sta potrebna skrb in izkušnja pri izbiri čistilnega sredstva, da v najkrajšem času lahko dosežemo zaželeno rezultate.

d) Stroški čistilnega sredstva. Ker znašajo stroški za čistilno sredstvo okoli 40 odstotkov vseh stroškov čiščenja, je to vprašanje zelo važno. Po teži je pesek najnecejši, moramo pa ga često obnavljati in tudi kontrola in odstranjevanje prahu ni enostavno. Čistilno sredstvo iz trde litine je v nabavi ceneno, ker pa se hitreje obrabi kot toplotno obdelana zrna trde litine, oziroma narezana jeklena žica, so le-ta kljub višji nabavni ceni zaradi večje vzdržljivosti ekonomičnejša.

e) Vzdrževanje. Stroški za delovno silo in rezervne dele lahko znašajo 25 do 60 odstotkov vseh stroškov čiščenja. Zato je ta vrednost pri izbiri čistilnega postopka ravno tako važna, kakor površina in hitrost. Trša čistilna sredstva imajo za posledico večje vzdrževalne stroške kot mehkejša.

Lahko trdimo, da je mehansko čiščenje dobro izvedeno le takrat, kadar dosežemo zahtevano površino v najkrajšem času in z najnižjimi stroški na komad, ali enoto očiščene površine.

II. OPIS IN DELO NAPRAV

Za mehansko čiščenje je v industriji toliko možnosti uporabe, da se je razvila cela vrsta različnih strojev. V splošnem jih lahko razdelimo po namenu, kateremu služijo. Z ozirom na način dela pa se delijo v dve skupini, in sicer: 1. stroji na stisnjeni zrak, ki jih v železarnah bolj malo uporabljajo in so v nadaljevanju obdelani bolj na kratko, ter 2. turbinski stroji.

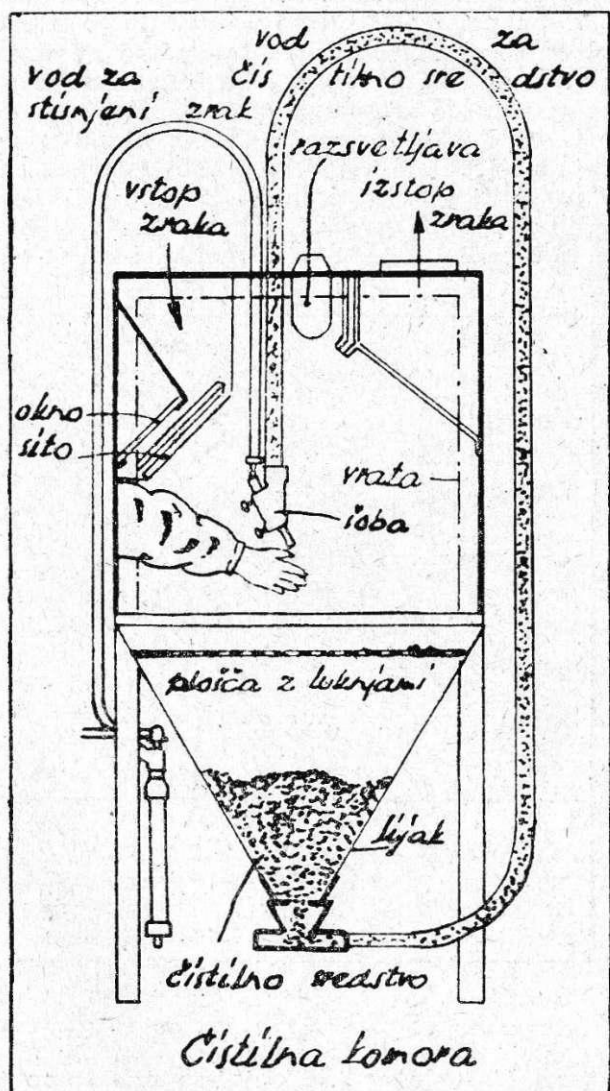
1. Čistilni stroji na stisnjeni zrak

Obstojata mnogo različnih izvedb, vendar so v glavnem poznane tri vrste z ozirom na način dela:

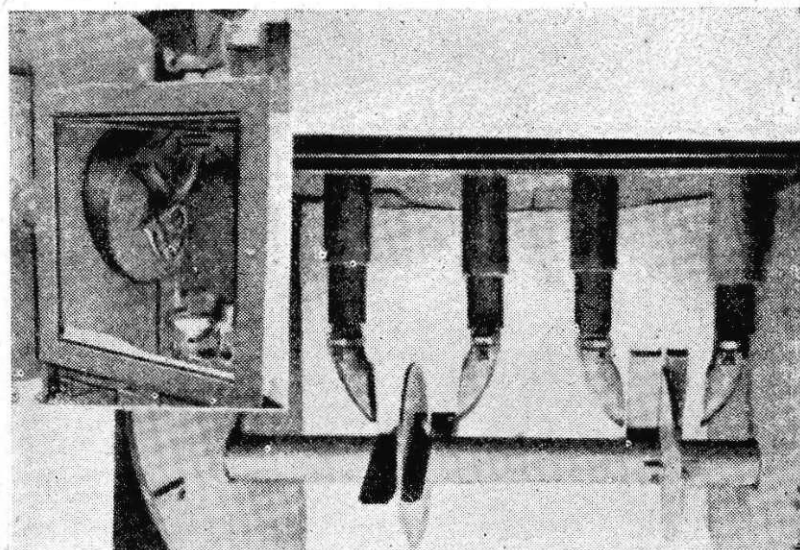
- a) naprave, kjer se giblje čistilno sredstvo s sesanjem,
- b) naprave, kjer se giblje čistilno sredstvo z lastno težo,
- c) naprave, kjer se giblje čistilno sredstvo z neposrednim pritiskom.

a) Naprava, pri kateri se giblje čistilno sredstvo s sesanjem, je sestavljena iz šobe, cevi med šobo in rezervoarjem s čistilnim sredstvom ter dovodom stisnjenega zraka k pištoli. Ko se pri prehodu iz manjše zračne šobe v večjo delovno šobo komprimirani zrak razširi, nastane v tem prostoru delni vacuum. Ta srka čistilno sredstvo skozi cev v delovno šobo, kjer se pomeša z zračnim curkom in izhaja iz pištole s hitrostjo okoli 50 cm/sek in pritiskom okoli 6 kg/cm².

Stroji s tem načinom dela so poceni. Vendar pa je to najmanj učinkovit postopek od vseh treh zgoraj omenjenih. Zračni pritisk se žrtvuje, da se pomeša stisnjeni zrak s čistilnim sredstvom, obenem pa se tudi zmanjša brzina. Poleg tega je količina čistilnega sredstva omejena z zračnim pritiskom. Delo te naprave je razvidno iz slike 1.



Slika 1.



Slika 2.

b) Ta postopek deluje po istem principu kot prejšnji, samo z razliko, da se čistilno sredstvo dviga mehansko in z lastno težo pada proti pištoli, oziroma delovni šobi. Uporabljen je ista pištola kot prej, vendar je količina izpihanega čistilnega sredstva na kubični meter zraka večja ter je možno zato obseči večje delovne površine. Zaradi dodatnih naprav je ta način malo dražji.

c) Pri tem postopku je čistilno sredstvo v rezervoarju pod istim pritiskom kot v cevi, ki dovaja stisnjeni zrak do mešalne komore. Množina čistilnega sredstva je 2 do 3 krat tako velika kot pod b) in 4 krat tako velika kot pod a). Hitrost je okoli 70 m/sek in pritisk okoli 6 kg/m².

2. Turbinski čistilni stroji

Čistilne naprave brez uporabe stisnjenega zraka se odlikujejo v tem, da se čistilno sredstvo pospešuje s centrifugalno silo. Pri tem načinu dela pa obstoja predpogoj, da čistilno sredstvo dovajamo pod najugodnejšimi fizikalnimi pogoji in to ne samo pri dovodu v turbino, ampak tudi pri porazdelitvi istega na lopatice.

Pri mehanskem pospeševanju čistilnega sredstva je bil storjen velik napredek z uporabo turbin. Predvsem so napredovali pri uporabi različnih novih snovi, tako materiala, odpornega proti obrabi, izdelave tesno zaprtih ležajev, uporabe kovinskih čistilnih sredstev in — kar je verjetno najvažnejše — posebnih detajlov pri izdelavi turbin, ki mečejo zrna na čiščeni kos.

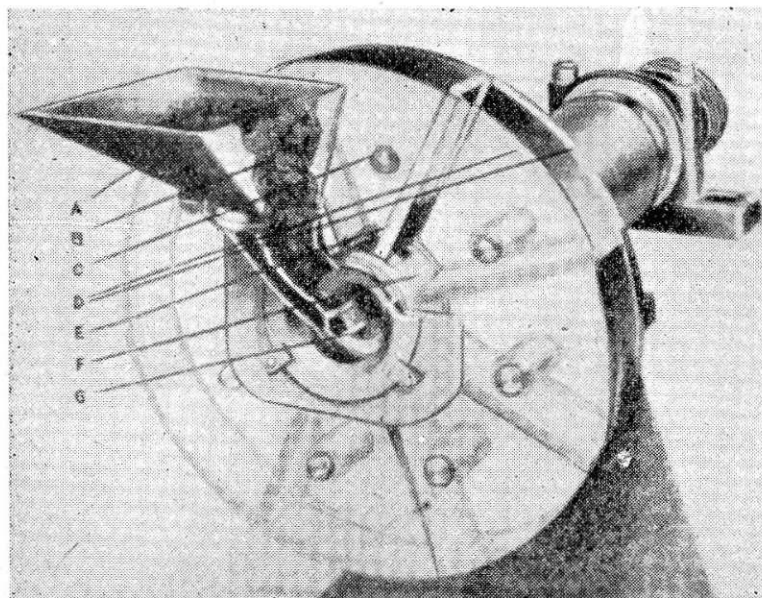
Vrednosti, ki omogočajo učinkovito čiščenje površine, so: velikost zrn in kvaliteta čistilnega sredstva, razdalje med obodom turbine in čiščenim komadom, hitrost turbine in prehodna brzina čiščenega materiala.

V poslednjih 20 letih, odkar so osvojili trg tovrstni stroji, sta se iz mnogih različnih izvedb izkristalizirali dve temeljni izvedbi, katerih značilnosti so naslednje:

- a) stroji, pri katerih dospe čistilno sredstvo do lopatic turbine s prostim padom, t. j. lastno težo;
- b) stroji, pri katerih doteka čistilno sredstvo do lopatic turbine z dobljenim predpospeškom, spremembo smeri gibanja in brez udarca.

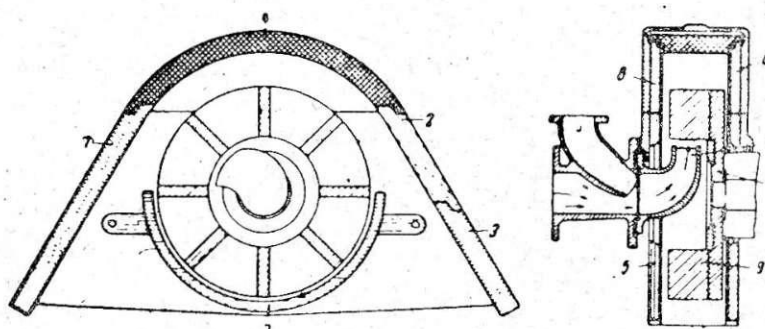
Ad a) Pri tem načinu dovoda čistilnega sredstva padajo zrna skozi dovodne cevi prosto navzdol na lopatice, ki jim spremenijo smer za 90 stopinj. Nato pa drsi, potem ko je prevzelo obodno hitrost lopatice na tistem mestu, naprej po lopatici do njenega konca. Na eni pogonski osi je pritrjenih ena, dve ali več plošč, vsaka z dvema lopaticama. Učinek take metalne turbine je po prospektih tovarn, ki jih izdelujejo, 25 kg čistilnega sredstva na minuto in lopatico. Primer izvedbe je razviden iz slike 2.

Ad b) Turbina z drsnim dovodom čistilnega sredstva je bolj komplicirana naprava. Obstojata dva načina dovoda čistilnega sredstva na lopatice. Po ameriskem patentu — Wheelabrator turbina (slika 3 a) — prispe čistilno sredstvo s prostim padom v sredino turbine. Tukaj zagradi zrna manjše lopatičasto kolo, ki je pritrjeno na isti osi kakor turbina ter jih usmeri na lopatice glavne turbine. S tem dobijo zrna nekakšen predpospešek. Med



3 A

tem kolesom in pričetkom lopatic je še vrtljiv razdelilec, opremljen s spreminjajočo se rezo, s katerim je možno regulirati množino zrn kakor tudi izstopno smer curka. Učinek take turbine je pri primeru 495 mm, 2200 o/min in širini lopatic okoli 63 mm približno 150 kg/min.



3 B

Po nemškem patentu (slika 3 b) prispe čistilno sredstvo v sredino turbine ravno tako z lastno težo. Tukaj pa ga zagrabi tok stisnjenega zraka, ki ga preusmeri in mu da tudi predpospešek. Šoba za stisnjeni zrak je premerična, tako da je mogoče točno nastaviti smer curka. Pritisk zraka je okoli 400 m v.s. Na turbinske lopatice dospe tako mešanica čistilnega sredstva in stisnjenega zraka. Zrna ležijo torej pri vstopu na lopatice na zračni blazini. Učinek takšne turbine v istih izmerah kot preje omenjeno, pri istem številu obratov 2200 o/min, znaša pri pritisku zraka 400 mm v.s. približno 150 do 180 kg na minuto.

S tem je o principu delovanja stroja povedano vse. Napravo je treba samo še prilagoditi zaželenemu namenu, čiščenemu komadu in najlažjemu rokovanju. Pomožne naprave za vjem, zbiranje, dotok, sejanje in čiščenje čistilnega sredstva se razlikujejo samo po svoji velikosti.

Ko zapusti čistilno sredstvo lopatice, napravi curek podolgovato stožičasto pahljačo (slika 4), ki zajame široko delovno območje. Zaradi tega so ti stroji primerni za splošna čistilna dela in za čiščenje velikih komadov.

Število potrebnih turbin in njihova lega v čistilni komori je določena z velikostjo, obliko in težo komadov, ki se čistijo, kakor tudi z obratnimi pogoji, zaželeno površino in produkcijo.

Po načinu dela jih delimo v stroje z enkratnim vložkom, kontinuirne stroje in stroje z vrtečo se mizo.

Pri strojih z enkratnim vložkom se zakladanje vrši ročno, ali strojno v boben, ali poglobitev verižnega traku. Stroj sam zahteva malo prostora in enostavne fundamente. Ker nastopajo pri čiščenju velikih komadov sorazmerno močni udarci, je treba istočasno založiti tudi

komade trdega desa ali odpadke gumija, da jih ublažijo. Istočasno, ko se požene turbina, se požene tudi boben, oziroma verižni trak. Stroj se izprazni s pogonom verižnega traku v obratni smeri. Naprava je primerna za čiščenje odlitkov, sive-, temper- in jeklotine kakor tudi kovanega materiala.

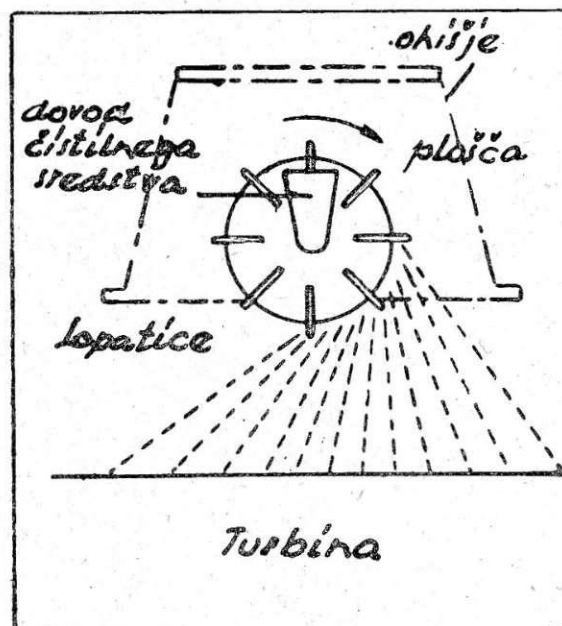
Stroj z vrtečo se mizo je sestavljen v glavnem iz velike vodoravne okrogle vrteče se mize z rotirajočimi krožniki, na katere se naloži material. Na strani, kjer je miza odprta, se zaklada in razklada material. Ostali del mize je tesno zaprt in ima vgrajene turbine. Stroj je primeren za čiščenje tenkostenskih odlitkov in zaradi močnega odbojnega efekta tudi za njihove komplicirane odlitke.

Kontinuirni stroji delajo tako, da se na eni strani material zaklada, nakar potuje skozi čistilno komoro, ki jo očisti zapusti na drugem koncu. V odvisnosti od zaželenega učinka je montiranih 2, 4, 6 ali več turbin, katere imajo lahko različno lego in razporeditev: navpično od zgoraj ali spodaj, s strani, pri čemer je možna nastavitve turbin pod gotovim kotom ustrezno materialu. Hitrost premikanja skozi čistilno komoro se lahko regulira, tako da dosežemo optimalni čistilni učinek.

Z ozirom na vrsto uporabe ločimo:

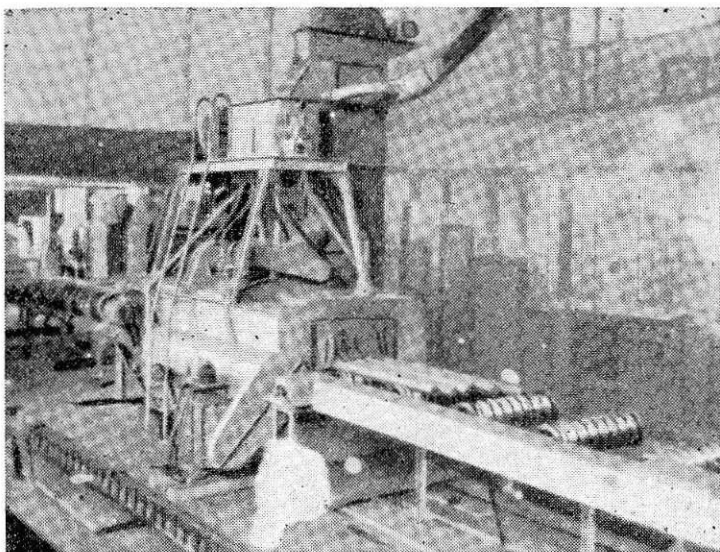
Kontinuirni stroj za odlitke. S pomočjo neskončne verige z obešalnimi kavli se komadi pomikajo skozi čistilno komoro, v kateri prekoračijo široko in intenzivno ceno čiščenja. Z obešanjem odlitkov se doseže maksimalno varovanje, da se lahko brez nevarnosti zloma čistijo tudi tankostenski odlitki. Poleg tega pa omogoča ta sistem tudi vložek v teži in obliki zelo različnih komadov. Zastor iz gumija pri vstopni in izstopni odprtini preprečuje uhajanje čistilnega sredstva. Pri prehodu skozi čistilno cono se material vrti tudi na obešalnikih, tako da je čiščenje enakomerno in vsestransko.

Stroj za čiščenje toplo valjanega tračnega železa. Trak se pomika skozi komoro v navpični legi, kar nudi popolno sigurnost, da ne obleži noben delček čistilnega sredstva na traku in niso potrebne nikake naprave za odstranjevanje istega. — Stroj je opremljen z dvema turbinama na vsaki strani. Širino curka čistilnega sredstva je treba prilagoditi širini traku. Če je širina traku tako velika, da je smer curka pravokotna na smer materiala, potem določa poleg števila turbin tudi vrsta in množina čistilnega sredstva brzino prehoda. Kjer ni mogoče čistiti trakov enake širine in ni mogoče izkoristiti stroja s čiščenjem več ožjih trakov istočasno, je treba turbine usmeriti v smer prehoda traku. Vse te možnosti so pa odvisne od proizvodnega programa valjanja. Stroj je treba opremiti tudi z odvijalcem in navijalcem.



Slika 4.

Stroj za čiščenje cevi. Stroj ima eno samo turbino. Čiščenje vse površine omogočijo valjčnice, ki premikajo cev skozi stroj in jo istočasno vrtijo okoli podolžne osi.



Slika 5.

Ta stroj se lahko uporabi tudi za čiščenje okroglega paličnega jekla, vendar ima, ker gre skozi stroj vedno le en komad, sorazmerno majhno storilnost.

Stroj za čiščenje polizdelka. Čistimo lahko kvadratne gredice od 50 do 200 mm in to tako, da je možno opaziti vse napake, kakor n. pr. rise, luskine in raztrganine.

Naprave so običajno opremljene s 4 turbinami, od katerih sta dve na zgornji strani, ostali dve pa na spodnji in se tako material čisti istočasno od obeh strani. Material pomikajo skozi čistilno komoro poganjane profilirane valjčnice z različno brzino. Ravno tako je možno čiščenje platin v poševni ali vodoravni legi (slika 5).

Stroj za čiščenje paličnega železa. Pri čiščenju paličnega jekla, posebno še tistega za nadaljnjo hladno predelavo, so prišli do prepričanja, da je treba za dosego čiste in gladke površine postaviti dvojne čistilne komore, eno za drugo. Prva komora ima nalogo grobo očistiti površino, zato uporabljajo v njej bolj grobo čistilno sredstvo kakor v drugi komori, kjer z uporabo finejših zrn dosežejo zaželeno žametno površino.

III. ČISTILNO SREDSTVO

Pravilna izbira čistilnega sredstva za mehansko čiščenje je izredno važna, ker je odvisen od vrste, velikosti in oblike zrn učinek čistilne naprave, kakor tudi končni izgled čiščene površine. Ker čiščenje lahko odgovarja globokemu piljenju, ali pa lahjemu izmivanju, je treba upoštevati naslednje vplive:

- vrsto materiala, ki ga čistimo,
- obliko komada,
- vrsto materiala, ki ga odstranjujemo in želeno površino.

Najprej je potrebno ugotoviti, kakšne vrste čistilnih sredstev so na razpolago in kakšen je njihov čistilni učinek. Upoštevati moramo obliko in velikost zrn in vpliv velikosti zrn na čiščenje. Končno pa je treba pomisliti še na stroške na enoto čiščene površine, na katero vplivajo:

- poraba čistilnega sredstva,
- potrebni delovni čas,
- možnost ponovne uporabe čistilnega sredstva in stroški za odstranjevanje prahu.

A. Vrste čistilnih sredstev

Da bi lahko zadostili širokemu območju čiščenja, je na razpolago precej vrst različnih čistilnih sredstev. Ločimo v glavnem 4 skupine, ki so razvidne iz tabele 1.

Trša čistilna sredstva učinkujejo globlje in hitreje kakor mehkejša. Vendar je treba uporabljati samo tista, ki so dovolj mehka, da ne poškodujejo površine preki so mehkejša kakor čistilni material, lahko očistijo ki so mehkejša, kakor čistilni material, lahko očistijo površino, ne da bi se bistveno spremenila dimenzija komada. Poleg tega je tudi obraba strojnih delov čistilne naprave manjša.

kovinska	umetna	naravna	iz zemeljskih produktov
trdi liv	Si-karbid	granat	lupine kokos orahov
trdi liv	Al-oksidi	kremenjak	-- orahov
temper liv	steklene perle	kamenje	-- lesnikov
jeklo liv	žlindra		-- brusni papir
narezana žica			-- črnji pekt
aluminij			luskine riža
medenina			zlate koruze
baker			pšenična zrna

Tabela 1.

Oglejmo si pobliže predvsem tista kovinska čistilna sredstva, ki pridejo v poštev za odstranjevanje oksidne plasti s toplovaljanih izdelkov in pripečenega kaluparskega peska z odlitkov.

1. Zrna trdega liva (Hartgusschrott, Chillediron) dobimo z razpihanjem tekočega litiga železa in ohlajenjem

2. omljenje zrn, nastalih po prejšnjem postopku, ki imajo preko 3 mm premera, nam da pesek trdega liva z ostrimi robovi (Hartgusskies, grite).

3. Dodatna toplotna obdelava izdelkov, dobljenih pod 1 in 2 nam da poboljšani material, ki ima boljše lastnosti predvsem glede vzdržljivosti (Waermebehandelter Hartgusschrott oziroma -kies, malleable abrasive).

4. Narezana jeklena žica (cut-wire).

5. Izdelava, podobna prvemu postopku z razliko, da se mesto litiga železa uporablja lito jeklo (Stahlgusschrott, true steel).

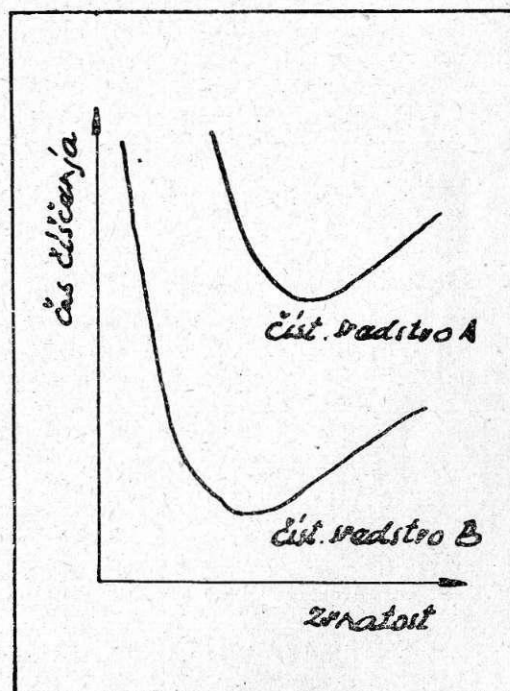


Diagram št. 1

Razlika med litoželeznim in jeklenim čistilnim sredstvom je precejšnja. Slednji ima nasproti prvooomenjenemu daljšo življenjsko dobo, in sicer 1,5 do 3 kratno nasproti zrnem poboljšane trde litine, proti trdi litini pa 2,5 do 5 kratno. Drobci narezane jeklene žice imajo 6 do 20 kratno življenjsko dobo trde litine. Seveda pa te vrednosti nihajo z ozirom na obratne razmere. Razlika nastopa v tem, da se zrna navadne trde litine hitro zdrobijo, poboljšana zdrže dalje časa, pa se končno tudi zdrobe, medtem ko se zrna jeklotitine in narezana žica samo obrabijo. Tudi z ozirom na obrabo strojnih delov pokažejo jeklena čistilna sredstva precejšnje prednosti.

Večino kovinskih čistilnih sredstev lahko uvrstimo med zrna in drobce. Zrna so toliko okrogla, kolikor dopušča njihova gospodarska izdelava, dočim imajo

drobci nepravilne oblike in mnogo ostrih robov. Zrna delujejo kot kladivo in lomijo oksidno plast, ki odpada. Drobci pa udarjajo in z ostrimi robovi režejo površino. Zaradi teh razlik v delu čistilnih sredstev uporabljajo zrna in drobce v različne namene.

Če hočemo biti na jasnem o uporabi velikosti zrn, je treba upoštevati obliko komada, ki ga čistimo. Ker se velika zrna odbijajo od površine, so ta posebno primerna za čiščenje komadov s kompliciranimi oblikami. Velika zrna odskočijo od težje dosegljivih delov in opravijo tako večkratno delo preden izgubijo energijo. Poleg tega pa velikost zrna vpliva tudi na čas čiščenja, kakor je razvidno iz diagrama 1. Čista površina je odvisna namreč pri istem čistilnem sredstvu od kinetične energije in od števila zrn na enoto površine. Pri manjši zrnatosti narašča čas čiščenja zaradi zmanjšane kinetične energije, pri veliki zrnatosti pa zato, ker zrna slabo pokrijejo površino, ki jo čistimo. Torej obstoja neka optimalna zrnatost, kjer dosežemo najboljše rezultate, tako glede hrapavosti površine kakor tudi časa čiščenja.

Debelina komadov pa omejuje velikost zrn. Ker so velika zrna težja in imajo zato tudi večjo kinetično energijo, zadenejo površino z večjo silo, kar ima lahko pri komadih s tankimi stenami za posledico občutno spremembo oblike.

Tudi izgled površine po čiščenju določa velikost zrn. Pri manjših zrnih je površina finejša, pri večjih pa bolj groba. Z zrnatim čistilnim sredstvom dobimo bolj gladko površino kot pri čiščenju z drobci, kjer je površina bolj hrapava in pokrita z majhnimi neenakomernimi urezi.

B. Standardi

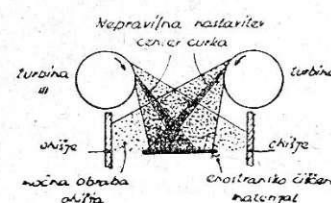
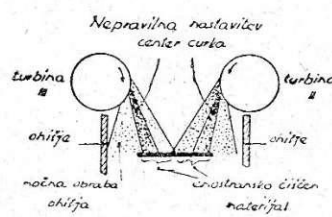
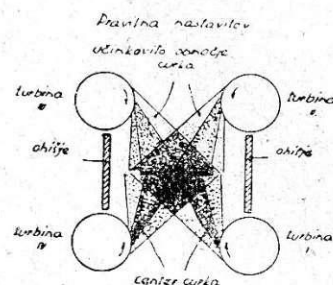
Doslej so fiksne norme za velikost zrn in množico, t.j. določena teža na enoto čistilnega sredstva določene zrnatosti, izdelali samo Amerikanci. Razvili so postopek za merjenje velikosti zrn na podlagi sejalne analize. Čistilno sredstvo dobi oznako po tistem situ, kjer se ga največ zadrži, in sicer 85 do 65 odstotkov pri zrnih in 80 do 20 odstotkov pri drobcih. Iz tega podatka vidimo, da je velikost drobcev zaradi neenakomernosti teh zelo težko določati. Tako pomeni oznaka G 18 drobce, ki odgovarjajo situ št. 18, oziroma velikosti zank v tem situ in s tem premeru drobcev $0.0394'' = 1,0$ mm. Odgovarja joče pomeni S 330 zrna, katerih velikost odgovarja $0.0331'' = 0,84$ mm.

C. Uporabnost čistilnih sredstev

Rastlinska čistilna sredstva se obnesejo pri odstranjevanju maščob, olja in podobnih nečistoč. Ker gre v tem primeru v glavnem za odpadke, so cenejša kot čistilna sredstva na bazi petroleja. Ker ta sredstva vsrkavajo maščobo, je njihov učinek podoben temeljitemu izmivanju. Največ uporabljamo zmleto koruzo, kubična zrna trdega lesa in orehove lupine. Različne stopnje učinkovitosti dosežejo s primešavanjem trših rastlinskih čistilnih sredstev. Ker so zrna sorazmerno lahka, jih uporabljamo predvsem v napravah na stisnjeni zrak.

Umetna in naravna čistilna sredstva služijo v napravah, ki delajo s tlačno vodo.

Kovinska čistilna sredstva uporabljamo v različne namene, običajno v turbinskih čistilnih strojih:



Slika 6.

za odstranjevanje ostankov varjenja uporabljamo drobce v velikosti G 25 do G 40;

pri odstranjevanju rje in drugih korozijskih pojavov imamo opravka z več stopnjami trdovratnosti. Običajno

dobro služijo kovinski drobci v velikosti G 18 do G 50;

pri odstranjevanju starih barvnih prevlek mora biti površina za novo prebarvanje čim bolj gladka, da je poraba barve čim manjša. Primerna velikost G 40 do G 50.

Čiščenje predmetov za različne kovinske prevleke je odvisno od debeline iste. Debelejše prevleke zahtevajo bolj grobo površino, ki nudi boljšo podlago. Velikost zrn G 18 do G 40 zadovolji v vseh primerih.

Prosti ogljik, ki ostane po čiščenju na površini komadov, lahko povzroči po izvršenem emajliranju mehurčke ali odluščenje plasti. Ta prosti ogljik odstranimo s tem, da predmet pomočimo v kadečo HNO_3 , ali pa dodamo čistilnemu sredstvu manjše množine kaluparskega peska. Za odstranjevanje oksidne plasti in kaluparskega peska priporočajo Amerikanci naslednja čistilna sredstva:

	zrna	drobci
Trda litina	S 550 — S 330 1,4 — 0,58 mm	G 16 — G 40 1,19 — 0,42 mm
Toplotno obdelana trda litina	S 500 — S 330 1,4 — 0,84 mm	G 18 — G 40 1,0 — 0,42 mm
Jeklo	S 660 — S 390 1,68 — 0,99 mm	G 14 — G 25 1,41 — 0,71 mm

Za čiščenje pločevine 6 do 2,8 mm naj uporabljamo drobce velikosti G 40 do G 50 t.j. manjše od 0,42 mm premera. Pri debelini 2,8 do 1,3 mm drobce G 80 t.j. finejše od 0,18 mm in pri debelini pod 1,3 mm naj uporabljamo samo še tekoča čistilna sredstva. Pri čiščenju toplovaljanih polizdelkov so bili doseženi najboljši rezultati z narezano jekleno žico v dimenzijah 1,2 do 0,3 mm premera, s trdnostmi med 100 do 200 kg/mm², lahko pa tudi več.

Čim občutljivejša je površina, toliko finejše mora biti tudi čistilno sredstvo. Za preiskavo paličnega železa na risavost z magnetofluksom uporabljamo drobce velikosti G 80.

D. Kontrola čistilnega sredstva

Kontrola čistilnega sredstva je zelo važna za uporabnost istega. Vrednost udarne zmožnosti določimo s sejalno analizo, t.j. iz zmožka števila zank in pripadajoče količine čistilnega sredstva.

$$N = x K (S_1 P_1 + S_2 P_2 + \dots)$$

N = število vseh zrn čistilnega sredstva

K = konstanta (za vsako preizkuševalno aparaturo)

S = število zank

P = ostanek čistilnega sredstva v situ.

Če pregledamo dobavljeno čistilno sredstvo pred in po uporabi, potem lahko dobljene rezultate za Nm (po uporabi) in N (pred uporabo) primerjamo med seboj in dobimo vrednost, ki da sliko o kvaliteti uporabljenega čistilnega sredstva. Čim bližja je ta vrednost 1, tem boljše je čistilno sredstvo, čim večje je ta številka, tem več čistilnega sredstva je porabljenega. Na ta način je možno napraviti zaključke, če se poslužimo še metalografske in trdnostne preiskave o kvaliteti različnih vrst čistilnih sredstev.

IV. DELOVNI POSTOPEK PRI TURBINSKIH ČISTILNIH STROJIH

Za dobro delo čistilne naprave naj veljajo naslednja pravila:

— čistilna naprava mora biti vedno polno obremenjena, da curek čistilnega sredstva pravilno pokrije čiščene komade in tako preprečimo prekomerno obrabo ohišja čistilne komore in valjčnic;

— važno za skrajšanje časa čiščenja je, kolikokrat so čiščeni komadi izpostavljeni delovanju curka. Zadržanje komadov med čiščenjem je treba opazovati posebno pri strojih z bobnom in skrbeti za to, da posamezni komadi ne drsijo eden na drugem, ampak da zavzemajo vedno novo lego;

— paziti je treba, da izgube čistilnega sredstva ni so prevelike;

— stalno je treba uravnavati in kontrolirati čistilno sredstvo;

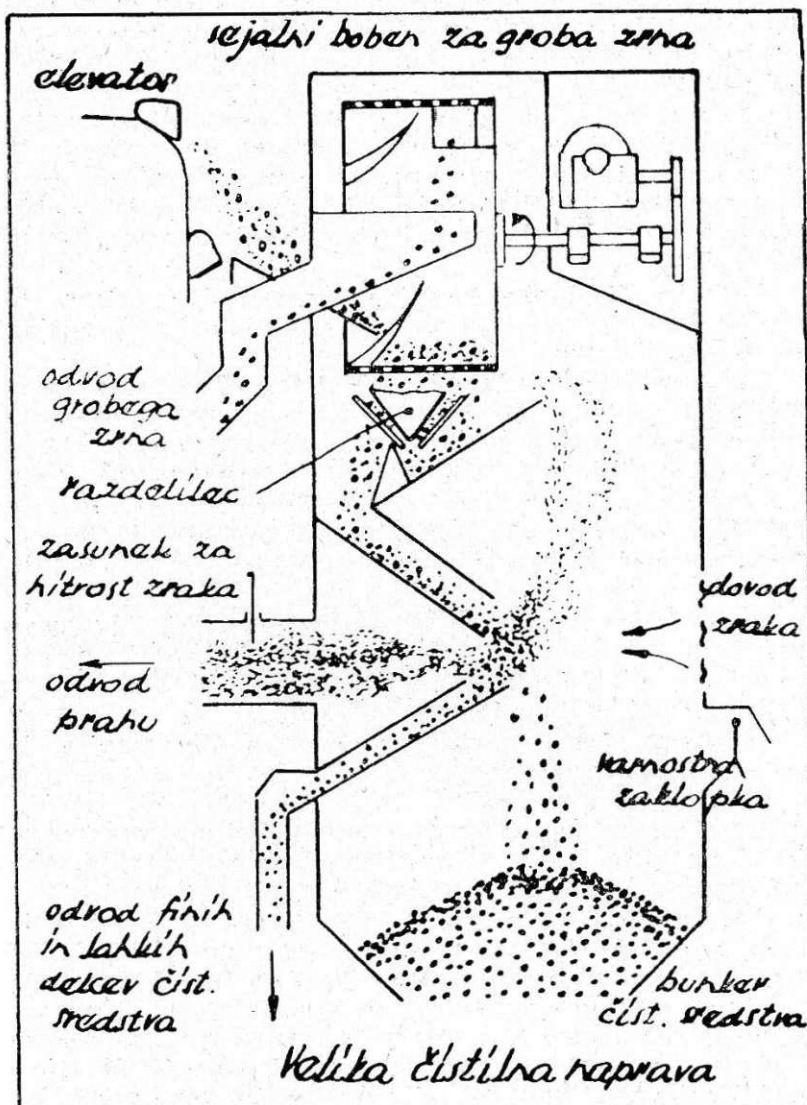
— fiksirati je treba način ugotavljanja dela čistilne naprave. Ta je lahko različen z ozirom na vrsto uporabljenega čistilnega sredstva, čiščenega materiala itd.

A. Nastavitev curka

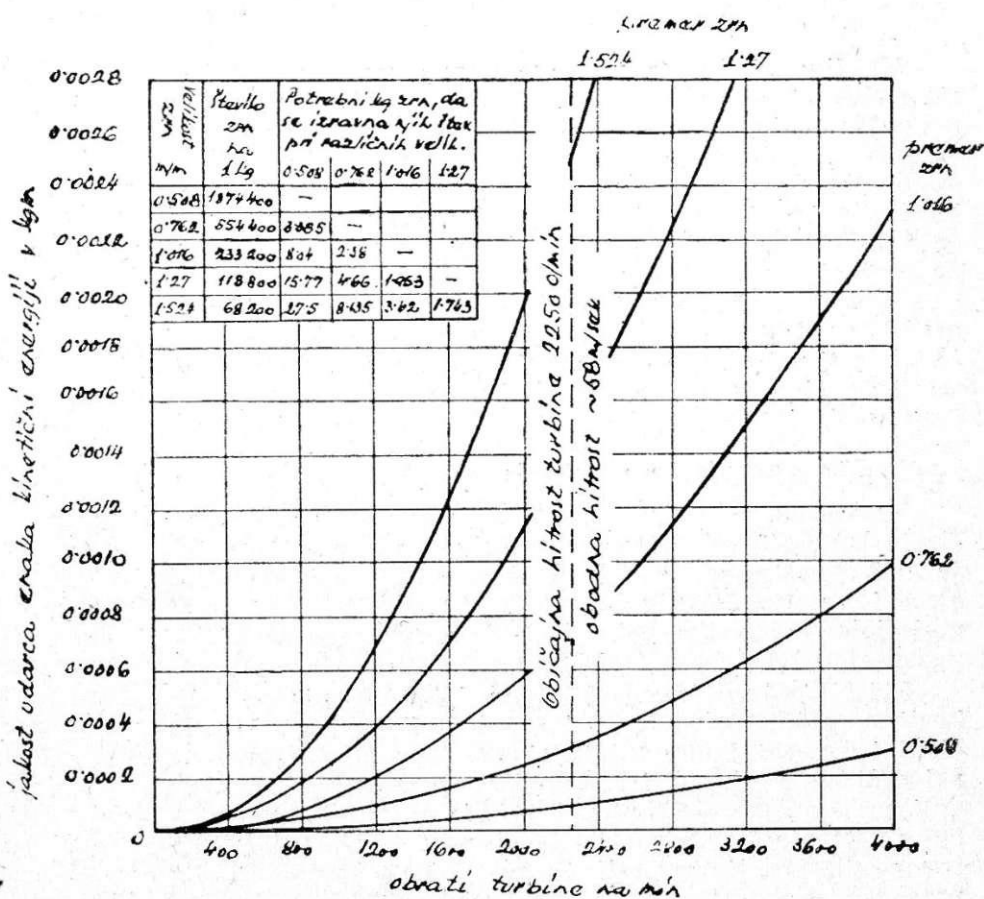
Če postavimo nov stroj — in seveda tudi redno med obratovanjem — mora biti kontrolirana slika pahljačaste oblike curka. To izvršimo na ta način, da primerno ploščo pločevine v isti višini in poziciji kakor material, ki ga bomo čistili, izpostavimo zakratek čas obmetavanju s čistilnim sredstvom. Nato pregledamo sliko curka, odtisnjene na pločevini. Če se srednja linija vzorca, povzročenega od curka, ne ujema s srednjo komo, moramo spremeniti lego materiala, ki gre skosi komoro, ali pa smer delovanja turbine, oziroma izstopno smer curka. Iz slik št. 6 je razvidna razvrstitev turbin in curki čistilnega sredstva, kakor tudi primeri nepravilne usmeritve curkov in njene posledice.

B. Uravnavanje velikosti zrn čistilnega sredstva

Pri čiščenju s turbinskimi stroji čistijo materialni delci z visoko kinetično energijo. Energija ali sposobnost dela teh delcev je enaka neposredna njihovi masi in



Slika 7.



Linična energija pri različnih hitrostih turbine v odvisnosti od velikosti zrn

Diagram št. 2

kvadratu hitrosti. Ker imajo majhna zrna tudi majhno maso, je tudi njihova energija majhna. Iz diagrama 2 je razvidna kinetična energija delcev pri različnih hitrostih turbine in v odvisnosti od velikosti zrn.

Če teh majhnih delcev z nizko kinetično energijo prčasno ne odstranimo iz delovnega procesa, ampak jih pustimo, da se dolgo časa nabirajo ter tvorijo že pretežni del celotne množine čistilnega sredstva, se nujno podaljša doba čiščenja v istem razmerju. Zato je treba velikost zrn stalno kontrolirati, da se lahko drobci, ki se pri delu zdrobijo ali obrabijo, pravočasno odstranijo. Za odstranjevanje vseh manjših delcev čistilnega sredstva, kakor tudi manjših in večjih zrn šlake in peska, ki izvirajo in čiščene površine, uporabljamo posebne sejalne in odpraševalne naprave. Ti delci, bodisi drobni ali grobi, ovirajo in zmanjšujejo učinek naprave ter življenjsko dobo stroja.

Pri vseh čistilnih strojih uporabljamo sejalno napravo, ki deluje na principu težnosti. Z zračnim tokom sesalne naprave odstranimo fine delce, pesek in prah, ki potuje s čistilnim sredstvom skozi ločilne naprave. To ločitev lahko nastavimo tako, da se izloči vsak poljubni delček določene velikosti. Pred nastavitvijo je priporočljivo, da izvršimo sejalno analizo čistilnega sredstva, kakor tudi izločenih majhnih delcev. Ločitev naj bo tako ostrá, da odstranimo vse fine delce in vendar tako točna, da ne odvzamemo stroju še dobra zrna čistilnega sredstva. Iz slike št. 7 je razvidna izvedba sejalne in odpraševalne komore.

C. Množina čistilnega sredstva na enoto časa

Oblika curka čistilnega sredstva v komori in njegova gostota je odvisna od velikosti delcev in množine čistilnega sredstva v enoti časa. Povečanje množine na enoto časa do neke določene meje povzroči gostejši curek in skrajša čas čiščenja. Množina čistilnega sredstva, ki gre skozi turbino, pa je odvisna v veliki meri od jakosti pogonskega motorja. Naprava s 15 KS motorjem in turbino s premerom 495 mm ter 2250 obratov na minuto lahko vrže 160 do 180 kg čistilnega sredstva na minuto. Motor s 25 KS pri isti turbini in istih obratih pa poveča to množino na 270 do 300 kg/min. Večje množine čistilnega sredstva zahtevajo močnejše motorje kakor tudi večje pomožne naprave.

Množino čistilnega sredstva uravnavamo z odprtino, skozi katero stopa sredstvo v turbino. Večja odprtina propuša večje množine in obratno. Ker se pri turbinskih strojih spreminja poraba električnega toka v odvisnosti od množine čistilnega sredstva, ki gre preko turbine, je lahko tudi porabljen količina električne energije merilo za množino na enoto časa. Seveda mora biti ta vrednost že preje točno zmerjena in določena.

Množino lahko določimo tudi z odvzemom čistilnega sredstva, ki gre v določenem času skozi določeno odprtino. To množino stehtamo, pomnožimo s 4 in tako dobimo težo čistilnega sredstva v kg/min za napravo s 4 turbinami.

D. Uravnavanje časa čiščenja

Premočno čiščenje površin je drago in nepotrebno. Če je komad izpostavljen delovanju curka dalj časa kot je potrebno, pade storilnost naprave. S tem narastejo stroški za vzdrževanje in za tekoči meter očiščenega materiala. Prekratka doba čiščenja pa ima za posledico nezadostno očiščen material.

Pri čiščenju odlitkov se ravna doba čiščenja po velikosti in obliki komada. Pri manjših komadih, ki so v čistilni komori lahko stisnjeni eden poleg drugega, ali pri odlitkih s komplicirano obliko, je običajno potrebna daljša doba čiščenja, kot pri velikih masivnih komadih. Doba čiščenja je odvisna od temperature odlivanja. Višje temperature imajo za posledico močnejše pripečenje kaluparskega peska, kar je vzrok daljši dobi čiščenja. Pri kovanih in valjanih proizvodih je čas čiščenja odvisen od vrste oksidne kože, kvalitete, velikosti in oblike čiščenega komada.

Postopki za spreminjanje časa so različni z ozirom na vrsto naprave. Pri strojih z enkratnim vložkom — stroji z bobnom — prepustimo uravnavanje časa izkušnjam mojstra in delavcev. Pri kontinuirnih napravah za kovanje in valjanje izdelke se ravna regulacija časa po učinku naprave v kv. metru površine na minuto. Turbinske naprave lahko očistijo do 3,5 m²/min in turbino, seveda v odvisnosti od zahtevanega izgleda površine, uporabljanega čistilnega sredstva in vrste ter oblike čiščenih komadov. Kot smerne vrednosti vzamemo 2 do 3,5 m²/min za kvadratne gredice in platine, 1 do 2 m²/min za palično in profilno železo za hladno predelavo, za tračno železo za hladno valjanje 0,5 do 1 m²/min in turbino. Seveda pa se te vrednosti lahko močno spreminjajo.

Ni pa mogoče v vsakem primeru z istim strojem in istim čistilnim sredstvom (vrsta in velikost delcev) doseči iste rezultate. Ker je mehansko čiščenje površin odvisno od toliko faktorjev, je treba z novim strojem izvršiti odgovarjajoče preizkuse, da dosežemo zaželeno površino v najkrajšem času in pri najnižjih stroških.

V. IZKUŠNJE IZ OBRATOVANJA

Kot primer naj služi čistilna naprava z dvema čistilnima komoroma, katerih vsaka je opremljena s štirimi turbinami, v katere dovajamo čistilno sredstvo s stisnjenim zrakom. Skozi turbino teče približno 100 kg čistilnega sredstva na minuto. Vsaka turbina ima svoj pogon z elektromotorjem 8 KS in 3000 obratov na minuto. Pritisk zraka pred mešalno šobo znaša 200 do 250 mm v sek. pri zgornjih turbinah in 350 do 400 mm v sek. pri spodnjih.

Zrnatost čistilnega sredstva mm	Očiščena množina mater. t	Čas čiščenja h	Poraba čistilnega sredstva			Vložek t/h
			celotna količina kg	na tona očiščenega materiala kg	na tona obratno uro kg	
06	7668	2324	10130	132	446	330
08	5303	1454	6470	122	445	365
09	3557	770	4260	119	554	461
12	2161	487	2610	120	533	444

Tabela št. 2

Ta čistilna naprava je predvidena za čiščenje paličnega železa za hladno predelavo in to za vložek 1030 ton mesečno pri enozmenskem obratovanju. Čistili naj bi 750 ton okroglega železa s srednjim premerom 28 mm in 250 ton ploščatega železa s povprečno dimenzijo 50 × 10 milimetrov. Železo je v glavnem SM-kvalitete s srednjo vsebnostjo ogljika. Legirano jeklo čistimo le malo.

Profilirana valjčnica za prenos materiala skozi komoro ima 1000 mm koristne širine. Na njej se lahko razvrsti 16 palic dimenzije Ø 45 mm ali 9 palic dimenzije Ø 45 do 60 mm. Dosežena storitev je bila nezadovoljiva, zato se je učinek valjčnice s primernimi napravami precej povečal. Število palic se je podvojilo ali celo potrojilo.

Kot čistilno sredstvo je bila uporabljena narezana jeklena žica s trdnostjo 160 do 180 kg/mm² in kemično sestavo 0-60 % C, 0,30 % Si in 0,50 % Mn. Za grobo čiščenje v prvi komori je bila zrnatost 0,6 do 1,2 mm, za gladkanje v drugi komori pa zrna 0,4 mm, ozir. je bilo uporabljeno odpadno čistilno sredstvo iz prve komore. Čistili so toplo valjano in tudi toplotno obdelano palično železo. Premik palic je bil z ozirom na vrsto škafe med 400 do 1100 mm/min, ker se je oksidna plast iz toplotno obdelanih palic težje odstranila.

Dosežena poraba čistilnega sredstva in doseženi učinek čistilne naprave sta razvidna iz tabele št. 2. Iz te je razvidno, da leži poraba čistilnega sredstva na tona vložka, če ne upoštevamo zrnatosti 0,6 mm, približno na isti višini. Ker so pričeli čistiti s čistilnim sredstvom 0,6 mm, se visoka poraba istega lahko razloži z začetnimi težavami in slabim izkoriščanjem kapacitet.

Učinki naprav, navedeni od različnih firm v kvadratnih metrih očiščene površine na turbino in minuto, imajo samo delno veljavo, kajti učinek čistilne naprave je odvisen — velikost sejalne naprave in vrsta čistilnega sredstva se ne upoštevata — v glavnem od vrste oksidne kože in dimenzije čiščenega materiala. Tako je pri palicah Ø 10 mm, premiku 1000 mm/min in istočasnem vložku 18 palic učinek približno 0,15 m²/turbino in minuto; pri vložku Ø 45 mm, istem premiku in enakem številu palic pa približno 0,65 m²/turbino in minuto, to je 4-krat več. Ta primer kaže, da pride učinek v kvadratnem metru očiščene površine na turbino in minuto za vrednotenje gospodarnosti postopka v pošttev samo takrat, če neka naprava stalno čisti material istih dimenzij z isto vrsto oksidne kože, kot je to primer pri čiščenju cagljev in platin.

Poraba čistilnega sredstva na uro je odvisna od vložka na enoto časa. Dobljene vrednosti so se sukale okoli garantiranih.

Zagotovljena produkcija 1000 ton paličnega železa v 200 obratovnih urah ni bila dosežena, ker so povprečne dimenzije v programu čiščenja ležale nižje, kot je bilo prvotno predvideno. Dosežena je bila kapaciteta 5 t/h.

Izgube na teži so z ozirom na dimenzijo in kvaliteto različne. Pri dimenziji Ø 26 mm in kvaliteti C 15 je bila ugotovljena izguba 0,4 %, ki je manjša kot pri luženju — 0,7 odstotka.

Površinske napake se pri mehanskem čiščenju jasno pokažejo. Odločilno za efekt pa je, da so zrna cilindrična in ostroroba, kajti okrogla oblika zrn učinkuje kot kladivo in bi dosegli ravno nasprotni učinek.

Da bodo izgube čistilnega sredstva čim manjše, je potrebno paziti na tesno zapiranje vrat in vseh odprtín, kajti fino zrnato čistilno sredstvo teče kot voda in uhaja skozi najmanjše razpoke. Novo čistilno sredstvo je treba dodajati tekoče v manjših množinah, ker le tako bo dosežen enakomeren učinek čistilne naprave.

Za uspeh čiščenja je čistoča čistilnega sredstva, to je brez prahu in ostalih primesi, zelo pomembna. Poleg zmanjšanja učinka vpliva prah tudi na izgled paličnega železa po hladni obdelavi — palice so temne. Priporočljiva je postavitve odpraševalne celice tik za čistilno komoro. Ta prah se tudi zelo rad vname in je treba paziti pri varjenju v bližini naprave. Dodatne pomanjkljivosti, ki jih povzroči prah na palicah, so večja obraba votlic, hitro onečiščenje vlečnih olj in povečana luknjičavost.

Čiščeni material ne smemo prijemati z golo roko, temveč samo z rokavicami, kajti vlažne roke povzročajo na površini madeže, ki so vidni še po vlečenju materiala.

Potrebno je skrbno pregledovanje delov naprave, ki so podvrženi močni obrabi. Pri tem je mišljena predvsem obloga v komori. Pri kapaciteti turbine okoli 150 kg/turbino in minuto, gre v eni uri skozi komoro okoli 24 ton čistilnega sredstva in zato je važno, da je valjčnica vedno polno naložena z materialom, da se prehitro ne obrabi. Obloga čistilnih komor iz 5 mm debelih gumijastih plošč je bila potrebna popravila že po kratkem času. Stalno krpanje in skrbno pregledovanje teh plošč je treba imeti v vidu že od začetka, da se preprečijo večje motnje v obratovanju. Pri uporabi plošč iz umetne mase se je pokazala trikrat večja vzdržljivost.

Lopaticice v turbini, kjer je bilo pričakovati močno obrabo, so presenetile z dolgo življenjsko dobo. V zgornjih turbinah so bile menjane po 3200 obratovnih urah, pri spodnjih pa šele po 4150 urah. Izguba teže na lopaticah je bila v prvem primeru okoli 11 odstotkov, v drugem pa 18 odstotkov. Lopaticice so bile iz specialne litine s 7 odstotkov Cr in 1,5 odstotka Ni.

Življenjska doba ostalih delov, ki so izpostavljeni obrabi, se je sukala okoli zagotovljene, ali pa jo je prekoračila, v gotovih primerih tudi za 100 odstotkov. Na posebno močno ogroženih mestih v čistilnih komorah, kjer so bile vgrajene zaščitne plošče iz jekla (5 mm), so bile te zamenjave s ploščami iz navadne črne pločevine s pancirno natvaritvijo debeline 3 mm z rezultatom 3-krat povečane življenjske dobe.

VI. OBRATNI STROŠKI IN PRIMERJAVE

Ker pri nas še nimamo stroja za mehansko čiščenje polizdelkov in paličnega železa, da bi bilo mogoče ugotoviti stroške obratovanja, sem se v ilustracijo poslužil podatkov o obratnih stroških v nemških železarnah, obenem s primerjavo stroškov za luženje.

Primerjava obratnih stroškov dveh naprav A in B za čiščenje polizdelka, pokaže naslednje:

Naprava A, dobavljena od tvrdke Vogel & Schemmann, kjer čistilno sredstvo pada brez predpospeška na lopaticice, ki mu spremenijo smer gibanja. Naprava je predvidena za kapaciteto 12,5 t/h ter je sestavljena iz dveh strojev. Pri njej so zaposleni 4 ljudje, po en mož na vsaki strani stroja ter dva za razkladanje in nakladanje materiala. Eden od teh štirih je odgovoren za nadzor, nego in čuvanje stroja. Dovoz in odvoz materiala ni upoštevan pri izračunu stroškov.

Stroški na obratno uro so naslednji:

a) urna mezda za 4 može, vključno socialne dajatve po 2.— DM	8.— DM
b) poraba čistilnega sredstva 0,4 kg/t t. j. pri 12,5 t/h = 5 kg/h po ceni 1,55 DM/kg za zrnato jekleno čistilno sredstvo	8.— DM
c) električni tok: vsi pogonski motorji porabijo skupno 70 KW pri ceni toka 0,08 DM/KWh	5,60 DM
d) izraba lopatic: vseh lopatic je 24, vsaka stane 6,6 DM = 158,40 DM. Življenjska doba 1000 ur nam da strošek	0,16 DM
e) izraba ostalih delov: ker še ni točnih podatkov, se vzame 400 % izrabe lopatic t. j. okoli	0,64 DM
f) za reparature in vzdrževanje (ocenjeno) okoli	2.— DM
g) odpisi in amortizacija 20 % od ok. 90.000 DM je 18.000.— DM. Pri 6000 letnih urah (500 delovnih ur na mesec)	3.— DM
kar da za tono = 2,20 DM.	27,40 DM

Naprava B, dobavljena od tvrdke A. Guttmann po patentu, kjer se dovaja čistilno sredstvo v sredino turbine in dobi predpospešek s stisnjenim zrakom. Predvidena kapaciteta 15 t/h. Naprava je mehanizirana, kar se tiče odstranjevanja zrn iz čistilnega materiala in razkladanje polizdelka po končanem čiščenju. Posado sestavljajo trije ljudje.

Stroški za obratno uro so naslednji:

a) urna mezda za tri može, vključno socialne dajatve po 2.— DM	6.— DM
--	--------

b) poraba čistilnega sredstva 0,4 kg/t pri 15 ton na uro = 6 kg/h po ceni okoli 2.— DM za rezano žico	12.— DM
c) električni tok: vsi pogonski motorji porabijo okoli 50 KW. Pri ceni toka 0,08 DM/KWh	4.— DM
d) izraba lopatic: vseh lopatic je 32, vsaka stane 7,50 DM = 240 DM. Pri življenjski dobi 1000 ur znaša strošek	0,24 DM
e) izraba ostalih delov stroja kot pri napravi A računana s 400 % izrabe lopatic	0,96 DM
f) reparature in vzdrževanje (ocenjeno) okoli	2.— DM
g) odpisi in amortizacija 20 % od ok. 90.000 DM 17.000 DM. Pri 6000 letnih urah kot pri napravi A	3.— DM
	28,20 DM

kar da na tono 1,90 DM.

Po podatkih znašajo stroški luženja polizdelkov povprečno okoli 6.— DM na tono, kar da zmanjšanje stroškov pri napravi A 3,80 DM/t in pri napravi B 4,10 DM/t.

Če uporabimo te podatke, dobljene pri čiščenju polizdelkov, pri računih za čiščenje paličnega železa, je treba najprej razčistiti naslednje:

Jeklovlek ima mesečno proizvodnjo 1000 ton, od tega je 75 odstotkov okroglega in 25 odstotkov ploščatega železa. Pri okroglem preseku je povprečna dimenzija Ø 25 milimetrov, s težo na tekoči meter 3,85 kg in pri ploščatem preseku 50 × 10 mm, s težo 3925 kg/m. 750 ton okroglega železa ima 195.000 tekočih metrov s skupno površino 15.300 kv. metrov. Če se ustavi za učinek ene turbine 1 m²/min (pri manj zahtevnem čiščenju so učinki do 2,5 m²/min), potem je to pri dveh turbinah 2 m²/min, oziroma 120 kv. metrov na uro. Za očiščenje 15.300 m² bi bilo torej potrebno 127,5 ure. Pri ploščatem železu do 250 ton okoli 64.000 tekočih metrov s površino 7680 m². Tudi tukaj se računa učinek 1 m²/min, to je 120 m²/h in delovni čas 64 ur. To se pravi, da bi naprava očistila vseh 1000 ton paličnega železa v 191,5 ure, kar da urni učinek 5 ton na uro.

Pod temi pogoji bi bil izračun obratnih stroškov na uro naslednji:

a) urna mezda za 2 može, po eden pri vstopu in izstopu materiala iz stroja, s socialnimi dajatvami po 2,50 DM	5.— DM
b) poraba čistilnega sredstva 0,4 kg/t torej pri 5 t/h = 2 kg; cena sredstva je ok. 2.— DM, torej	4.— DM
c) električni tok: skupna poraba 25 KW pri ceni 0,08 DM/KWh	2.— DM
d) izraba lopatic: vseh lopatic je 16 po 7,50 DM za komad = 120.— DM pri življenjski dobi 1000 ur znaša to	0,12 DM
e) izraba ostalih strojnih delov, računana s 400 odstotkov izrabe lopatic	0,48 DM
f) reparature in vzdrževanje (ocenjeno)	2.— DM
g) odpisi in amortizacija 20 % od 100.000 DM je 20.000.— DM pri 200 obratnih urah mesečno je 2400 ur letno	8,34 DM
	21,94 DM

kar da za tono 4,40 DM.

Pri luženju paličnega jekla pa bi bila situacija naslednja:

Za renergeracijo znašajo stroški:	
a) urne mezde za 2 može po 2,50 DM	5.— DM
b) poraba goriva okoli 60 m ³ plina, pri srednji ceni 0,10 DM za 1 m ³	6.— DM
c) stroški elektr. toka za 50 KW po 0,08 DM	4.— DM
d) reparature in vzdrževanje z oziroma na izredne pogoje, večje kot običajno	5.— DM
e) odpisi in amortizacija 20 % od 100.000 DM je 20.000.— DM pri 200 mesečnih obratnih urah, to je letno 2400 ur	8,34 DM

Pri luženju 1000 ton materiala v 200 urah dobimo urno storitev 5 ton na uro. Če upoštevamo sorazmerno nizko postavko za luženje 6.— DM/t ter prištejemo stroške 5,7 DM/t za obratovanje regeneracije, potem znašajo skupni stroški kemično očiščenega jekla 11,70 DM/t nasproti 4,40 DM/t pri mehansko očiščenem jeklu pri istem učinku.

VII. ZAKLJUČEK

Z mehanskim čiščenjem površin je dobila industrija pripomoček, s katerim je mogoče dobro in ceneno odstraniti s površin oksidno plast, kaluparski pesek ter ostale nečistoče. Istočasno pa se postavlja vprašanje, ali je tudi kvaliteta očiščene površine takšna, da odgovarja vsem zahtevam nadaljnje predelave in uporabe. Sicer je mogoče v literaturi zaslediti, da se na ta način čisti palično železo za jeklovleke, žica za vlečenje, tračno železo za hladno valjanje ter pločevina od navadne do

transformatorske in nerjaveče. Vendar pa izgleda, da še vedno ni popolnoma rešeno vprašanje hrapavosti površine kot posledica udarcev kovinskih zrn. Gotovo pa je, da je ta način čiščenja, kjer ga je mogoče s pridom uporabiti, cenejši od luženja, da je delo manj neprijetno in da odpade problem odpadnih kislin.

Literatura: Stahl und Eisen H 3,15,17/1955

6/54

6/58

Steel Process 1951/37 in 1497/33.

ING. GREGORČIČ M.

DK 625.511

Prezračevanje in odpraševanje v industriji

1. Uvod:

Brez dvoma je, da zaslužijo mnogostranski problemi, ki se pojavljajo v zvezi s prezračevanjem in odpraševanjem industrijskih prostorov in naprav, vso pozornost. Nove delovne postopke v mnogih panogah industrije spremlja obilica prahu oziroma prašnih delcev, ki pomenijo na eni strani nevarnost za zdravje, na drugi pa predstavljajo še materialno vrednost. Oba vzroka zahtevata čistilne naprave, ki pa se po principih delovanja med seboj precej razlikujejo.

Prašno okolje že samo po sebi neugodno vpliva na počutje človeka in dobro vemo, da dobra ventilacija industrijskih prostorov ustvari občutek ugodja in da se s tem poveča delovni učinek.

Kvarjenje zraka v industriji ima lahko najrazličnejše vzroke, ki so odvisni od toplotnih in energetskih naprav in tudi od proizvodnih procesov. V topilnicah, kurilnicah, livarnah in kovačnicah se razvije lahko tolikšna toplota, da temperatura naraste preko dopustne, pri mnogih proizvodnih procesih pa se tvorijo škodljive pare in plini. Ogljikov monoksid, ki se razvija v kotlarnah, livarnah, kovačnicah in garažah, lahko povzroči zadušenje, SO_2 napada dihalne organe, svinčev prah izzove kronična obolenja, nekateri plini pa so v določeni mešanici z zrakom eksplozivni. Možen je primer, da nastopa hkrati več vzrokov; tako je zrak lahko vroč, pretirano vlažen in nasičen s prahom in plini.

Da obdržimo količino prahu in plinov v še dovoljenem razmerju, moramo izbrati primeren način prezračevanja, ki pa je od primera do primera različen. Kakšno vrsto prezračevanja izberemo, je odvisno od cele vrste okolnosti, ki jih hočem v naslednjem prikazati:

2. Vrste industrijskega prezračevanja:

a) Prirodno prezračevanje (aeracija):

Prezračuje se skozi okna in zračnike, intenzivnost izmenjave zraka pa je odvisna od meteoroloških razmer, ki vladajo v prostoru in zunaj njega. Z ustreznim pripiranjem in odpiranjem oken in žaluzij na zračnikih dosežemo razmeroma dobro zračenje. Velikost prezračevalnih odprtín odredimo pri pogoju, da imamo zunaj stavbe miren zrak, oziroma da je zgradba zavarovana proti vetru z drugimi objekti, po naslednji formuli:

$$A = \frac{q}{l} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$l = 420 \sqrt{H (t_i - t_e)} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}}$$

A ... presek prezračevalne odprtine (m^2)

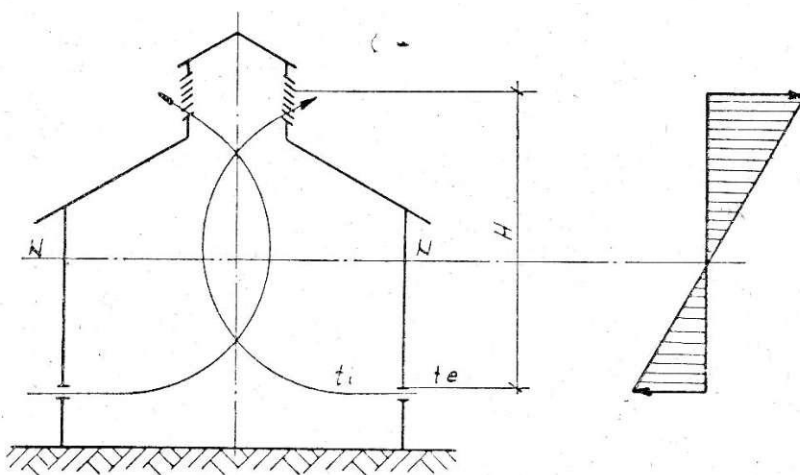
q ... potrebna količina zraka (m^3/h)

l ... pretok zraka skozi odprtino 1 m^2 na uro v m^3

H ... višinska razlika med dovodno in odvodno odprtino

t_e ... zunanja temperatura zraka.

V industrijskih obratih prezračujemo v zimskem času z uvajanjem močno segretega zraka v višini cca 4 m od poda, s čimer odpade posebno ogrevanje prostora.

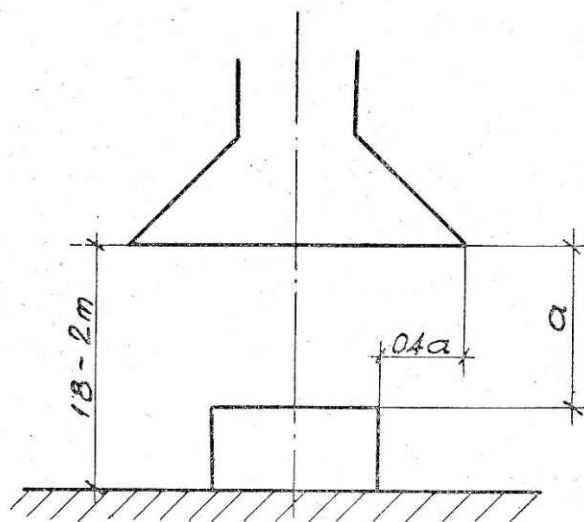


Slika 1.

b) Lokalno prezračevanje — odsesavanje:

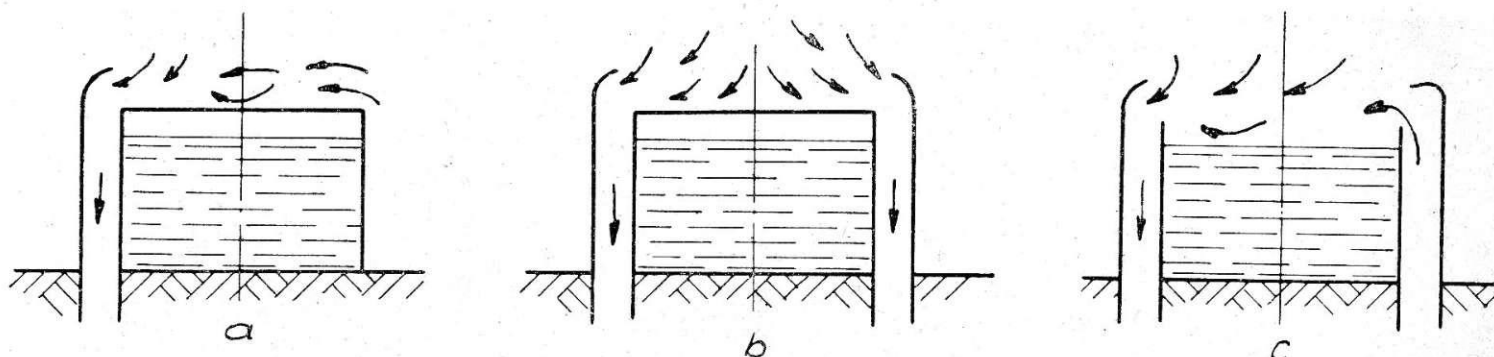
V splošnem pri tem načinu sledimo pravilu, da po kvarjen zrak odvezujemo na samem izvoru. V kemičnih laboratorijih imamo zaprte kabine (digestorij), v katerih se odsesavajo plini, odvisno od svoje teže v zgornjem ali spodnjem delu, ali pa kombinaciji obeh.

Nad kotle, banje in kurišča običajno namestimo za prestrežanje plinov in par kape iz pločevine ali lesa. Približne dimenzije so razvidne iz slike 2.



Slika 2

Za odvajanje plinov nad industrijskimi bazeni kislin in podobnega pa uporabimo odsesavanje na robovih. Robno odsesavanje je lahko enostransko, na obeh straneh, ali pa s prepuhavanjem. V zadnjem primeru mora biti sesalni presek širši od dovoda in količina vpihanega zraka ne sme biti večja od vsesane (Sl. 3).



Slika 3.

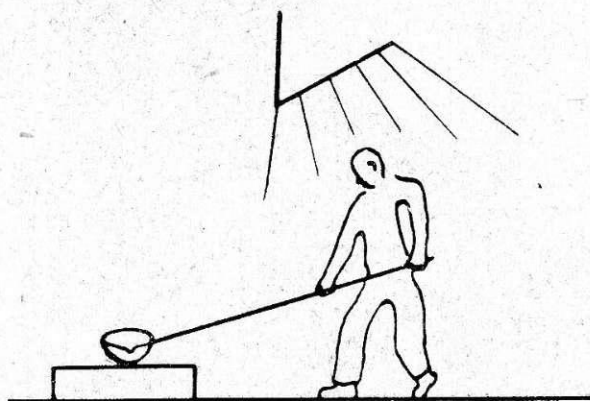
Pare, hlape in dim, ki izhajajo iz lužilnih banj, iz banj za elektrolitske postopke in banj, ki služijo za impregnacijo žic, se često odstranijo z enostranskim robnim izsesavanjem. Ta način odsesavanja je dober za pare, težje od zraka in za ozke banje. Široke banje so navadno opremljene s špranjo po celem obodu, ali pa po sredini, vlekoč pare od obeh strani banje.

Baldahinske kape služijo za prestrazanje plinov, dima in par, ki se dvigajo iz vroče vode ali barvarskih kadi, kjer na kapo ne vpliva sam delovni postopek. Rabimo jih predvsem v razpršilni tehniki barvanja. Pri sistemih z odsesavanjem je treba skrbno paziti, da držimo hitrost zraka pod kritično točko, pri kateri se delci tekočine brišejo od gladine.

c) Lokalno prezračevanje pod pritiskom:

To vrsto izmenjavanja zraka uporabimo v slučaju, kadar je prezračevanje vsega prostora zaradi velikih izmer neekonomično.

Zračne tuše uvajajo v vroče obrate (industrijske peči, delo z raztopljenimi kovinami in pri obdelavi razžarjenega materiala). Tok svežega zraka je uperjen na zgornje dele človekovega telesa, navpično ali poševno, hitrost zraka pa je odvisna od intenzivnosti izvora toplote in se giblje od 2 m/s do 6 m/s (Sl. 4).



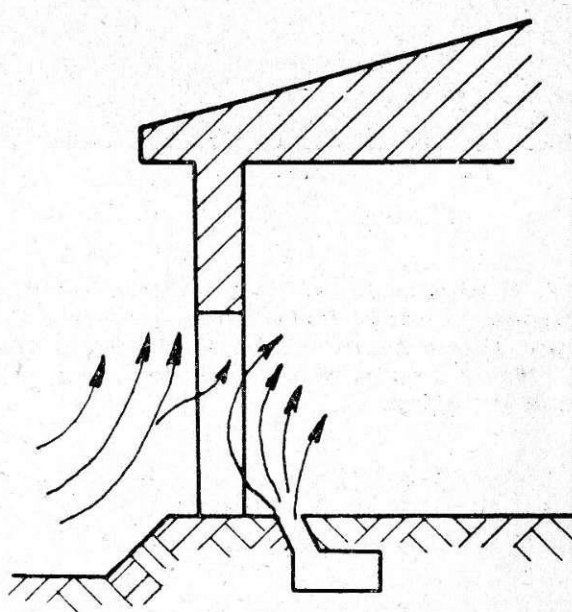
Slika 4.

Zračne zavese uporabimo pri vhodnih vratih. Iz špranje v podu ali podbojih piha topel zrak pod določenim kotom proti toku zunanjega hladnega zraka in na ta način prepreči njegov vdor v delovni prostor (Sl. 5).

3. Naprave za odpraševanje in zračenje:

Ker stremimo za tem, da se prah ne odlaga direktno na okolico, je potrebno izločiti prašne delce iz zraka. Izбира čistilne naprave je odvisna od zahteve, kakšno stopnjo odpraševanja želimo. Prah izločimo lahko v posodah za vsedanje, filtrih, ločilnih ventilatorjih, ciklonih, vodnih skruberjih in elektrostatičnih filtrih. V splošnem izbiramo po naslednjih podatkih:

Čistilna naprava	premer delca	stopnja odpraševanja
Ciklon	20–500 μ	
Multiciklon	10–200 μ	
Mokri filtri	2–100 μ	95–99 %
Elektro filtri		



Slika 5.

a) Cikloni:

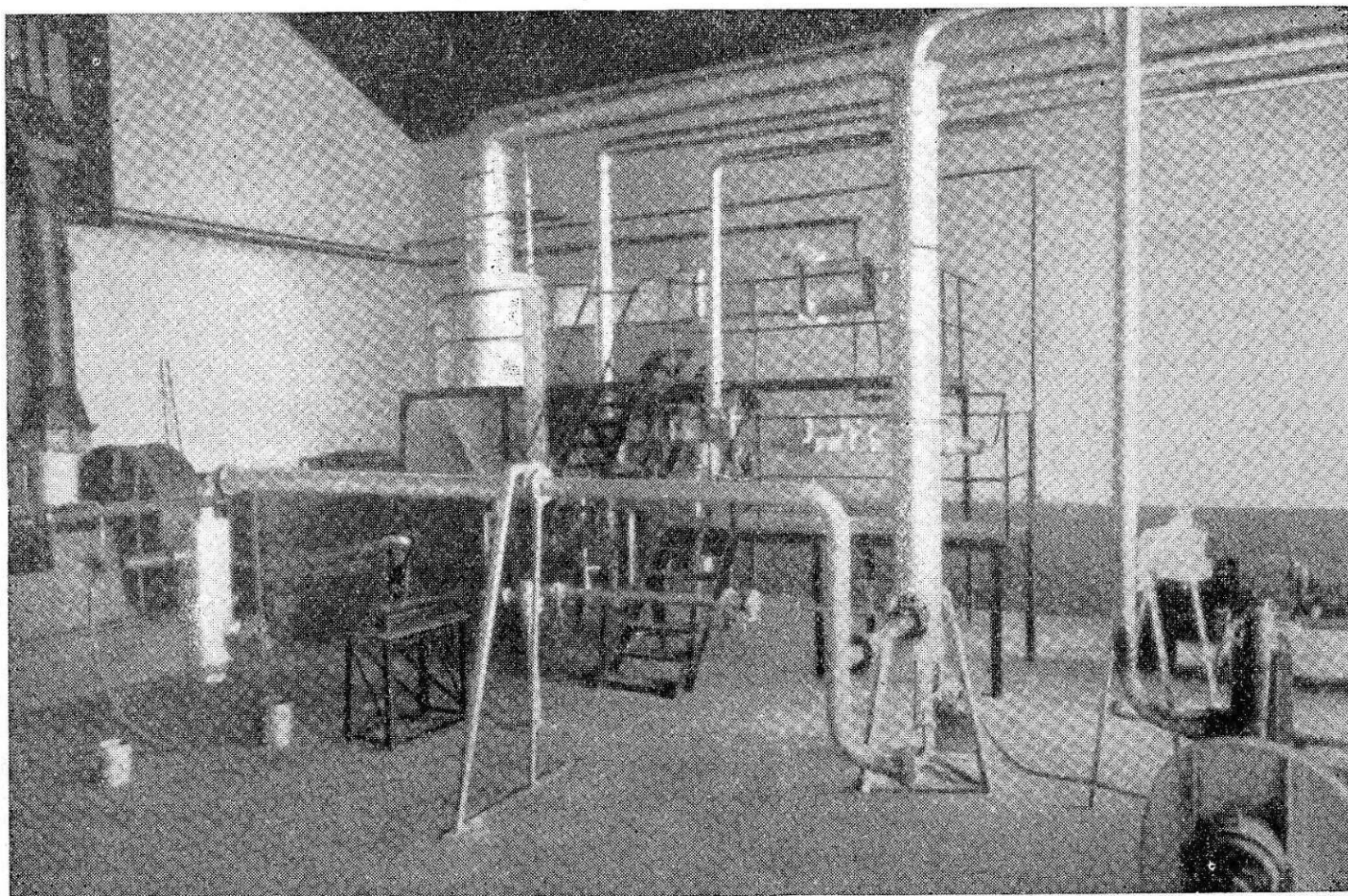
Cikloni (centrifugalni separatorji) so v splošni rabi v ekshaustorskih sistemih za izločanje delcev v velikosti 50 μ in večjih. Za delce, manjše od 20 μ , kot n. pr. nastopajo pri peskanju, livarskem pesku in rezanju kamnja, pa je efekt precej majhen. Separatorji z majhnimi premeri in veliko rotacijsko hitrostjo pa so efektni tudi za delce, manjše od 25 μ .

Princip delovanja:

Plin, katerega hočemo očistiti, dovajamo v ciklon tangencialno. V njem nastane vrtnčenje in pod vplivom centrifugalne in težnostne sile lete delci na obod in padajo navzdol v zbiralni prostor. Očiščen plin zapušča ciklon skozi cev, ki je postavljena v osi naprave. (Sl. 6)

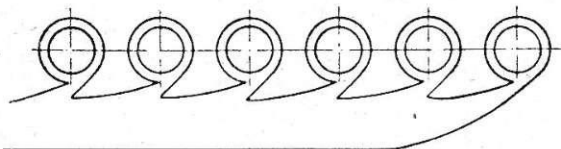
Na sliki 7. je shema dvojnega ciklona. Vstopajoči plin se razdeli na dva dela. Iz večjega ciklona izstopa centralno očiščen zrak, ki vsebuje zaradi močnega odklona po vodilnih lopaticah zelo malo prahu.

Prah, ki kroži po obodu velikega separatorja, vodimo v manjši ciklon, ki ima odgovarjajoče manjšemu premeru seveda večjo ločilno zmogljivost. Nekaterne vrste dvojnih ciklonov imajo veliki separator opremljen po $\frac{1}{3}$ oboda



Slika 6.

z rešetkami, ki se zapirajo, oziroma prekrivajo z zasunom in s tem regulirajo hitrost po trenutnih potrebah. Vstopna hitrost v prvi ciklon znaša nekako 14–16 m/s, v drugi ciklon pa 10 m/s. Izguba vleka v drugem delu se giblje nekako od 40 do 50 mm VS.



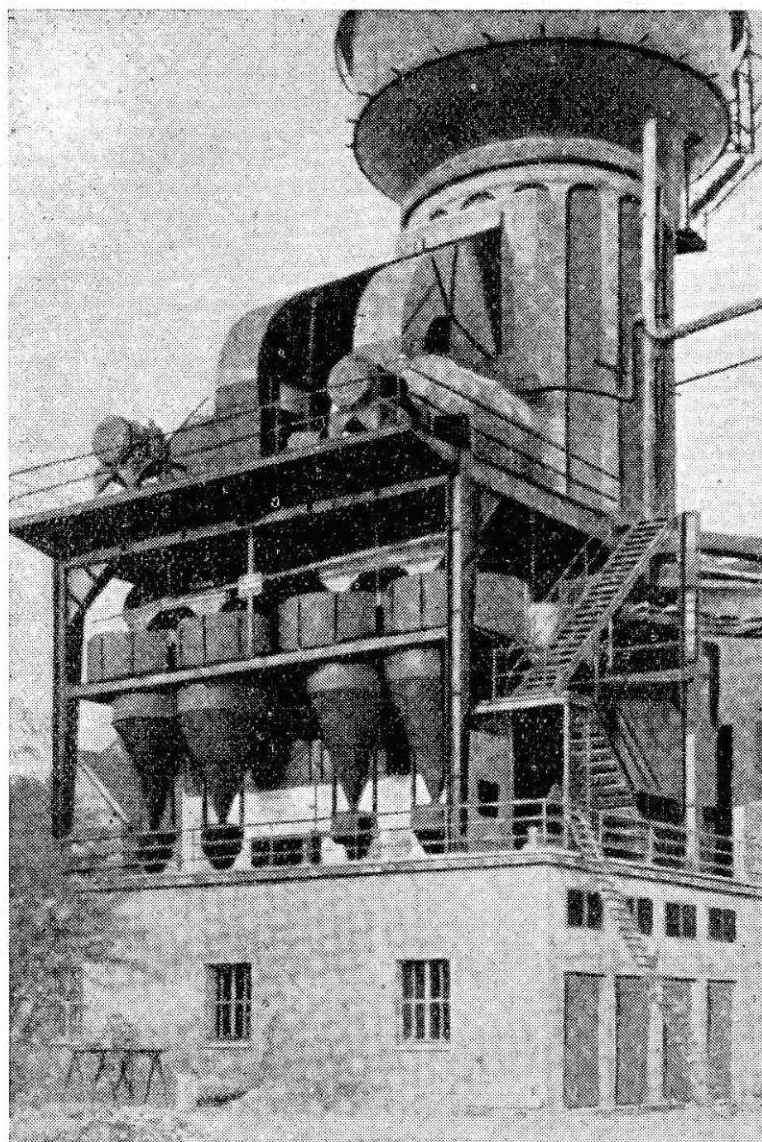
Slika 8.

Slika 8 prikazuje razpored večjih vzporedno vključenih ciklonov v eni, oziroma dveh vrstah, ki jih uporabljamo za velike količine plinov.

Multiciklon na sliki 9 je sestavljen iz 72 ciklonov (8×9). Dolžina valjastega dela ciklona je 600 mm, svetli premer 600 mm, dolžina stožca pa 1000 mm. Izločeni prah pada v zbiralni bunker. Da s prahom nasičeni dim, oziroma plin ne uhaja iz zbiralca nazaj v ciklone, preprečimo s tem, da se del plinov iz bunkerja letečega pepela izpod ciklonov odsesa, v dveh ciklonih premera 510 mm očisti in nato vrača nazaj v vstopni kanal. V obeh ciklonih izločeni prah se strese z mehanično krmljenimi nihalnimi krili v skupen bunker. Za pogon ekshaustorja potrebujemo 125 kW. Delci se do 80 % vodijo nazaj v kurišče. Izguba vleka pri količini dimnih plinov 48 m³/s in temp. 180°C je 61 mm VS. Razpraševanje pri pogoju, da je znašala količina prahu najmanj 1/m³ pri specifični teži > 2,1 g/cm³, je bilo naslednje:

za delce	0–10 μ	65 %
	10–15 μ	89 %
	15–20 μ	92 %
	20–30 μ	96 %
	>30 μ	99 %

Slika 7.



Dimenzije naprave:

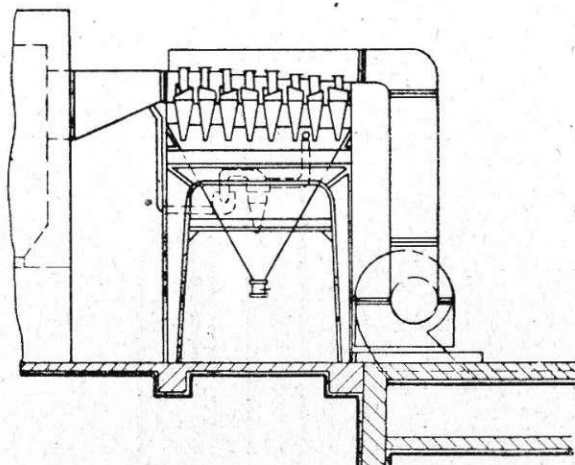
Na tlorisu za m^3/s
 $0,6-0,7 \text{ m}^2$

na moči

$0,5-0,7 \text{ kW}$ z ozirom na zahtevano čiščenje

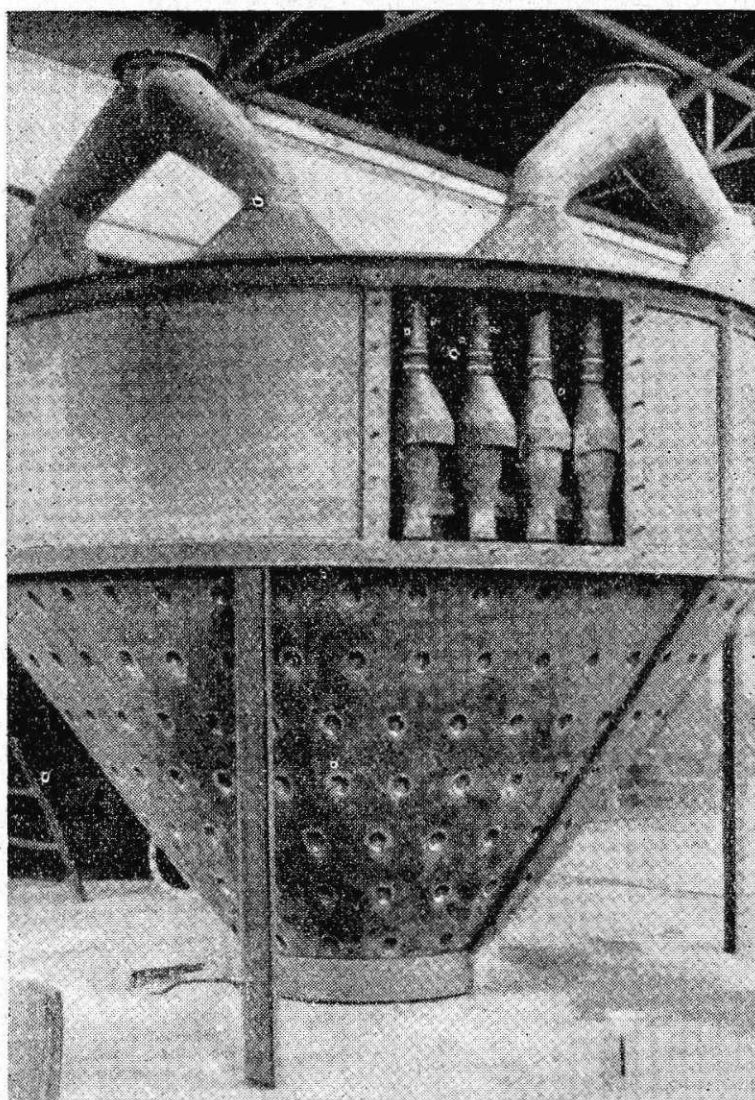
teža na m^2 čistilca

$1000-1300 \text{ kg}$



Slika 9.

Shematski prikaz ciklona z aksialnim vstopom plina kaže slika 10. Čistilna naprava je lahko izvedena z navpič-



nimi ali vodoravnimi cikloni. V zadnjem primeru pa je odvajanje prahu otežkočeno.

Zmogljivost ciklonskih separatorjev je odvisna od separacijskega faktorja, t. j. odnosa radialne izločevalne

hitrosti in hitrosti padanja zaradi težnosti. Ta faktor je enak izrazu:

$$\frac{v^2}{r \cdot g}$$

v ... tangencialna hitrost v centrifugalnem prostoru (m/s)

g ... zemeljski pospešek (m/s^2)

r ... radius rotacije (m)

Iz izraza sledi, da je separacijski faktor tem večji, čim manjši je radius.

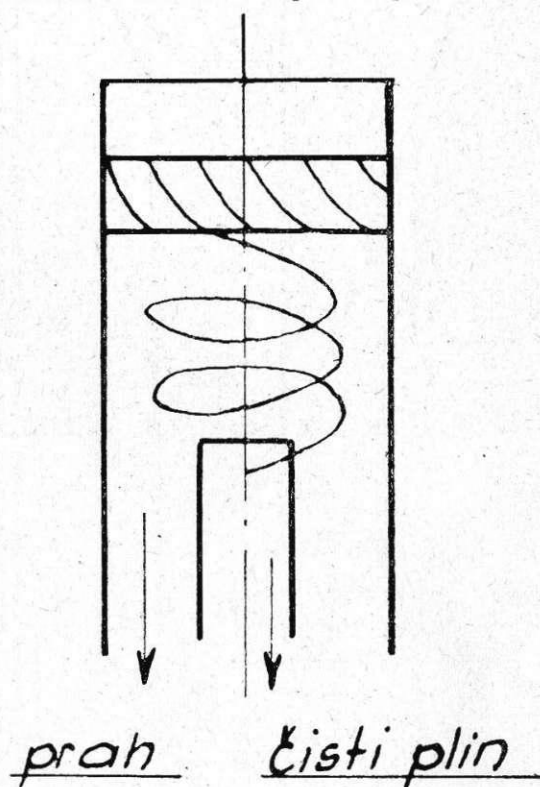
Padec pritiska v centrifugalnem separatorju znaša:

$$h_c = K \cdot V_a^2$$

h_c = tlačni padec oziroma izguba (mm Vs)

K ... faktor izgub ($K = 0, 13$)

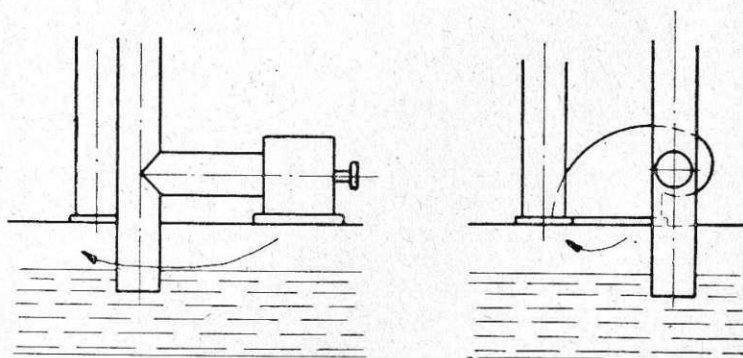
V_a ... hitrost v cevi na vstopu v separator (m/s)



Slika 10.

b) Mokre naprave za odprahovanje:

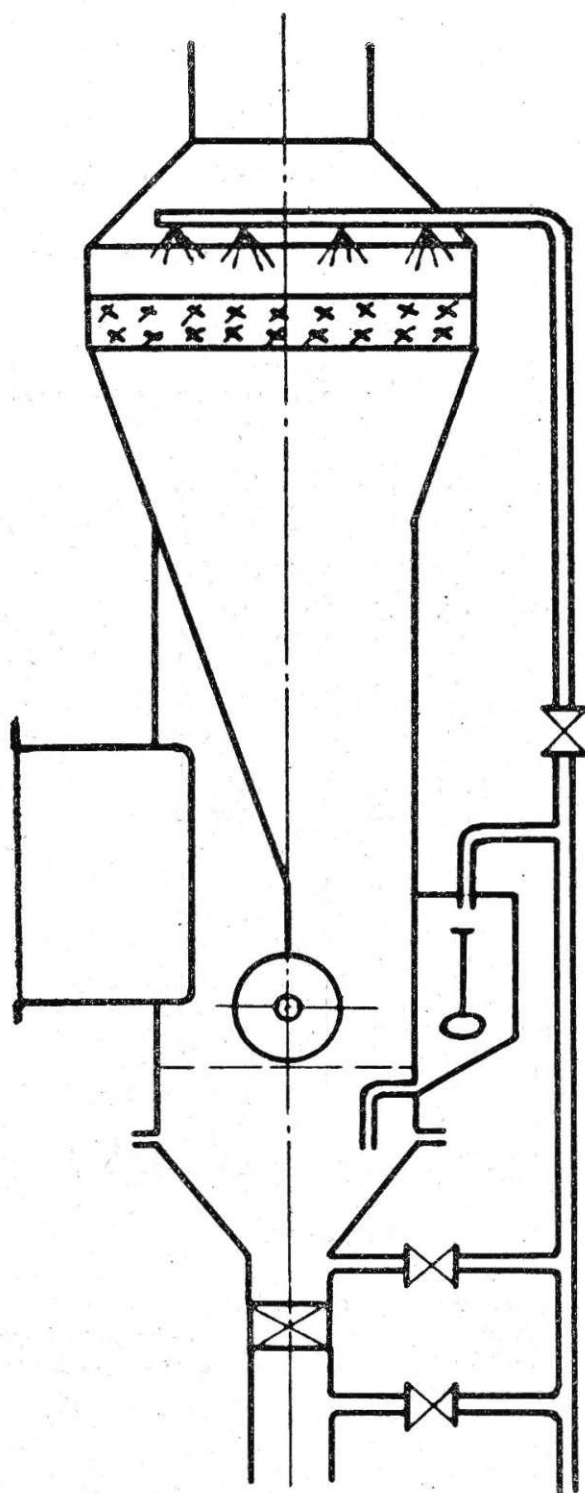
Vodna čistilna naprava, katere princip je nakazan na sliki 11 rabi zelo malo prostora, je enostavna in poceni. Deluje na sledeči način:



Slika 11.

Ekshaustor vsesava prašne pline skozi vertikalno cev, v kateri isti dobe tako hitrost, da se na odcepu v sesalno okno izločijo večji delci, ki jih plin vsebuje in se nalagajo na vodni gladini. Vsesane pline ekshaustor zopet usmerja na vodno gladino, na katero se prilepijo preostali prašni delci, očiščen plin pa nato odhaja v navpični vod.

Slika 12 shematsko prikazuje čiščenje z vodno prho:
Rotirajoči valj je delno potopljen v vodo in jo razbrizgava.



Slika 12.

Voda se s plavcem drži na stalni višini. Vodilna ploščina vodi pline tik ob valju, kjer se izloči grobi prah. V zgornjem delu se v prhi izločijo še preostali prašni delci.

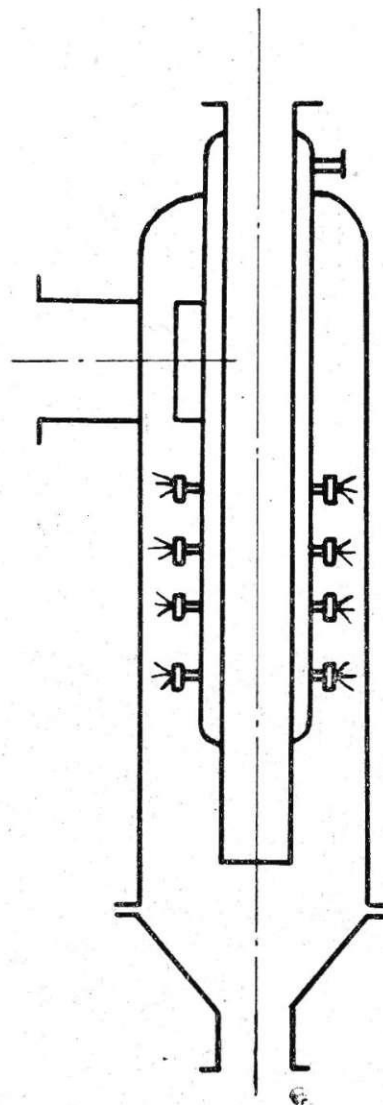
Princip čiščenja v mokrem ciklonskem skruberju (Slika 13) je v tem, da prašne pline spustimo skozi vodno prho in jih podvržemo delovanju centrifugalne sile, ki izloči prašne delce. Stopnja razpraševanja je med 82 in 98 %, poleg tega pa ta čistilec izloči n. pr. iz dimnih plinov tudi žveplene spojine. Poraba vode na skruber znaša 0,1-0,3 litra na kubični meter plinov, tlačna izguba pa 25-40 mm VS.

e) Elektro filtri:

Elektro filtri (Sl. 14) se uporabljajo za čiščenje zraka, dima itd. Princip delovanja je v tem, da s pomočjo elektrod, ki so pod visoko napetostjo, ioniziramo prašne delce, katere nato odvajamo na električno nabitih ploščah. V

ionizacijski coni (elektrode — plošče ali cevi s potencialom zemlje in žice iz volframa, ali platiniranega jekla s pozitivno napetostjo 12.000 do 13.000 V) se prašni delci pozitivno nabijejo in pri prehodu skozi filter so odbiti od pozitivnih in pritegnjeni na negativne plošče.

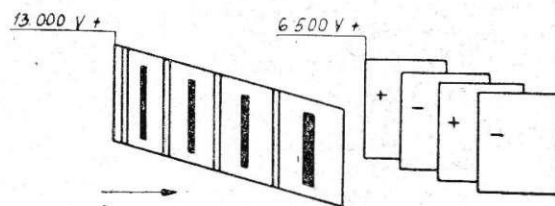
Elektro filtre izdelujejo v obliki celic. Najmanjša celica ima kapaciteto 500 m³ zraka na uro. Upori skozi filter so max. 3 mm VS. Plina s temperaturo, višjo od 400°C, ne moremo več čistiti v elektro filtrih.



Slika 13.

d) Ventilatorji:

Ventilatorji za separacijo prahu in pepela opravljajo poleg funkcije ekshaustorja še funkcijo čiščenja. Izvedba zadovoljuje za delce, ki niso prefini. (Sl. 15)



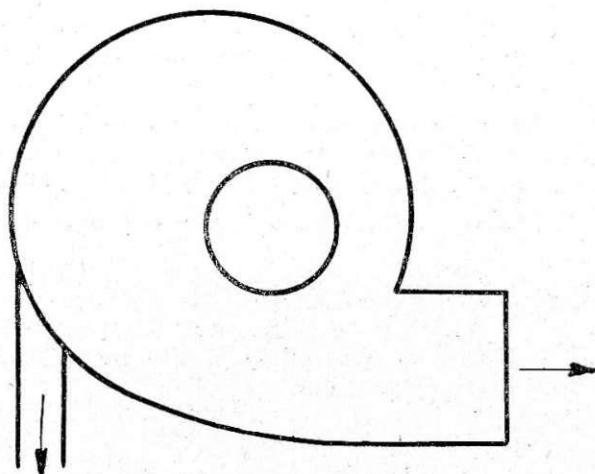
Slika 14.

e) Filtri

1. Za izločanje finih delcev uporabljamo filter iz tkanine v obliki vreč, žepov, oziroma celic s posebnim prepletom in težo cca 0,34 kg/m². Filtracijska hitrost znaša 0,0025-0,03 m/s, tlačni padec pa 40-150 mm VS. Ko se prah na tkanini nabere, poraste seveda upor in zato namestimo posebne otresače, ki nabrani prah periodično otresejo. Prašni delci se zbirajo v posodah izpod vreč. Efektivnost

filtracije dobrega tkaninskega filtra znaša okrog 99 % pri prahu izpod $\frac{1}{2} \mu$.

2. Kovinski filtri so lahko propustni ali pa dotikalni. Pri propustnih se največkrat uporabljajo tako zvali Rašigovi obročki, t. j. tanke cevke 8,12,25 mm, katerih dolžina je enaka premeru cevke in so naoljeni z viscin oljem. Te cevke so nasute v paket med dve kovinski mreži, ki ima običajno dimenzijo $50 \times 50 \times 7,5$ cm.



Slika 15.

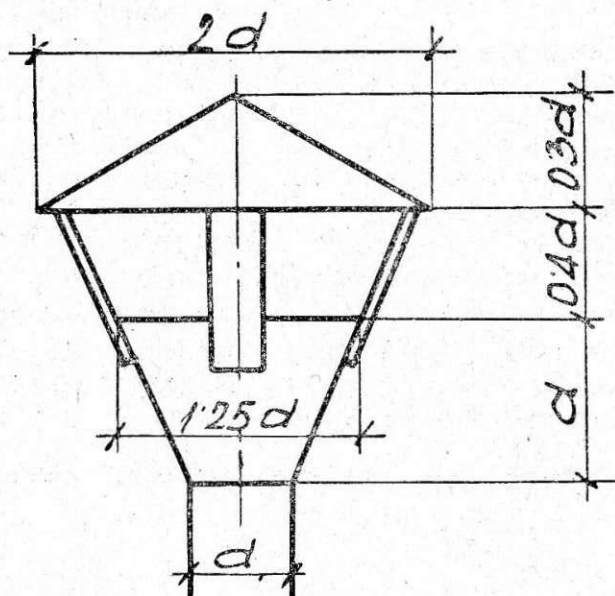
f) Ekshaustorji:

Ekshaustorji v napravah za odpraševanje so centrifugalni, z raznimi oblikami tekačev, s šestimi ravnimi, do 18 naprej zakrivljenimi lopaticami za običajen material in posebne izvedbe za lesne ostružke, volno itd. Grajeni so za obodne hitrosti do 75 m/s in pritiske nad 400 mm VS. Separatorji so običajno nameščeni na izstopni strani ekshaustorja, boljše pa je separator vgraditi pred vstopom v ventilator.

g) Deli prezračevalnih naprav:

Za vsesavanje zraka nad streho na začetku sesalne cevi namestimo lovilno glavo (Sl. 16).

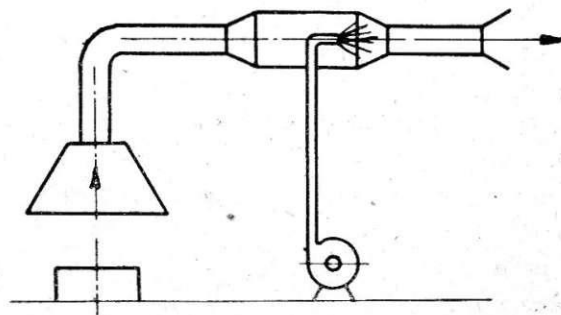
Prašen zrak nato očistimo v čistilnih napravah, ki smo jih že opisali in nato odvajamo naprej.



Slika 16.

V primeru, kjer povzroča zrak, pomešan s plini močno korozijo kovinskih delov ventilatorja, uporabimo ejektorje. Ejektor vgradimo v odvodni kanal in deluje na ta način, da skozi ozko cev (šobo) v smeri odvoda piha močan tok zraka s hitrostjo 20–30 m/s, ki v ohišju ejektorja ustvarja podtlak in vleče s seboj odvodni zrak. (Sl. 17)

Na ventilacijskih odprtinah za vsesavanje, posebno pa za vpihavanje zraka, namestimo posebne naglavke, da zračni tok enakomerno porazdelimo na večje površine in zmanjšamo njihovo hitrost (Sl. 18).

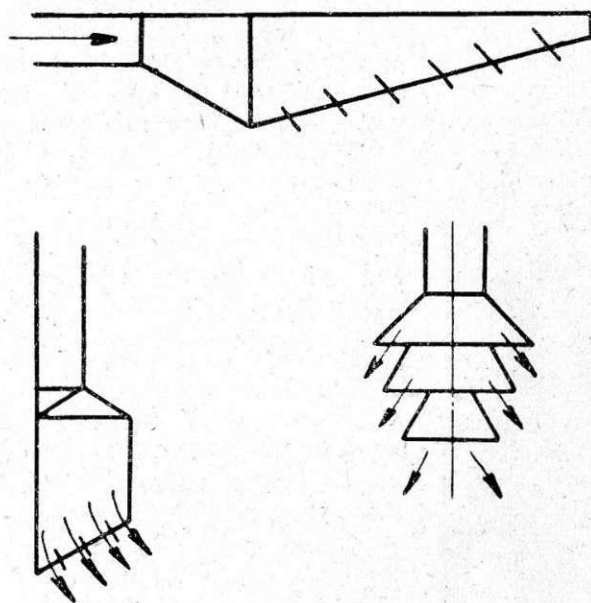


Slika 17.

4. Razmere na izvoru kvarjenja zraka, oziroma na mestu odvzemanja prašnih delcev ali škodljivih plinov.

Če imamo n. pri. opravka s parami, ki so težje od zraka, ekshaustorski sistem namestimo pri tleh. Če pa gre za eksplozivno mešanico, morajo biti motorji in stikala primerno zavarovani in ventilatorji morajo imeti bronaste tekače, da preprečimo možnost iskrenja, če podrsne rotor ob ohišje.

V naslednjih tabelah so dane nekatere vrednosti, ki so važne za prezračevanje in odpraševanje.



Slika 18.

Tabela I.

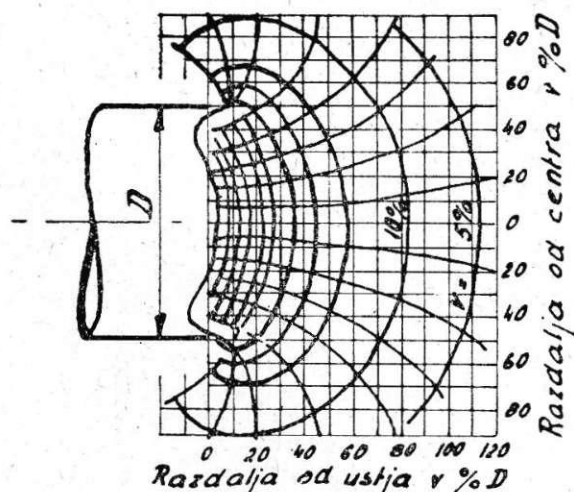
Taksičnost plinov in par v delih na milijon delov zraka:

Para ali plin	Smrtno (naenkrat)	Maks. konc. za $\frac{1}{2}$ do 1 h	Maks. konc. za 1 h	Maks. do- volj za daljši čas
Oglikov monoksid	4000	1500–2000	1000	100
Amoniak	5000–10000	2500	300	100
Klor	1000	50	—	1
Žveplov dioksid	400–500	50–100	—	10
Hidrogen sulfid	1000–3000	500–700	200–300	20
Ogljikov bisulfid	—	1100	500	15
Dušikov oksid	250–750	100–150	—	10
Benzen	19000	—	3100–4700	150–300
Ogljikov tetraklorid	48000	24000	400	100
Trikloretlen	37000	—	—	200

Para ali plin	Smrtno (naenkrat)	Maks. konc. za 1/2 do 1 h	Maks. konc. za 1 h	Maks. do- volj za daljši čas
Tetrakloreten	7300	—	—	10
Tetrakloretilen	—	—	—	200
Kloroform	25000	1400	5000	200
Etilendiklorid	—	—	—	1000
Kloroform	2500	1400	5000	200
Metilklorid	—	—	7000	500—1000
Svinčev prah	—	—	—	0,15 mg/m ³
Kremenčev prah	—	—	—	1 mg/m ³
Živo srebro	—	—	—	0,1 mg/m ³
Hlapi cinkovega oksida	—	—	—	15 mg/m ³
Kromova kislina (pokromanje)	—	—	—	0,1 mg/m ³

Tabela II

Plini, pare, prah	Maksimalna koncentracija mg/l	Eksplozivnost plina
Amoniak	0,02	Acetilen > 2,8
Anilin	0,005	Amoniak 16—27
Aceton	0,2	Benzol 1—60
Benzol	0,1	Metan 5,3
Benzin	0,3	Svetilni plin 10—20
Ogljikov monoksid	0,02	Ogljikov monoksid 15—75
Cinkov oksid	0,005	Vodik > 4,1
Dušikov oksid	0,005	
Živo srebro	0,00001	
Svinec	0,00001	
Žveplovodik	0,01	
Terpentin	0,03	
Metilni alkohol	0,03	
Etilni alkohol	1,00	
Tobakov prah	0,003	



Slika 19.

Tabela III

Izvori prahu	Količina prahu mg/m ³
Mlin mavca	75—400
Čiščenje odlitkov s peskom	335—454
Čiščenje odlitkov brez peska	34—141
Čiščenje odlitkov	72—100
Šamotarna	22—104
Struženje kovin	4,7—7,5
Poliranje kovin	22

5. Odsesavanje na izvoru:

Tokovnice na vtoku v cev ali kapo imajo sferoidalno obliko (Sl. 19)

Povečanje hitrosti zračnega toka ne menja oblike tokovnic, pač pa se te odmaknejo od vstopa v cev. Primerna oblika kape preprečuje vrtnčenje in dovoljuje zmanjšanje pretoka, ne da bi se zmanjšal efekt kape.

Po Dalla—Valle je srednja hitrost zračnega toka, ki neovirano vstopa v cev, oziroma kapo, podana s sledečo enačbo:

$$\frac{y}{100-y} = \frac{0,1 A}{x^2} \quad \text{kjer pomeni}$$

y ... hitrost v odstotkih od hitrosti, ki vlada v vstopnem prerezu v cev, oziroma kapo v razdalji x

A ... prerez kape oziroma cevi (m²)

x ... razdalja od vstopa v kapo oziroma cev (m)

Primer:

Če znaša A = 0,03 m² in razdalja od ustja x = 0,15 m, potem je y = 11,76 %. Če je na mestu x potrebna hitrost 2,5 m/s, da dosežemo disperzijo prahu, potem mora znašati hitrost na vstopu v cev

$$\frac{2,5}{0,1176} = 21,25 \text{ m/s.}$$

Kapo, oziroma cev je treba postaviti čim bliže izvora prahu; prilagoditi odprtino obliki izvora; držati hitrosti na vstopu v kapo, kolikor mogoče nizko z ozirom na zahtevano hitrost na mestu izvora prahu; uporabiti prirobnice oziroma odklonila, da se zračni tok loči od neefektivnih odprtini; usmeriti tok prahu v kapo.

6. Ekshaustorski sistem

Hitrost zraka, ki tu služi kot transporter prahu na samem izvoru prašnih delcev, variira od 2,5 do 10 m/s, kar je odvisno od disperzijske energije, predane prahu.

Koeficient vstopa jemljemo v praksi nizek. V tabeli IV so vnešene vrednosti za premere odcepnih, oziroma priključnih cevi na kapo in potreben statični srk na priključku za nekaj običajnih strojev.

Tabela IV

Stroj	Odcepnna cevi Ø mm	Statični srk mm VS
Dvojni skobelnik	155 (6)	38—45
Peskalec z enim bobnom Ø 250 mm	100 (4)	40
Horizontalni tračni peskalec dolžine 150 do 250 mm	115 (4,5)	40
Ploščati peskalec velikosti 450—650 mm	125 (5)	40
Cirkularna, premer 400—600 mm	115 (4,5)	32
Jedrarna	100—155 (4—6)	50
Usnjarski stroji	125 (5)	75
Trda rezalna orodja	140 (5,5)	100
Brusi, premer 400—500 mm	125 (5)	50

Vtok zraka v kapo izračunamo iz sledečih enačb:

$$Q = 4,02 \cdot C_e \cdot A_t \sqrt{h_t}$$

Q ... m³/s

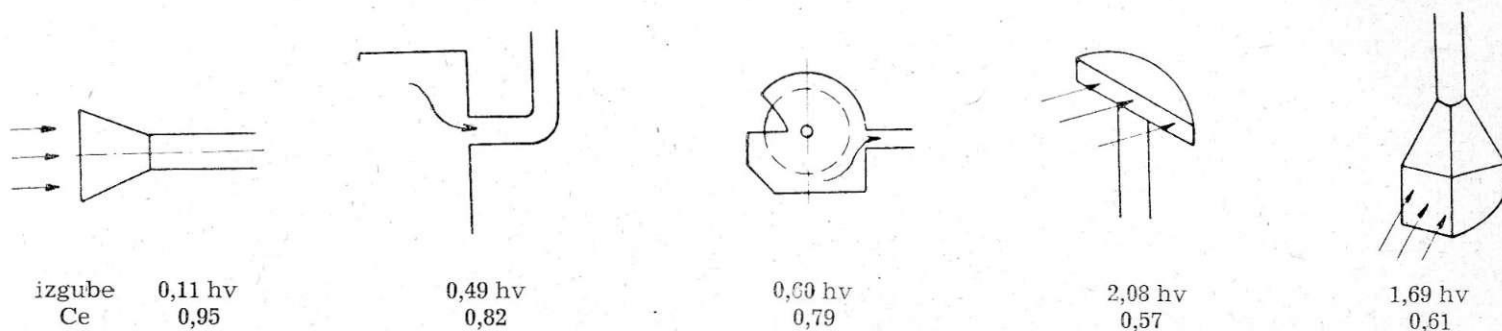
Ce ... koef. na vstopu $C_e = \frac{h_v^{1/2}}{h_t}$

At ... površina grla na mestu priključka cevi na kapo
... statični srk v grlu v mm VS

... dinamični pritisk (mm VS)

Ht ... statični srk v grlu v mm VS

Hv ... dinamični pritisk (mm VS)



Vstopni koeficienti in izgube dinamičnega tlaka v kapah

Vstopne izgube v kapo znašajo:

$$h_e = \frac{(1 - C_e^2)}{C_e^2} \cdot h_v \text{ (mm VS)}$$

Baldahinske kape se razprostiro preko bazenov, ognjišč, kotlov itd. za prestrezanje prahu, plinov in par. Hitrost pretoka skozi odprto površino izpod baldahina znaša

$$V = 0,71 \frac{Q}{P \cdot D}$$

V... hitrost (m/s)

Q... pretok (m³/s)

P... periferija kape (obod) (m)

D... razdalja od dna kape do površine (m)

Primerne hitrosti pretoka skozi čelno površino pa znašajo za baldahine:

število stranskih odprtin	4	3	1	1
hitrost (m/s)	1—1,3	0,9—1	0,75—0,9	1,5—0,75

Za večje kape in razne cevne zveze pa je treba oskrbeti enakomeren pretok. Često uporabljamo dvojne kape:

Transportna hitrost materiala variira z dimenzijami, specifično težo in obliko delcev. Vertikalna dvizna hitrost mora biti večja, kot je padna hitrost delca. Ta se aproksimativno določi po obrazcu:

$$V = 4,85 \sqrt{\frac{d \cdot s}{\varphi}}$$

V... hitrost (m/s)

d... maks. premer delca (mm)

φ... gostota zraka (kp/dm³)

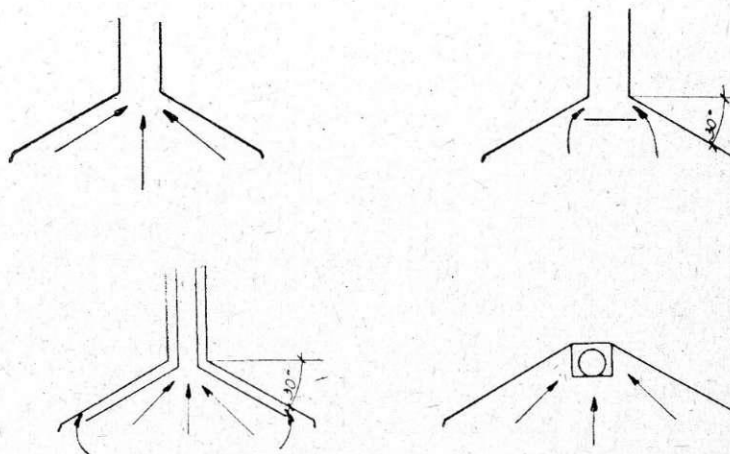
s... spec. teža materiala (kp/m³)

Horizontalna transportna hitrost pa je:

$$V = 8,35 d^{0,4} \cdot \frac{s}{s + 1}$$

Običajne praktične vrednosti za transport materiala so podane v sledeči tabeli...

Material	hitrost (m/s)
lesni ostružki	15
žima	20
bombaž	10
lan	7,5
peščeni prah	10
žagovina suha	10
žagovina mokra	15
kovinski opilki	12,5 in več
sulfidni prah	25
drobni ostružki	20
medenine	20
premogov prah	20
pesek za vpihavanje	18



V cevovodih ekshaustorskega sistema nastopajo naslednje tlačne izgube:

Vstop v kapo, tlak srka pri vstopu v glavni tok, trenje v cevovodu in odcepih in tlačni padec v separatorjih oziroma filtru.

Primer:

S hitrostjo 20 m/s ($h_v = 25$ mm VS) naj se transportira material. Koeficient na vstopu je 0,72 (0,93 h_v), vstopne izgube $h_c = 23,5$ mm VS. Statični srk na vstopu mora torej znašati $25 + 23,5 = 48,5$ mm VS. Tlačni padec v ceveh je običajno ocenjen za hitrosti v ceveh, premera 750—1000 mm.

Potrebna horizontalna transportna hitrost je manjša od potrebne za vertikalno dviganje. Glavni kanal ima običajno 25 % večji presek od odcepov.

V ekshaustorskem sistemu se gibljejo delci v zračnem toku v tako majhnem procentu teže zraka, da se računa potrebna potisna sila samo za zrak.

Literatura:

- Meldau: Handbuch der Staubtechnik
- Radonić: Grejanje i vetrenje
- Barth: BWK 1956, H1
- Kolbe: Der wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb
- Alič: Proračun postrojenja za odprašivanje — Montaža 1959; št. 3 in 4
- Radić: Elektrofilter — Montaža 10/188
- Ellis: Heating and Ventilation
- Wilhelm Ordinanz: Staub im Betrieb
- Drinker Ph. u. Hatch Th.: Industrial Dust
- Recknagel-Sprenger: Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik
- Special Reports: Air and Water Pollution in the Iron and Steel Industry

Prispevek k pojmu varivosti naših konstrukcijskih jekel

Stara, takozvana klasična metalurgija karakterizira neko jeklo s kemično analizo najpoglavitejših elementov, ki tvorijo jekleno zlitino, zatem z nekaterimi najvažnejšimi mehanskimi in tehnološkimi lastnostmi kot so raztržna trdnost, meja elastičnosti, razteznost, žilavost, trdota, kovnost, pregibnost in slično in končno še s kristalno strukturo, t. j. vrsto, obliko in velikostjo posameznih kristalov ter z obsegom raznih napak kot so: dvoplastnost, mehurjavost, poroznost, prevalljanost, vključki, slab površinski izgled in podobno.

Odkar pa se velik del naših konstrukcijskih jekel uporablja za izdelavo varjenih nosilnih konstrukcij, se morajo metalurgi seznanjati tudi s prirodnimi pojavi, ki nastajajo v jeklu, kadar se le-to talilno vari.

Vsako varjenje ima na jeklo kot osnovni material tako kemičen kot tudi fizikalen vpliv. Kemični vplivi so dokaj dobro poznani in jih ima varilna tehnika, ki vari z oplaščenimi elektrodami, že precej v oblasti. Nasprotno pa so fizikalni vplivi le delno poznani in jih zato znanost danes še vedno intenzivno raziskuje.

O jeklu, ki je kar najbolj odporno proti tem vplivom, pravimo, da je dobro varivo. Od njega torej zahtevamo, da ima neko lastnost, ki se ji pravi varivost.

Pod tem pojmom pa ne razumemo samo njegove sposobnosti, da se da talilno variti, to je, da se dobro in mirno tali in da se v raztaljenem stanju tudi dobro zlija z dodajnim materialom v neko homogeno celoto, imenovano zvar, ampak je v pojmu varivosti zapopadana tudi zahteva, da mora zvar kot spajalni konstrukcijski element vzdržati vse kasnejše obremenitve varjene nosilne konstrukcije.

Jekel, ki bi se ne dala ponovno taliti in variti, praktično nimamo. Če mislimo torej pri pojmu varivosti samo na talilno in spajalno sposobnost, za kar se poslužujemo izraza »operativna varivost«, v nemškem izrazoslovju pa »Schweisseignung«, potem lahko trdimo, da so tudi vsa jekleniška jekla za konstrukcije dobro variva. Če pa upoštevamo še drugo važnejšo plat pojma varivosti, ki naj nam jamči, da bodo varjeni spoji tudi prenesli vse vrste obremenitev in pri poljubnih za prakso v poštev prihajajočih temperaturah, ne da bi pri tem iznenada razpokali, ali se celo porušili s krhkim lomom, potem lahko ugotovimo, da imajo to vrsto varivosti, za katero ima nemško izrazoslovje besedo »Schweiss-Sicherheit«, samo nekatere šarže jekel, četudi kaže kemična analiza, da imajo vse šarže poglavitne legurne elemente, ki jih sploh določamo, v predpisanih mejah in da tudi mehanske lastnosti odgovarjajo predpisom ali pa medsebojnemu dogovoru. Že iz tega vidimo, da naše kemične analize ne zajemajo vseh prisotnih elementov, ki so za samo varivost v globalnem smislu bistveno soddoločujoči, da pa tudi naše mehanske preiskave niso mogle biti izvršene pod pogoji, ki bi dali verno sliko tistih pogojev, pod katerimi se je jeklo po varjenju strdilo in pod katerimi je bilo tudi v že zavarjeni konstrukciji pozneje obremenjeno. Ko se pred drugo svetovno vojno metalurgi tega dejstva še niso zavedali v polni meri in so za varjene konstrukcije dobavljali jekla, ki so bila laboratorijsko preizkušena samo po klasičnih metodah, je varilna tehnika doživela kaj kmalu velika razočaranja. Varjeni železniški nadvozi, ki so že bili v prometu na mnogih krajih Nemčije, so brez vidnega vzroka naenkrat popokali, v Belgiji se je prav tako zrušil varjen cestni most v morsk kanal in obilica tako zvanih Liberty ladij, ki so jih Amerikanci na hitrico zvarili med zadnjo svetovno vojno, se je dobesedno razklala na dvoje. Pred dvajsetimi leti pa so iznenada popokale tlačne cevi avstrijske hidrocentrale Gerlos, pri čemer se je pokazalo, da so popokale v bližini zvarov le nekatere pločevine, ki jih je dobavila neka jeklarne, dočim so ostali deli cevovoda, ki so bili varjeni iz pločevin neke druge

jeklarne, ostali pri isti obremenitvi in pri istih pogojih intaktni, četudi so bile vse pločevine preizkušene in prevzete od istih prevzemalcev in po enakih preiskovalnih metodah.

Z razvojem varilne tehnike je tudi za črno metalurgijo nastopila nova doba, ki zahteva od izdelovalcev konstrukcijskih jekel mnogo več, kot je zahtevala klasična metalurgija pred varilno ero. To pomeni, da je treba danes izdelovati predvsem dobro variva konstrukcijska jekla, ker nam sicer proizvodnja raznih profilov ne koristi mnogo, če jih s polnim zaupanjem in zanesljivostjo ne moremo uporabiti za izdelavo bolj važnih in odgovornih nosilnih konstrukcij.

Čim je bila naša metalurška znanost opozorjena na te nove fenomene, jih je že pričela raziskovati in se je tako v teku zadnjih 15 let razvilo novo znanstveno področje, katerega glavni predmet raziskav je prav krhki lom, ki ga v jeklenem materialu povzroča varilni postopek.

Tudi pojem varivosti je postal širši in ga danes že ločimo v operativno, metalurško, tehnološko in konstruktivno varivost.

O operativni varivosti smo že dejali, da jo ima praktično vsako, količjak solidno izdelano konstrukcijsko jeklo.

Pod metalurško varivostjo razumemo tisto lastnost nekega jekla, da se le-to pod normalnimi pogoji bistveno ne izpremeni med varjenjem niti kemično niti strukturalno, če ga smatramo le lokalno kot zvarno gmoto, ki se je pretalila in potem znova izkristalizirala. Ta lastnost je odvisna v prvi vrsti od čistote in kemičnega sestava, delno pa tudi od prvotne kristalne strukture. Če je n. pr. jeklo nehomogeno (dvo- in večplastno), če ima več kot 0,05 odstotka žvepla, več kot 0,25 odstotka ogljika, 0,5 odstotka silicija, 1,6 odstotka mangana in 0,4 odstotka bakra, predvsem pa preveč kisika, dušika in vodika, je tako jeklo že slabše metalurško varivo. Višji ogljik se v zvaru in njegovi okolici po varjenju že lahko pojavlja v sorbitni, ali celo martenzitni obliki, namesto v perlitni in se s tem mehanske lastnosti varjenega spoja že takoj poslabšajo, ker postane material manj plastičen. Če ima jeklo pred varjenjem austeniten kristalni zlog, pa v njem ni dovolj austenitnih stabilizatorjev, se kaj lahko dogodi, da po varjenju kristalni zlog ni več austeniten, v njem pa se tudi lahko že pojavi nezaželena takozvana sigma-faza. Da bi že v naprej lahko sklepali o stopnji metalurške varivosti, so Amerikanci razvili formulo, ki se glasi:

$$K = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Cr\%}{5} + \frac{Mo\%}{4} + \frac{V\%}{4} + \frac{Ni\%}{15} + \frac{Cu\%}{13} + \frac{P\%}{2}$$

pri čemer je jeklo dobro varivo takrat, če faktor K ne presega vrednosti:

pri profilu do 6 mm debeline	0,60
12 mm „	0,50
25 mm „	0,45
50 mm „	0,40

Metalurška varivost je torej odvisna tudi še od debeline jeklenega profila.

Pojem tehnološke varivosti je vezan že na sam postopek varjenja, ki je lahko običajen, lahko pa tudi modificiran v svojih tehnoloških pogojih. Saj vemo, da se dajo nekatere jekla, ki nimajo ravno najboljše meta-

lurške varivosti, vseeno dobro variti, če zvarne robove predgrevalimo, ali pa če varjene spoje po varjenju mehko ali normalizacijsko žarimo. Pri plamenskem varjenju nerjavečih jekel moramo še posebej gledati na to, da zvarne taline iz neprevidnosti z acetilenskim plamenom ne naogljščimo, ker bi v tem primeru jeklo v zvaru takoj poslabšali in bi postalo manj obstojno proti koroziji in tudi manj žilavo.

Čim bolj preprosto lahko poteka varilni proces, ne da bi se jeklo pri tem pokvarilo, tem večja je tehnološka varivost dotičnega jekla.

Predgrevanje zvarnih robov in naknadno žarjenje zvarov spada med najvažnejše operacije, ki morajo spremljati vsak varilni postopek pri listih jeklih, ki spričo svojega kemičnega sestava rada kale na zraku.

S predgrevanjem se avtomatično zmanjša ohlajevalna brzina izvarov, z naknadnim žarjenjem in počasnim ohlajevanjem pa se tudi še odstranjujejo eventualno nastale trde strukturne komponente kristalnega zloga, ki so seveda nezaželene in za nosilnost varjene konstrukcije zelo nevarne.

Da bi vedeli že vnaprej, katera konstrukcijska jekla se morajo pri varjenju predgrevali in potem tudi še naknadno žariti, je Nizozemec Kerkhoff na podlagi izkušenj razvil formulo, s katero se da na preprost način ugotoviti tehnološko varivost nekega jekla. Ta formula je le modificirana že navedena ameriška enačba in se glasi:

$$K = 100 C + 16 Mn + 7 Ni + 20 Cr + 25 Mo + 20 Va$$

V to enačbo se vstavljajo koncentracije posameznih elementov v procentih. Po Kerkhoffu je treba zvarne robove neke pločevine predgrevali, kadar je:

$K > 70 - 1,5 \times s$ (če varimo z bazičnimi elektrodami) ali pa če je $s > 32$ mm (s = debelina pločevine v mm).

Naknadno pa je treba zvare žariti, če je $K > 75 - s$. Če torej varimo 20 mm debelo pločevino, bi mejna vrednost za K znašala 40, oziroma 55.

Pri jeklu za kotlovsko pločevino H I znaša $K = 22,4$

H II $K = 23,0$

Pri jeklu C 45 je $K = 59,8$

pri jeklu 36 Cr Ni Mo 4 je $K = 91,45$

Ker sta vrednosti K za obe vrsti kotlovske pločevine manjši od 40 in 55, lahko varimo brez predgrevanja in brez naknadnega žarjenja. Pri obeh ostalih vrstah jekla pa so vrednosti za K večje od 40, oziroma 55 in je zato i predgrevanje i naknadno žarjenje nujno.

Pri debelini 10 mm pa bi bile mejne vrednosti za K 55, oziroma 65.

V tem primeru bi se spremenilo samo to, da bi profile iz jekla C 45 ne bilo treba naknadno žariti, ampak samo predgrevali.

Tako zvana konstruktivna varivost pa je doslej v metalurgiji še najmanj dognana lastnost naših konstrukcijskih jekel, ki se mora kazati v tem, da obdrži zavarjen material tudi pod najtežjimi pogoji obremenitve neke zavarjene konstrukcije toliko svoje plastičnosti, da se nepričakovano in brez razumljivega razloga ne prelomi s krhkim lomom.

Danes že vemo, da je tak nenadni krhki prelom skupna posledica delovanja raznih činiteljev, kot so notranje napetosti, ki so v jeklu nastale spričo varjenja, dinamičen način obremenitve, nizka zunanja temperatura, fenomen staranja in pa oblika konstrukcije kot celota, kot tudi geometrična oblika zvarov, ki imajo ostre prehode, zareze in druge anomalije. Če pravimo, da je neko jeklo dobro konstruktivno varivo, potem hočemo reči, da nanj tako jak termičen impulz, ki jeklo že v nekaj sekundah segreje, raztali, strdi in ohlaja, pri čemer je prirodno krčenje zvara močno ovirano, ne deluje v taki meri kot na neko drugo vrsto, ki je prav zaradi tega manj konstruktivno variva. Ampak tudi sosednje partije osnovnega materiala, ki niso bile raztaljene, se pa trdno drže zvara, morajo pri dobri konstruktivni varivosti obdržati v sebi toliko plastičnih rezerv, da lahko more-

bitne, v samem zvaru nastale napoke zadrže in ujamejo in tako vso preostalo zgoščeno energijo takoj uničijo s plastično deformacijo.

Ta konstruktivna varivost je torej z varjenjem le toliko v zvezi, kolikor nagel toplotni impulz vpliva na prvotno naturo jekla. Pri tem pa ni niti nujno, da jeklen profil na nekem mestu tudi varimo po celi debelini, ampak se slab vpliv toplotnega impulza pojavi že s samim kratkim dotikom električnega obloka, ali pa s kakim docela brezpomembnim navarom. Saj se je v Franciji že prelomil tlačni cevovod, ker so potem, ko je bil že gotov, nanj privarili malo uho, da bi nanj obesili neko brezpomembno napravo. Pokazalo se je, da je bilo izhodišče krhkega loma prav na zvaru tega ušesa.

Kadar gledamo jekla le iz vidika klasične metalurgije, se nam zde vse njihove dobre in slabe lastnosti le funkcija njihovega kemičnega sestava, kristalne strukture ter čistosti in homogenosti. Na bazi teh treh ali štirih komponent je mogoče izdelovati jekla poljubne trdote, trdnosti, razteznosti in žilavosti in čim je jeklo enkrat ulito in zvaljano v profile, ima že svoje karakteristiko, ki predstavlja za varilnega konstrukterja in kupca neko konstanto. Za metalurge stare šole se ta konstanta ni več spremenila vse dotlej, dokler se s kako ponovno toplotno sredstvo jeklene gmote ni spremenila njena kristalna struktura, s čemer so se delno, ali pa tudi totalno spremenile njene mehanske lastnosti.

Ko pa je znanost prvič ugotovila fenomen prirodnega in umetnega staranja naših jekel, se je morala vera v stabilnost jekel takoj omajati in dati mesta teoriji, da so naša jekla vendarle nestabilne legure, katerih labilnost se kaj rada poruši, če so za to podani posebni pogoji.

Z nastopom varilne tehnike pa je postalo to spoznanje še bolj dognano, čim so ugotovili, da je prav toplotni impulz, ki je značilen za talilno varjenje, tisti činitelj, ki najhitreje in tudi najkrepkeje poruši navidezno ravnotežje jeklene legure. Sicer bi n bilo mogoče, da bi se neko jeklo, ki kaže pred varjenjem dobre mehanske lastnosti, pod vplivom nekih sil naenkrat prelomilo s krhkim lomom brez kake predhodne vidne deformacije.

Nemška znanstvenika H. Houdremont in H. J. Wiester smatrata, da vpliva na padec plastične sposobnosti jekla več faktorjev in da pride nagnjenje jekel za krhki lom do izraza takrat, kadar:

a) nastanejo v jeklu notranje napetosti večosnega značaja, ki preprečuje tvorbo strižnih napetosti, ki so potrebne, da prično železni kristali drseti po svojih drsnih ploskvah in se tako plastično deformirati, ne da bi pri tem izgubili svojo kontinuiteto;

b) je hitrost obremenitve zelo velika in se pri tem pojavijo v materialu tako visoke elastične napetosti, da se material pretrga še predno je lahko pričela plastična deformacija;

c) je drsna deformacija kristalov zaradi nizke temperature tako otežkočena, da se kristali sprva deformirajo samo elastično, zatem pa že pretrgajo s krhkim lomom.

Vzrok za to nagnjenje h krhkemu lomu mora ležati v samem jeklu, in sicer v njegovi fizikalno-kemični konstituciji, ki je lahko stabilna ali pa labilna. Pod to konstitucijo razume znanost medsebojni odnos faz, v katerih se nahajajo posamezne legurne komponente jekla, ki so ali raztopljene v atomarni (vodik), molekularni (FeO) ali pa v disocilirani obliki (FeSi, FeS), ali pa so v jeklu dispergirane koloidno v submikroskopski obliki po kristalnih mejah, segregacijsko kot izceje ali pa suspenzijsko kot vključki.

Vsega tega navadna kemična analiza ne more ugotoviti in so za določanje te fizikalno-kemične konstitucije potrebne komplicirane in drage naprave iz področja rentgenske spektrografije, anodnega izločanja nekovinskih primesi, ugotavljanja histereze z dilatometričnimi merjenji itd.

Ker torej nikdar ne vemo, v kakšni fazi se nahajajo razne primesi v izdelanem jeklu, tudi ne moremo vedeti, ali je legura stabilna ali labilna. Če je slučajno labilna, postane lahko z varjenjem stabilna, toda na škodo njene

plastične rezerve, ker so se nekatere raztopljene komponente med ohlajevanjem izločile v submikroskopskih dimenzijah in tako zavrle možnost kasnejše deformacije po drsnih ploskvah, kot se ustavi drsenje koles, če smo na gladko cesto nasuli drobnega peska. Če pa je bila jeklena legura prvotno stabilna, bo postala spričo varjenja lahko labilna, ker so se nekatere že izločene komponente med varjenjem ponovno raztopile, pa so spričo izredno nagleda hlajenja ostale v prenasičeni trdni raztopini, ki je že po svoji naravi vedno labilna, a se stabilizira šele s staranjem.

V prvem in drugem primeru se pojavljajo v kristalnem zlogu submikroskopski izločki oksidov, nitrinov, sulfidov in fosfidov, ki jih lahko ugotavlja le elektronski mikroskop. Z navadnimi pripomočki pa teh povzročiteljev pomanjšane plastičnosti jekla ne vidimo, ampak samo s presenečenjem lahko ugotavljamo, da je nastopil krhki lom, čim so zanj nastopili potrebni pogoji.

Sodobna metalurgija ima na tem področju še zelo mnogo znanstveno-raziskovalnega dela, preden bomo mogli z gotovostjo vedeti že vnaprej, kakšna je konstruktivna varivost nekega jekla. V tem oziru gre naša praksa pred dognanji znanosti. Poslužujemo se vseh mogočih laboratorijskih preiskav, da bi ugotovili, ali je jeklo dobro konstruktivno varivo ali ne, ne da bi pri tem vedeli, zakaj je dobro varivo in zakaj ne. Le izkušnje nam govore, da so tista jekla dobro variva, ki so čim manj legirana, ki so fizikalno in kemično čim bolj čista in imajo čim finejši kristalni zlog, kajti legurni elementi povečujejo histerezo, škodljive nečistoče, kot so kisik in dušik, povzročajo staranje, drobna in enakomerna kristalna zrna pa najlaže umičujejo notranje napetosti s plastično deformacijo.

Metalurgi vse to prav dobro vedo, vendar jim šarže ne potekajo vedno tako, kot bi želeli, ker tudi njihovi proizvodni pogoji niso vedno idealni. Uporabljajo tudi grodelj in staro železo, katerih predzgodovina jim ni kaj dosti poznana. Tudi konstrukterji varjenih konstrukcij preračunavajo svoje objekte po statičnih in dinamičnih vidikih. Toda pri tem se naslanjajo le na mehanske lastnosti jekel pred varjenjem, predvsem pa na plastičnost, ki je bila izmerjena pri tgalnem preizkusu, ko se je jeklo nahajalo v enosnem napetostnem stanju, ne pa v triosnem t. j. prostorskem, ki je značilno za vsako varjenje. Ker tudi oni ne morejo imeti jasnih predstav, kako bo varilni toplotni impulz vplival na jeklo, se pač opirajo še na razne dodatne preiskave, ki so jih strokovnjaki razvili v teku zadnjih desetletij, pri čemer postavljajo pred metalurge včasih tudi pretirane zahteve, ne zavedajoč se dovolj tega, da je že vsak ingot zelo nehomogena materija, ki daje na enem mestu morda odlične rezultate izvida, dočim so le-ti na drugem mestu komaj dobri, ali pa celo nezadostni. Pri vsem tem pa se moramo tudi še zavedati, da laboratorijska preiskava nikdar ne more pokazati tega, kar se dogaja pozneje v zavarjenem in dinamično obremenjenem objektu, kajti nastanek krhkega loma je vedno vezan na neko kritično kombinacijo kritičnega napetostnega stanja pri določeni temperaturi, ali pa kritične temperature pri nekem napetostnem stanju.

O metodah, ki so danes v rabi za preizkušanje varivosti v širšem pomenu te besede, imamo v strokovni literaturi že vse polno podatkov. Nekaj teh metod je opisanih tudi v Priročniku za uporabo dodajnega materiala pri ročnem talilnem varjenju, ki ga je Železarna Jesenice izdala ob svoji 90-letnici. Na tem mestu naj bo samo omenjeno, da se strokovnjaki po svetu še največ opirajo na določevanje žilavosti pri različnih temperaturah, pri čemer ugotavljajo tisto temperaturno območje, v katerem pričenja žilavost nekega jekla rapidno padati. Nimamo pa žal še takih preizkusnih metod, ki bi problem varivosti prikazale z nekimi številčnimi pokazatelji in bo menda trajalo še precej časa, da bo znanost za to raziskovalno področje našla kakšno enostavno, priročno in ceneno metodo.

Pač pa pokušajo vsa konstrukcijska jekla klasificirati z ozirom na boljšo ali slabšo varivost v skupine in to po raznih izkustvenih vidikih, da bi se konstruk-

terji lahko vsaj v neki meri orientirali, kadar izbirajo jekla za predvidene konstrukcije.

Izhodišče za tako klasifikacijo so dale znane ugotovitve, da se nam jekla kažejo pri prelomu v treh variantah, oziroma tipih:

1. jekla, ki se prelomijo, oziroma pretrgajo šele po močni predhodni plastični deformaciji s tako zvanim žilavom lomom;

2. jekla, ki se pretrgajo po delni plastični deformaciji s tako zvanim mešanim lomom;

3. jekla, ki se prelomijo brez vsakršne predhodne plastične deformacije s tako zvanim krhkim lomom.

Toda s padanjem temperature se ponašanje jekla menja in so lahko pri isti vrsti jekla mogoči vsi trije tipi. To pomeni, da je zanimivo vedeti, pri kateri nizki temperaturi je jeklo izgubilo vso svojo plastičnost, če se je v bližini kritičnega mesta nahajala kakšna zarez in dalje, pri kateri nizki temperaturi se krhki lom širi dalje po elastično obremenjenem materialu ter končno, pri kateri temperaturi konča žilav lom ne glede na jakost obremenitve. Po teh kriterijih so n. pr. Amerikanci že iskali vzrok, za razkol toliko varjenih Liberty ladij in so ga po navedbah literature tudi našli v določenih vrstah jekla, ki se je slabo ponašalo. Seveda so take naknadne ugotovitve prepozne, varilni konstrukterji pa že vse to vedeti vnaprej, da bi izbrali lahko takšno jeklo, ki jim v zavarjeni konstrukciji ne bo delalo preglavic.

Internacionalna varilska organizacija IIW je na svoji skupščini v Firencah leta 1954 že predlagala, da bi se jekla po svoji stabilnosti klasificirala v štiri skupine A, B, C in D, pri čemer naj bi se vrste A uporabljale le za varjene konstrukcije, ki so le malo obremenjene, vrsta B za konstrukcije, ki so normalno obremenjene, vrsta C za konstrukcije, pri katerih se na nevarnost krhkega loma že mora računati z ozirom na kopičenje napetosti v zavarjenih vozlih in z ozirom na močne temperaturne spremembe, in končno vrsta D, ki mora z absolutno gotovostjo ostati po varjenju stabilna in se v konstrukciji ne sme pojaviti krhki lom.

Po tem predlogu IIW naj bi bil kemičen sestav teh kvalitetnih vrst jekel naznačen z naslednjimi maksimalnimi vrednostmi:

	A	B	C	D
C	0,25	0,20	0,20	0,20 %
Mn	—	1,5*	1,5*	1,5*
Si	—	0,6	0,6	0,6
S	0,06	0,05	0,05	0,05
P	0,03	0,06	0,06	0,05

* pri C 0,15 % naj se vsebnost Mn dopušča do 1,8 %

IIW ne predvideva za kvalitete A in B nobene preiskave nagnjenja h krhkemu lomu, za kvalitete C in D pa predlaga Charpy - V notch preiskave, pri čemer naj bi kvaliteta C dala minimalno, srednjo vrednost 3,5 mkg/cm² pri 0 stopinjah Celzija, kvaliteta D pa isto žilavost pri -20 stopinjah Celzija.

Hauttmann (Vöst) je na praktičnih izkušnjah za razne vrste jekel v pogledu njihove občutljivosti za kritične napetostne razmere, ki nastajajo pri varjenju, postavil »ranglisto« jeklenih vrst, ki se glasi takole:

I. Nepomirjena jekla

a) navadno Thomasovo jeklo, ki ima mnogo dušika in fosforja;

b) boljše Th-jeklo - ki ima malo dušika in fosforja in so vrednosti N₂ enake vrednostim N₂, ki jih daje SM-jeklo;

c) Elektro-jeklo, ki ima višji dušik;

d) Siemens Martinovo jeklo;

e) SM-jeklo, izdelano s kisikom (takozvano LD in SK-jeklo).

II. Pomirjena jekla

a) s Si pomirjena jekla;

b) s Si in Al pomirjena jekla brez aluminija v leguri.

III. Finozrnata jekla, pomirjena s Si-Al in legirama z Al, ki so obstojna proti staranju.

Po Hauttmannu je kritična debelina profilov tem večja, čim nižja je neka vrsta jekla v tej »ranglisti«.

Houdremont je sestavil podobno »ranglisto« iz štirih skupin za normalna konstrukcijska jekla in še iz 3 skupin za jekla večje trdnosti, ki jih izdelujejo samo v pomirjenem stanju. Pri obeh skupinah smatra finožrnata jekla, ki so obstojna proti staranju, za najboljša.

H. klasificira tudi same varjene konstrukcije v 4 skupine, in sicer:

1. skupina: konstrukcija, ki je enostavna in ima gladke prehode na zvarih;

2. skupina: konstrukcija, ki kaže pri zvarih še harmonične prehode brez kakšnega kopičenja zvarov na enem mestu in tudi nima posebno debele zware;

3. skupina: konstrukcija z mnogo zvarov na enem mestu, ki dajejo napetostne konice, toda debeline zvarov niso velike;

4. skupina: konstrukcija, ki ima mnogo debelih zvarov na enem mestu, neugodne prehode v presekih, skratka konstrukcija, ki že po svoji naravi mora vplivati na tvorbo večinskega napetostnega stanja.

Glede načina kasnejše obremenitve pa loči H. štiri vrste obremenitev, ki jih karakterizira tako-le:

1. obremenitev je samo statična pri sobnih temperaturah;

2. obremenitev je statična pri nizkih temperaturah;

3. obremenitev je dinamična, predvsem udarna, pri sobnih temperaturah;

4. obremenitev je pri nizkih temperaturah zelo nagla. In končno upošteva H. še 4 načine samega varjenja kot sledi:

1. običajno varjenje brez kakršne toplotne obdelave pred in po varjenju;

2. varjenje z lokalnim žarjenjem že gotovih zvarov;

3. varjenje s predgrevanjem;

4. varjenje s kasnejšim žarjenjem ali celo normaliziranjem vseh zvarov.

Vsa ta razglabljanja so dana strokovnjakom v razpravo, dokončna klasifikacija pa še ni bila izdelana. Le nemška DIN 17100 od okt. 1957, konstrukcijska jekla St. 34 do St. 60, že razvršča vsako vrsto v tri podskupine, ki nosijo n. pr. naziv St. 37, St. 37-2 in St. 37-3.

Prva skupina naj bi odgovarjala navadnim zahtevam, druga večjim in tretja posebnim. Boljša ali slabša konstruktivna varivost naj bi se po DIN kazala v žilavosti. Tako naj bi jekla druge skupine imela žilavost najmanj 8 kg/cm², potem ko so bila umetno postarana (10 %/250° C 30 minut) in jim je bila žilavost izmerjena pri temperaturi +20° C na epruveti DVMF. Jekla tretje skupine pa naj

bi imela minimalno žilavost od 7 kg /cm², izmerjena pri temperaturi 0° C na navadni epruveti DVM, DIN tudi navaja, da bi morala imeti vsa jekla tretje skupine vsaj 0,02 % aluminija kot svojo legurno komponento.

Iz navedenega sledi, da znanost do danes še ni našla boljše, cenejše in primernejše metode za ugotavljanje varivosti konstrukcijskih jekel, kot je določanje žilavosti po predhodnem staranju in pri nižjih temperaturah. Tudi smatrajo vsi avtorji, da so najboljše metalurško in konstruktivno variva tista finožrnata jekla, ki so pomirjena in še dodatno legirana z aluminijem.

IIW poziva strokovnjake vseh držav, da bi se pričeli še intenzivnejše ukvarjati s problemom varivosti konstrukcijskih jekel, pri čemer naj bi se osredotočili na problem št. 1, ki ga nam postavlja doslej še ne dovolj raziskana nagnjenost naših jekel h krhkemu lomu, vzbujenemu od varilnega postopka.

Če hočemo tudi na Jesenicah napraviti v doglednem času močnejše premike v kvalitetnejšo smer, potem se moramo potruditi, da bomo izdelali čim več tudi dobro konstruktivno varivih jekel. S tem delom pa se mora ukvarjati predvsem naša jeklarna, kjer se jeklo rodi s svojo primarno fizikalno-kemično konstitucijo, ki jo poznejše predelave le težko izpreme. In kar velja za jekla kot osnovni material za varilstvo, velja tudi za jekla, iz katerih se izdelujejo žice kot dodatni material. Elektrodne žice se sicer pri talilnem varjenju ponovno pretale in metalurško regenerirajo, toda podedovane lastnosti jim pri tem vendarle ostanejo.

LITERATURA

Zeyen: Neue Erkenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiete der Metallurgie des Schweißens von Eisenwerkstoffen Örtikon-Schweissmitteilungen No. 29 ((1958), No. 32 (1959).

Die Schweißbarkeit der Stähle für den Ingenierbau Örtikon-Schweissmitteilungen No. 30 (1958).

Seltenhammer: Der Spröddbruch-Schweißproblem No. 1 im Stahlbau Revue »Schweißtechnik« Heft 4/1959.

H. Koch: Werkstoff-Fragen beim Schweißen Revue »Schweißen und Schneiden« Heft 6/1956.

Kerkhoff: Die moderne Bewertung der Schweißung im Kessel- und Behälterbau.

Revue »Schweißen und Schneiden« Sonderheft 1954 S. 69.

URBAR ING. CIRIL

DK 621.783

Uporaba figurne brame v ogrevni - potisni peči v valjarni 2400 na Javorniku

V valjarnah ogrevamo vložek (bloke, brame in ingote) v posebnih pečeh do zahtevane temperature za valjanje. Vse ogrevne peči pa niso enake vrste, temveč se z razvojem tehnike postopoma spreminjajo konstrukcije teh peči, in sicer deloma ali pa v celoti, tako da ločimo več, bistveno med seboj različnih vrst peči. Peči klasičnega tipa so predvsem talne in komorne peči. Talne peči danes pretežno uporabljajo za ogrevanje težkih blokov (10 ton) v Blooming valjarnah, kjer se pojavljajo v posameznih enotah, ali pa v sodobnih valjarnah zelo pogosto tudi v grupah po 3 ali celo 6 talnih enot v eni grupi. V valjarnah, ki predelujejo predvaljane težke bloke, ali pa surove bloke od 1 do 4 tone v končne proizvode (profile, žico in ploče-

vino), pa danes največ uporabljajo potisne peči, kot višjo razvojno stopnjo nekdanjih komornih peči.

Seveda pa obstojajo v raznih valjarnah, zlasti tam, kjer na valjčnih progah vroče predelujejo lahke vložke izpod 1 tone, poleg potisnih peči razne druge izvedbe, kot na pr. krožne peči z vrtiljivim dnom, dalje tunelske peči s premičnimi gredicami, vendar tudi v teh valjarnah prevladujejo potisne peči. Potemtakem lahko trdimo, da predstavljajo potisne peči v vseh valjarnah z vročo predelavo jekla univerzalno obliko, zato so tudi problemi v zvezi s to vrsto peči najbolj aktualni.

Namen te razprave je:

1. opisati težave in probleme, s katerimi se ukvarja valjavec, oziroma varilec pri ogrevnih — potisnih pečeh zaradi tvorjenja varilne žilindre in

2. na osnovi najnovejših rezultatov iz prakse seznaniti vse prizadete o učinkovitem pripomočku za odstranjevanje varilne žilindre iz potisnih pečí.

Ad 1. — Tudi potisne pečí so doživele velike konstrukcijske spremembe, predvsem v čimbolj mehaniziranem transportu jeklenega vložka skozi peč. Logična posledica postopnega povečevanja teže vložka (brame ali ingota) je tudi postopno opuščanje uporabe fizične sile človeka, ki jo, kakor povsod drugod, tudi tukaj vedno bolj nadomešča stroj. V smeri, po kateri potiskamo vložek, so potisne pečí razdeljene v posamezne cone, in sicer običajno v 3, kakor sledi:

a) predgrevena cona, običajno brez gorilcev, v kateri se vložek ogreva v protitočni struji dimnih plinov, ki zavzema po velikosti 46 % celotne ogrevne površine;

b) ogrevna cona, kjer so gorilci ob strani, ali pa v novejših izvedbah tudi čelno. Ta cona se deli v zgornjo in spodnjo, po velikosti pa zavzema 31 % ogrevne površine;

c) žarilna — izenačevalna cona, kjer so gorilci največkrat samo zgoraj, in sicer čelno, po velikosti pa obsega 23 % celotne ogrevne površine pečí.

V potisno peč lahko vlagamo brame ali ingote v eni vrsti — enovrstne pečí, če pa jih potiskamo paralelno v dveh vrstah, jih imenujemo dvovrstne potisne pečí. Te zadnje dandanes prevladujejo, ker so iz toplotno-tehničnih vidikov neprimerno bolj prikladne in tudi iz ekonomskega stališča bolj utemeljene. Običajno potisne pečí kurijo z generatorskim plinom, kjer so dane možnosti, pa tudi s koksovim in plavžnim plinom, oziroma mešanico obeh. Dandanes opremljajo ogrevne pečí, prav tako tudi potisne, z avtomatskimi napravami za reguliranje plina in zraka v pravilnem razmerju, dalje za regulacijo ustreznega vleka dimnih plinov in za kontrolo temperature v vsaki coni posebej. V valjarnah z veliko kapaciteto valjavniških strojev naletimo na dvovrstne potisne pečí, ki so po svojih dimenzijah že pravi velikani, s skupno koristno — ogrevno površino 160 do 200 površinskih metrov.

Nepoučeni si lahko ob prebiranju teh vrstic ustvari mišljenje, da pri sodobnih potisnih pečeh — velikanih, po svojih dimenzijah in popolnih avtomatih, po strojni in instrumentalni opremlitvi, ni več odprtih tehničnih vprašanj. Da so taka mišljenja zmotna in nevzdržna, nam dokazujejo praktične izkušnje. Kakor se morda sliši paradokсно, pa vendar predstavlja pri teh »avtomatskih velikanih« vse do danes osnovni problem skrajševanje hoda pečí zaradi kopičenja varilne žilindre. Vsem varilcem, valjavcem in sploh vsem, ki delajo v valjarnah, je znano dejstvo, da predstavlja tako imenovano »izbijanje tlaka« oziroma čiščenje varilne žilindre v potisnih pečeh najtežje fizično delo v valjarnah sploh. Ta način odstranjevanja varilne žilindre, ki je še dandanes v veljavi, zahteva izreden fizični napor, kajti s težkimi drogovi in kladivi izbijajo žlindrino maso tako rekoč zrno za zrnem. Varilna

žilindra ima namreč v strjenem stanju izredno žilavo odpornost proti drobljenju.

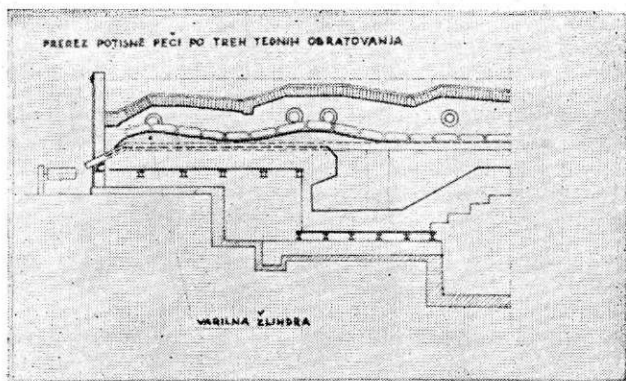
Znano je dejstvo, da žlindre nimajo tališča, ampak preidejo postopoma v določenem temperaturnem intervalu iz trdnega stanja preko testenega v tekoče stanje. Običajno so grajene potisne pečí tako, da je v njih nastala žilindra v testenem stanju, ali kakor pravimo v udomačenem strokovnem slovarju — »peč dela na suho žlindro«. Pri ogrevanju jeklenih blokov, bram ali ingotov v potisnih pečeh se pri masovnih C-jeklih, zlasti pri tistih vrstah jekla z nižjim C, tvori v določenem temperaturnem intervalu med 1000 in 1300° C varilna žilindra. Ta varilna žilindra je sestavljena pretežno iz bazičnih oksidov in je lahko naslednje sestave:

Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
13.97	82.17	0.42	1.30	0.17	0.60	0.08	0.027

Po elementih, ki so navzoči v žlindri, pa kaže analiza naslednje:

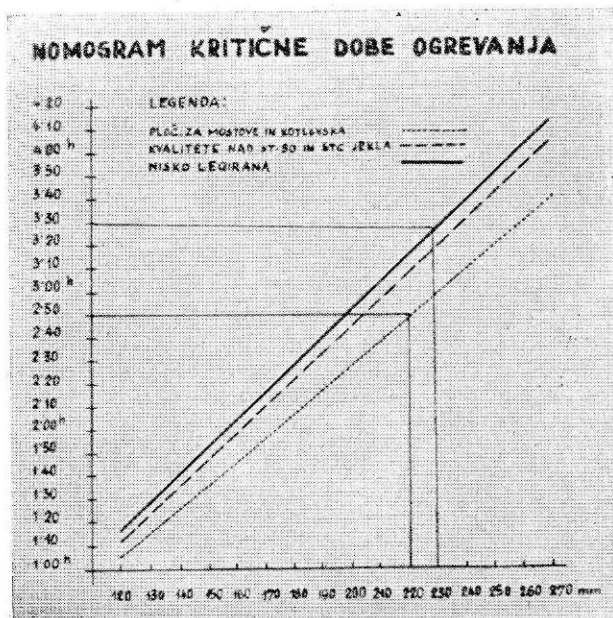
Fe	Mn	C	S	P
73.61	0.33	0.22	0.59	0.012

Sama konstrukcija potisne pečí onemogoča odstranjevanje nastale varilne žilindre med obratovanjem. Brame ali ingoti pri potiskanju prekrivajo namreč skoraj celotno ogrevno površino. Zaradi tega je med samim obratovanjem nemogoče čistiti varilno žlindro, ki se nabira na dnu.



Slika 1.
Presek z varilno žlindro zalite potisne pečí po treh tednih obratovanja

Kot je iz slike 1. razvidno, nastane žilindra najprej v izenačevalni coni, od tam se pa postopoma širi v ogrevno cono. Po določenem času zavzame varilna žilindra zlasti v žarilno-izenačevalni coni tak obseg, da je nadaljnje potiskanje vložka zaradi tega močno ovirano in končno preneha obratovati z žlindro zalita peč. V osnovi si prizadevamo, da se tvori pri ogrevanju jekla v potisnih pečeh kar najmanj varilne žlindre. V ta namen podvzamemo razne preventivne mere, predvsem glede pravilnega vodenja toplotnega režima v pečí. Zlasti za C-jekla in nizko legirana jekla velja pravilo: razvijati toplotni režim ogrevanja kar najbolj enakomerno, ker se le na ta način lahko izognemo prekomerni tvorbi varilne žilindre.



Nomogram št. 1

Razen določene temperature je bistvene važnosti tudi pravilna doba, oziroma čas ogrevanja. Čas, ki poteče od trenutka, ko doseže ogrevano jeklo zahtevano optimalno temperaturo (pri kateri že lahko pričnemo z valjanjem), pa do dejanskega začetka valjanja, imenujemo **kritično dobo** ogrevanja. Ta kritična doba je na osnovi dognanj iz prakse točno določeni časovni interval, ki je odvisen v glavnem od debeline bloka ali brame in od vrste jekla. Iz nomograma št. 1 je razvidno, v kakšni odvisnosti je kritična doba (izražena v urah in minutah) od vsakokratne začetne debeline bloka pri nizko – C-jeklih, dalje pri visoko – C-jeklih in končno pri nizkolegiranih jeklih.

Toda s temi in podobnimi preventivnimi ukrepi lahko samo omejimo tvorbo varilne žilindre, ne moremo je pa preprečiti. Ker se varilna žilindra v ogrevnih pečeh kljub temu tvori, jo je treba na koncu koncev le odstranjevati. V praksi si običajno pomagamo tako, da dno peči, ki je obloženo z varilno žilindro, najprej hladimo z vodo, ki povzroča tu in tam razpoke, da je čiščenje sploh mogoče. Odveč je pripomba, da voda pri tem kvari obzidavo in s tem občutno skrajšuje življenjsko dobo, oziroma eno kampanjo peči (čas, ki poteče med enim in drugim remontom). Toda pri polivanju z vodo je delo kljub temu težko in naporno in, kar je najbolj neugodno, zelo dolgotrajno. Tako na pr. pri dvovrstni potisni peči v valjarni 2400 periodično vsako soboto in nedeljo, oziroma najkasneje vsako drugo soboto in nedeljo skupaj. Po preteku vsakih 6 tednov pa opravimo tako imenovano »veliko izbijanje tlaka« (kot to po domače razumemo pod pojmom »čiščenje varilne žilindre«). Tedaj se peč ustavi za polnih 4 do 5 dni, preden se tako čiščenje opravi.

V naslednjih poglavjih bom zaradi lažjega pojmovanja uporabljal enoten izraz za čiščenje varilne

žilindre, in sicer »izbijanje tlaka«, ki je povsod v valjarnah že udomačen.

Na osnovi podatkov iz leta 1958 je razvidno, kakšni so bili zastoji zaradi izbijanja tlaka v dvovrstni potisni peči valjarne 2400 v Železarni Jesenice. V naslednjih podatkih se navedeni zastoji zaradi izbijanja tlaka nanašajo izključno samo na delovne dneve, pri tem pa ni upoštevan glavni remont v mesecu aprilu in niso upoštevane nedelje, ko se izbijanje tlaka že itak redno opravlja.

Tako je bilo v 1958. letu štirikrat veliko izbijanje tlaka in 20 ustavljanj potisne peči zaradi tako imenovanega malega izbijanja tlaka. Veliko izbijanje tlaka je časovno takole razporejeno:

od 25. do 28. januarja skupno polnih 4 dni zastoja;

od 3. do 6. julija skupno 3 dni in še 8 ur dne 6. julija;

od 29. do 31. avgusta skupno 2 dni in še 11 ur dne 31. avgusta;

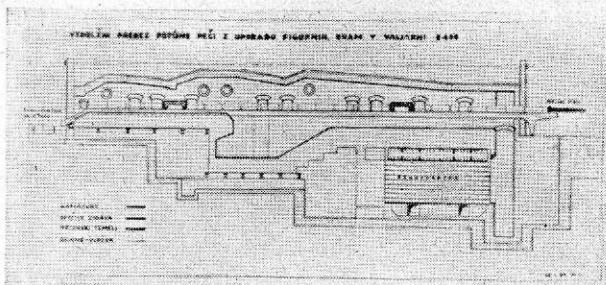
od 19. do 30. novembra skupno polnih 10 dni zastoja.

Skupno je torej zaradi velikega izbijanja tlaka izgubljenih 19 delovnih dni in 19 ur.

Malo izbijanje tlaka pa se je opravljal, kot že omenjeno, dvajsetkrat, in sicer večinoma v sobotah popoldne in ponoči, ali pa celo ves dan, kar znese skupno 15 delovnih dni.

Celokupni zastoji zaradi izbijanja tlaka so torej zelo veliki, saj znašajo v letu 1958 skupno 34 delovnih dni in 19 ur, izgubljenih za proizvodnjo.

V praksi smo zato poizkušali vse mogoče, da bi to delo odpravili, ali vsaj olajšali in zmanjšali zastoje na minimum. Razne ideje so se porajale največ glede spremembe konstrukcije izenačevalne cone peči. Tako smo na pr. predvidevali, da bi z dviznim obokom tega dela peči olajšali delo pri izbijanju tlaka s pomočjo žerjava. Vendar so bili izrečeni utemeljeni pomisleki glede slabega tesnenja itd. Prišli smo celo do zelo zahtevnega predloga, namreč premično dno v tem delu peči, kar pa je seveda zaradi tehnično skoraj nerešljivih problemov in ogromnih stroškov ostalo le na papirju. Tudi v strokovno-tehnični literaturi še do danes ni nič znanega, oziroma pojasnjene v tej raziskovalni smeri. Prva praktična dognanja so nastala šele v najnovejšem času, in sicer v neki železarni v SSSR, vendar jih smatrajo za sedaj še kot skrivnost.



Slika 2.

Vzdolžni presek potisne peči z uporabo figurnih bram

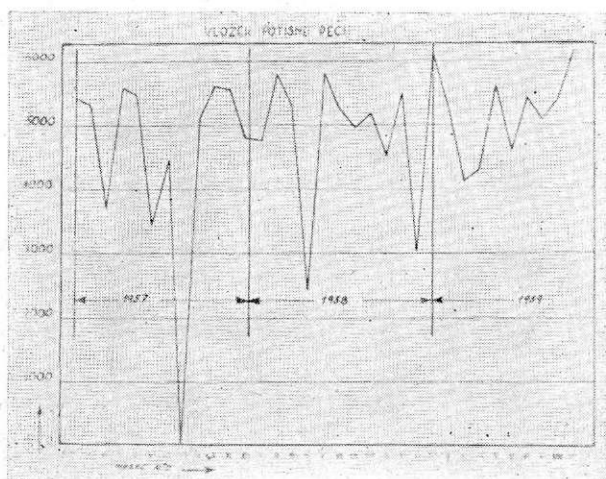


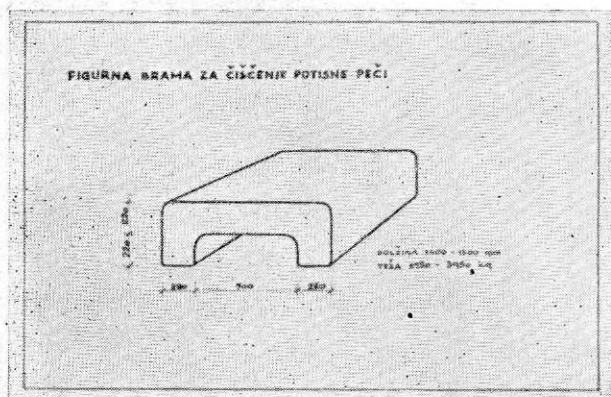
Diagram št. 2
Predelava vložka v zadnjih treh letih
obratovanja potisne peči

Le srečnemu naključju je treba pripisati dejstvo, da se je zgolj suha ideja, brez tehničnih podatkov, nedavno prenesla k nam, kjer se je ta novi edinstveni postopek v toku večmesečnih vztrajnih in napornih raziskovanj razvil do današnje zadovoljive in tehnično dognane višine.

Ad 2. — Opis novega postopka za čiščenje varilne žilindre na osnovi tako imenovanih »figurnih bram«. — Figurna brama je v bistvu votel jekleni odlitek brame brez osnovne ploskve, ki se na vsaki izmeni najmanj enkrat potiska med dejanskimi — pravimi bramami na levi in desni strani potisne peči. Pod figurno bramo lahko izgrebemo žlindro v testenem stanju na dnu peči vzdolž ogrevne in izenačevalne cone na obeh straneh pri vsakih vratih.

Z uvedbo tega postopka v začetku marca 1959 je pri nas odpadel izredno težek problem čiščenja dna peči, kajti ta v bistvu enostavni, pa zelo učinkoviti način čiščenja omogoča, da obratuje potisna peč brez prekinitve vse do danes.

Ta način dela ne povzroča posebnega napora. Peči ni treba ustavljati preko sobote in nedelje, zaradi česar pridobimo veliko časa in s tem povečamo proizvodnjo vroče valjane pločevine.



Figurna brama za odstranjevanje varilne žilindre
v potisni peči

Ta novi postopek čiščenja dna peči omogoča tudi neprimerno večjo vzdržnost peči. Pri dosedanjem starem načinu dela smo pri hladnem izbijanju tlaka polivali dno peči z vodo, kar uničuje obzidavo in krajša tudi po tej strani življenjsko dobo peči.

Pri novem načinu dela ta kvarni učinek vode popolnoma odpade, kajti čiščenje poteka v vročem stanju pri normalni temperaturi ogrevanja in vode sploh ne uporabljamo kot hladilno sredstvo.

Kot kaže praksa, pa ima ta postopek še eno izredno prednost, ker nam figurna brama omogoča, da se dno peči intenzivno pregreje, kajti plamen cirkulira pod bramami in neposredno ogreva tudi dno peči. Ugodna posledica tega je, da se brame pri valjanju ne krivijo navzdol, ker so bolj intenzivno pregrete. Na ta način se lahko izognemo marsikateri okvari na progi, ki so bile prej pogoste zaradi neenakomerno pregretega vložka.

Figurne brame pa ne omogočajo samo tekočega čiščenja suhe šlake, temveč istočasno vsaj delno potiskajo pred seboj varilno žlindro in tako omogočajo, da je dno peči vedno ravno in čisto.

Prvi pokazatelj za uspeh novega postopka je vsekakor pridobitev časa in s tem analogno dvig proizvodnje vroče valjane pločevine. Iz tehničnih podatkov v lanskem letu je razvidno, da od uvedbe »figurne brame« v začetku marca 1959. leta pa vse do danes, ni izgubljen niti 1 delovni dan zaradi izbijanja tlaka.

Analogni dvig proizvodnje po uporabi figurnih bram ilustrirajo sledeči tehnični rezultati, ki so bili doseženi v časovne mrazdobju od marca 1959 (uvedba figurnih bram) pa do marca 1960. Zaradi primerjave je tudi proizvodnja leta 1957 in leta 1958 prikazana v enakem časovnem razdobju.

Predelava vložka iz potisne peči v letu 1957 znaša 55.845 ton, v letu 1958 56.644 ton, dočim v letu 1959 že 63.186 ton. Razlika 6542 ton predstavlja pomembni tehniški dosežek, kot neposredni praktični rezultat uvedbe figurnih bram.

Tudi na diagramu št. 2 je razvidno, da so krivulje, ki ponazorjujejo vložek, neprimerno ugodnejše v letu 1959 kot pa v preteklih dveh letih.

V začetku so se pojavljale v določenem oziru težave, zlasti glede na relativno velike stroške pri sami izdelavi teh figurnih bram. Prvotno so namreč te brame vlivali v peščene kalupe s peščenimi jedri. Življenjska doba figurnih bram znaša največ dva do tri mesece, nato pa jih je treba zamenjati z novimi. Prav zato je rentabilnost pri izdelavi figurnih bram toliko važna. Danes je celotni postopek pri izdelavi zelo poenostavljen in neprimerno cenejši, kajti peščene kalupe so pri vlivanju zamenjale kokile. Vse dolgotrajne priprave peščenih kalupov so s tem odpadle in, ker cena take brame ni nič večja od cene navadnega jekla, ki se masovno vlija v kokile, je rentabilnost izdelave figurnih bram s tem popolnoma zajamčena.

Profil figurne brame dopušča možnost, da ga lahko prilagodimo različnim vrstam in teži vložka, začetna teža figurne brame pa ustreza 1,3 do 1,4-kratni teži največje dejanske brame.

Poizkusi z lunkeritom »štediša« pri vlivanju jekla

Pri vlivanju jekla predstavlja lunker velik problem. Da dosežemo v glavi vlitnega bloka čim manjši lunker, je treba obdržati po končanem vlivanju površino jekla čim dalj časa v raztaljenem stanju. To pa dosežemo z dobro izolacijo stene pri vrhu bloka, to je z uporabo izolacijskih plošč in z dodajanjem lunkerita. Ta razvija močno eksotermno reakcijo, zviša toploto taline v zgornjem delu bloka in jo potem tudi izolira.

V preteklem letu smo z uspehom izvedli poizkuse z lunkeritom »Štediša 400 in 401« (izdelek tovarne »Oven« — Kranj) na bramskih blokih različnih formatov. S temi poizkusi je bilo dokazano, da se z dobro izolacijo stene pri vrhu bloka doseže razmeroma majhen lunker.

Lunkerit »Štediša« razvije močno eksotermno reakcijo in obdrži površino jekla po končanem vlivanju dalj časa v raztaljenem stanju.

Poizkuse smo delali na vseh bramskih formatih kokil s težo blokov od 900 do 3500 kg. Poizkusi so pokazali, da je lunkerit »Štediša 401« v prvi vrsti eksotermnega značaja, poleg tega pa površino jekla tudi izolira. Ko je bilo jeklo vrito do izolacijskih plošč, smo dodajali lunkerit. Če smo po ponovnem dodatku »Štediša« lunkerita dalje premešavali, je odpadel izolacijski efekt. Medtem, ko smo premešano, razbito skorjo jeklene taline ponovno posuli z lunkeritom in pustili na miru, je bil poleg eksotermnega efekta dosežen še izolacijski efekt površine vlitnega bloka.

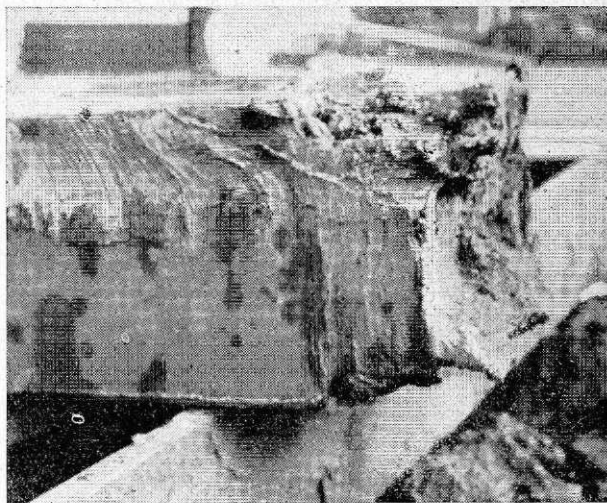
Pri vlivanju sarž določenih kvalitiet v bramske kokile pri pravilni temperaturi jekla in uporabi lunkenta »Štediša 401«, po rezanju »jalovih glav« bloki niso pokazali lunkerja, ki bi segal globlje v jedro bloka. Poizkusni bramski bloki so bili odre-



Slika 2.

zani takoj za »jalovo glavo«, kar je razvidno iz slike št. 1 in 2.

Prav tako smo vlti bramski blok teže 2200 kg prerezali v vzdolžni smeri. Lunkerja ni bilo opaziti, kar je razvidno iz slike št. 3.



Slika 3.

Poizkuse smo delali tudi z lunkeritom »Štediša 400« — sive barve, ki je pri uporabi pokazal enako dobre rezultate kot lunkerit »Štediša 401« rdeče barve. Kar pa zadeva porabo samega lunkerita, je bilo pri poizkusih ugotovljeno, da se porabi za 1 bramski blok teže 2000 do 3500 kg okoli 7 do 8 kg, za ostale manjše formate pa sorazmerno manj.

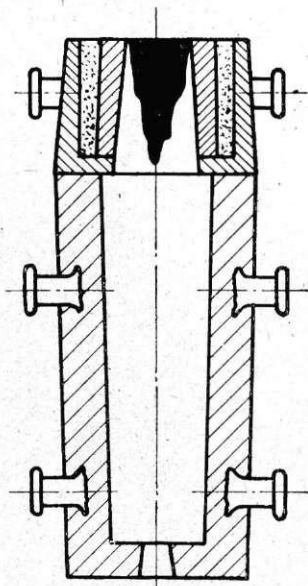
Zaradi pozitivnih rezultatov na bramskih blokih smo pričeli letos izvajati poizkuse tudi na koki-



Slika 1.

lah kvadratnega formata, to je na kokilah z oznako OKG-345V (slika št. 4).

Kokila je sestavljena iz kokilne glave in same kokile. Za nadaljnji opis poizkusov je treba omeniti, da je kokilna glava izzidana s šamotno opeko, med opeko in okvirom pa je naphan šamotni pesek.



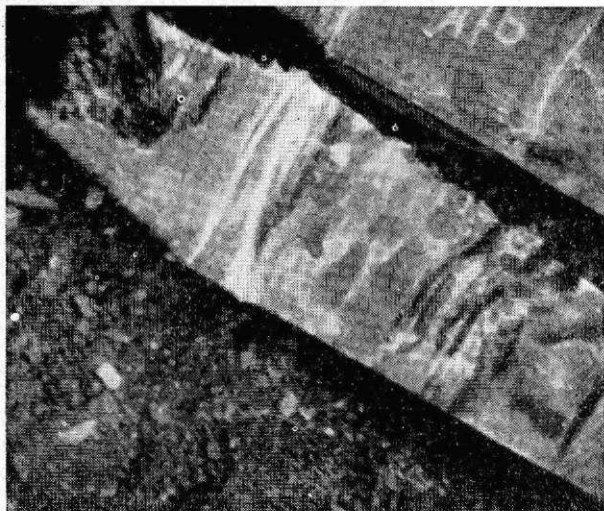
Slika 4.

Tudi pri tem formatu kokil je treba doseči čim manjši lunker. Zato pa moramo obdržati površino še tekočega jekla v kokilni glavi čim dalj časa v raztaljenem stanju. To smo doslej skušali doseči z grafitom. Vendar je bil lunker še vedno precej globok.

Segel je okoli 21 cm v globino »jalove glave«, katere celokupna višina je bila 33 cm.

Prerez tega bloka je na sliki št. 5:

Od celotnega ingota OKG-345V, teškega 1050 kg, je odpadlo na jalovo glavo ingota 130 do 150 kg jekla, kar znaša 14 %.



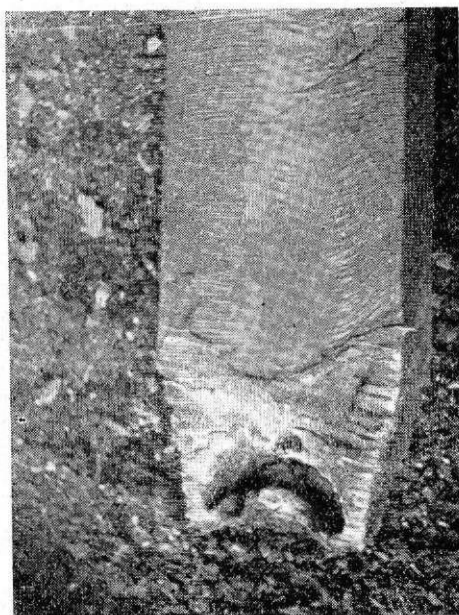
Slika 5.

Nadalje smo izvajali poizkuse z lunkeritom, z izolacijskimi ploščami in z eksotermnimi ploščami.

1. Grafit smo nadomestili z lunkeritom »Stediša 400« sive barve. Površino jekla v kokilni glavi smo posuli z lunkeritom »Stediša 400«. S tem je bil dosežen v prvi fazi (ko se da lunkerit na površino taline) močan eksotermni efekt. Ako smo površino jeklene taline po ponovnem dodatku »Stediša 400« dalje premešali, je odpadel eksotermni efekt. Kljub ponovnemu dodatku lunkerita je bil lunker še zmerom prevelik, a že boljši kot pri uporabi grafita. Segal je 16 cm globoko v jalovo glavo ingota. (Slika št. 6.) Poraba lunkerita je bila 1,5 kg na tono jekla.



Slika 6.

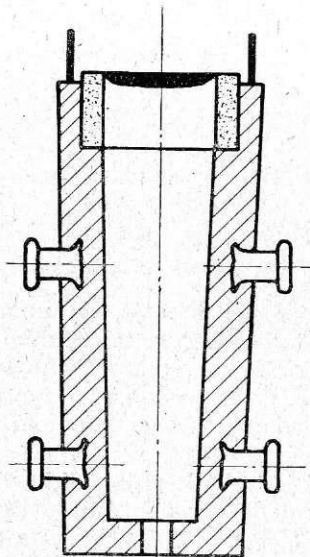


Slika 7.

2. Ako z lunkeritom posute površine jekla nismo mešali, se je lunker zmanjšal. (Slika št. 7.) Poraba lunkerita je 1,5 kg/t jekla.

Iz teh dveh primerov je razvidno, da pri uporabi kokilne glave, ki je izzidana s šamotno opeko, ne dobimo zadovoljivega lunkerja.

3. Nadaljne poizkuse smo izvedli samo z uporabo kokile OKG-345V, brez kokilne glave. Namesto tega smo vstavili v gornji del kokile OKG-345V izolacijske plošče, izdelane iz domačega izolacijskega materiala (slika št. 8).



Slika 8.

Po dodatku lunkerita »Štediša 400« smo dosegli lunker, ki je segal le 7 cm v notranjost »jalove glave« ingota, katere celokupna višina je znašala 10 cm. To je razvidno iz slike št. 9. Poraba lunkerita je bila 3 kg/t jekla. Lunker je bil pri uporabi izolacijskih plošč in z dodatkom lunkerita »Štediša 400« na površino ingota, izredno majhen. Od celotnega ingota OKG-345V, težkega 1050 kg, je v tem primeru odpadlo na »jalovo glavo« le 70 kg jekla, kar znaša 6,6 %.

Zaradi izredno nizkega lunkerja se je količina jekla v »jalovi glavi« močno zmanjšala. Iz gornjeje je razvidno, da lunkerit »Štediša 400« pri uporabi izolacijskih plošč močno zmanjša lunker v kokilah kvadratnega formata in s tem poveča izkoristek jekla. Slika št. 10, nam prikazuje razliko med »jalovo glavo« ingota, kokile OKG-345V s kokilno glavo (površina jekla posuta z grafitom in »jalovo glavo« ingota, kokile OKG-345V, v katere gornji del so bile vstajljene izolacijske plošče, površina jekla pa je bila posuta s »Štediša 400« lunkeritom).

4. Izredni eksotermni efekt lunkerita »Štediša 400« nas je napotil k temu, da smo začeli izdelovati eksotermne plošče, sestavljene samo iz lunkerita »Štediša 400« lunkerita, danega na površino jekla, varna »Oven« Kranj.

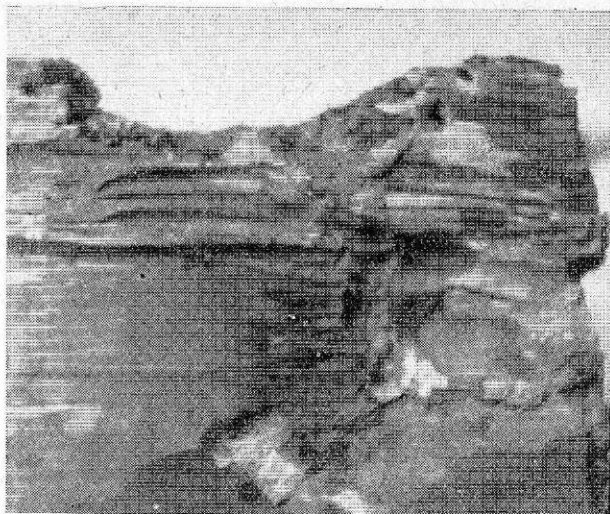
Izolacijske plošče, ki so služile doslej kot izolator raztaljenega jekla, so sedaj dobile eksotermni



Slika 9.



Slika 10.



Slika 11.

značaj. Tako dobimo na eni strani eksotermni efekt »Stediša 400 lunckerita, danega na površino jekla, in po drugi strani še izolacijsko-eksotermni efekt plošč, izdelanih iz »Stediša 400« lunckerita. To dovode do močnega zvišanja toplotne taline v zgornjem delu ingota.

Pri uporabi izolacijskih plošč, izdelanih iz »Stediša 400« lunckerita, se poraba lunckerita sicer poveča, to pa je z ozirom na prihranek jekla rentabilno.

Plošče smo izdelovali sestavljene iz 4 kosov za 1 kokil, kasneje pa tudi kot vložek iz enega samega kosa. Izgled lunckerja daje slika št. 11.

Za izdelavo plošč se uporabi cca 8 kg lunckerita.

Pri 36 ingotih je bil izplen pri valjanju na polfabrikat povprečno 84,6 %. Ako primerjamo povprečni izplen valjanih ingotov za leto 1958 — 83,6 % in za leto 1959 — 81,5 %, vidimo, da se je izplen povečal, če uporabljamo eksotermne plošče in če izoliramo površino jekla z lunckeritom.

Pri uporabi že omenjenih kokil OKG 345 V z vložnimi lunckeritnimi ploščami se je izboljšal tudi sam potek dela. Postavljanje in slačenje kokil je bilo opravljeno veliko hitreje, pri uporabi kokil z vložnimi lunckeritnimi ploščami, kot pa pri uporabi kokil z kokilnimi glavami.

JOŽE BERTONCELJ

DK 669.35.6

Izdelava visokotlačnih bronov

Visokotlačne brone uporabljamo v prvi vrsti za armature tlačnih črpalk, ventile, torej povsod tam, kjer je potrebna kompaktnost za 50 atm in celo več. V DIN normah 1705 je visokotlačni bron, ki vsebuje 86 % Cu in 14 % Sn. Pri pritiskih nad 25 atm in včasih tudi že manj, pa ta legura enostavno odpove. Vzrok je poroznost materiala. Znano je, da je ta legura dovzetna za pline, in to med taljenjem, kar ima za posledico poroznost in s tem neopornost za višje pritiske. Čisto nekaj drugega pa je, če takemu bronu dodamo določen odstotek cinka. Ta zmanjšuje navzemanje plinov v talino. Tvorijo se cinkove pare, ki to preprečujejo.

Praksa je pokazala, da so spodaj navedene tri legure dobri visokotlačni bron. V vseh je določen odstotek cinka.

1.

84 % Cu

7 % Sn

8 % Zn

1 % PCu

Ta zlitina se uporablja posebno za ohišja do 150 atm pritiska.

2.

83 % Cu

6,5 % Sn

8 % Zn

1,5 % Ni

1 % PCu

Ta je boljša od prve, zrno je manjše. Uporabna je do 200 atm vodnega oziroma 100 atm kisikovega pritiska.

3.

84 % Cu

10 % Sn

2 % Zn

3 % Ni

1 % PCu

Uporabno do 300 atm vodnega pritiska in do 200 atm kisikovega pritiska.

Surovine

Najvažnejše pri tem je, da uporabljamo kar najboljši material, ker le tako lahko pričakujemo dober odlitek. Baker uporabljamo le elektrolitični, razrezan tako, da gre v lonec. Predolgi kosi so nevarni za navzemanje vodika, ki potem preide v samo talino.

Uporabiti je treba le najboljši kositer.

Nikelj se dodaja v obliki predzlitine, ki je sestavljena iz 50 % Cu in 50 % Ni, ta pa mora biti skrbno pripravljena.

Taljenje

Pri taljenju je važno, da upoštevamo naslednje ukrepe:

Ko je v peči lonec razžarjen na svetlordeče, vložimo do polovice baker, nanj predzlitino baker-nikelj in nato zopet baker do vrha. Površino posujemo z zaščitnim sredstvom, da se talina obvaruje pred plini. Material naj kar najmanj štrli iz lonca. Taljenje je treba opraviti kar najhitreje. Ko je raztaljeno, je talino treba desoksidirati s PCu. Zadoštuje 300 g na 100 kg taline. Zgodi se, da ko kositer primešamo v talino, da nastajajo Sn-oksidi, ki se iz materiala zelo težko odstranjujejo in napravijo material porozen. Zato mora biti desoksidacija izvršena brezhibno.

Ves material je treba pred vlaganjem v lonec predgreti in s tem preprečiti dohod H_2 v talino.

Važno je, da PCu potisnemo na dno lonca, od koder opravlja navzgor svojo desoksidacijsko funkcijo. Pri tem je treba talino mešati. Nato primešamo talini še cink. Zaščitne plasti, ki je na površini, ne smemo odstraniti.

Talino ogrejemo na livno temperaturo, lonec vzamemo iz peči in odstranimo žlindro. Nato dodamo še ostanek za leguro predvidenega PCu.

Če kovinolar upošteva vsa navedena navodila in jih še utrdi z dolgoletno prakso, mu ni težko izdelati specialni visokotlačni bron, da izdelek ustreza postavljenim zahtevam.

Problemi elektrovzdrževalne službe

Elektrovzdrževalna služba v podjetju je eden važnih in nujnih faktorjev, ki ga moramo krepiti vzporedno z napredkom proizvodnih procesov, da bi olajšali in zagotovili te delovne procese za izpolnjevanje postavljenih planov in programov in za čimbolj izkoriščeni proizvodni čas. Zato so postavljene naslednje zahteve:

1. Kader, ki opravlja ta dela, naj bi bil na zadovoljivi strokovni višini.

2. Zagotovljeno mora biti zadostno število vzdrževalcev — električarjev.

3. Seznanjanje z novostmi, mehanizacijo in avtomatizacijo ter detajlnim spoznavanjem posameznih naprav.

4. Čut odgovornosti za delovni proces in delovno varnost.

5. Zagotovitev nemotenega obratovanja celotnih naprav.

6. Pravilni odnosi med vzdrževalci in proizvajalci.

Za zagotovitev in izpolnitev vsebine navedenih točk smo seveda odvisni od različnih činiteljev v pozitivnem in negativnem smislu, katere bi si na kratko ogledali, da bi spoznali in skušali odpraviti senčne strani elektronaprav.

Razumljivo je, da je od sestave strokovnega kadra v veliki meri odvisno opravljeno delo, in to z ozirom na čas, iznajdljivost in strokovno izvedbo. Kader prihaja v glavnem iz Metalurške industrijske šole, ki že med šolanjem opravlja po 4 dni na teden praktična dela pri vzdrževanju v določenih skupinah. Izbira seveda ni vedno najboljša, vendar se to izboljšuje, ker je z vsakim letom ostrejši kriterij za osnovno izobrazbo. Izmenjava kadra se v enem letu suče okoli 10 električarjev, kar je približno 6 % in nekako ustreza normalnemu razvoju glede velikega števila mlajših, ki morajo zadostiti vojaškim obveznostim. Strokovno izpopolnjevanje posameznika pa ni doseglo zadovoljive višine zaradi premajhnega interesa za lastno izpopolnjevanje. Vsekakor pa bi zagotovitev primerne prostora, kjer bi bila na razpolago strokovna literatura, tabla in ostali pripomočki, privabila večje število električarjev k izpopolnjevanju v obliki debat. — Pohvalno je stališče mladincev, ki so sami izrazili željo za ta način izobraževanja, ker je najbolj privlačen in zagotavlja uspeh. Tudi starejši strokovni kader je pokazal pripravljenost pomagati mlajšim.

Tudi potrebno število vzdrževalcev bi moralo biti vedno zagotovljeno, kar pa je seveda teže, z ozirom na pomlajevanje kadra in odhoda starejših. Normativi bi se morali prilagajati potrebam ob postavljanju novih agregatov in uvajanju modernizacije, kar povečuje obseg vzdrževanja. Vendar to vprašanje rešujemo zelo togo. Jasno je, da gre to

lahko na račun poslabšanja vzdrževanja, kar ne opazimo takoj, temveč sčasoma. Tudi pri gradnji novih, večjih in modernih naprav še nismo zavzeli pravega stališča do vzdrževalcev-električarjev, ki bi morali vedno sodelovati pri montaži od vsega začetka in se seznanjati z novimi električnimi napravami. Čim bolj je posameznik seznanjen z napravami, ki jih bo vzdrževal, tem večji in hitrejši bo uspeh pri odstranjevanju napak. Povečani stroški, ki pri takem načinu usposabljanja nastanejo, so malenkostni in se hitro rentirajo. Za rešitev takih vprašanj bi se morali zanimati vsi.

Stanje vzdrževanja elektronaprav se po statistiki zadnjih treh let močno izboljšuje, kar je razvidno iz visokega zmanjšanja procenta zastojev. Vsekakor je to posledica sistematičnega obnavljanja zastarelih naprav in pa čuta odgovornosti posameznih električarjev. Seveda nastajajo pri vzdrževanju velike težave, ki jih obrati sami sicer ne opazijo, delajo pa težave vsem vzdrževalcem. To so rezervni deli, aparati, motorji in drugo. Naprave v železarni so opremljene z električnimi izdelki raznih inozemskih in domačih tvrdk. Starejše naprave so opremljene z električno opremo, ki je že zdavnaj ne izdelujejo več in za katero ni na razpolago nobenega najmanjšega dela. — V primeru okvare so delavnice prisiljene izdelovati rezervne dele same, kar podražuje vzdrževanje in veča čas zastojev. Tudi domača elektroindustrija nima še poenotenih izdelkov vsaj po glavnih dimenzijah, tako pa, kolikor je podjetij, toliko je tudi različnih vrst, pa čeprav gre za eno in isto napravo. Razumljivo je, da za vse te različne vrste aparatov, zaščitnih naprav in drugo ni možno, niti ni gospodarsko, držati toliko rezerv. To vprašanje je zelo pereče in ga bo zelo težko rešiti. Velike težave povzročajo pri vzdrževanju električni motorji, ki jih imamo tudi vseh mogočih vrst. Že pred leti smo pričeli s tipizacijo domačih motorjev na žerjavih jeklarne, pa je tvrdka »Rade Končar« iz Zagreba prenehala z izdelavo teh motorjev in prešla na čisto drugo vrsto. Sedaj je prenehala še s to izdelavo zaradi konstruktivnih težav in se bodo ti motorji pojavili na trgu šele v letu 1962. Takega spreminjanja ne bi smeli dopustiti, saj iz lastnih izkušenj vidimo, kakšno škodo to povzroča. Prizadevamo si, da se uvede preventivno vzdrževanje v vseh obratih, kar je pravilno in nujno potrebno. Vprašanje nastaja edino v tem, kako naj bi to izvedli pri tolikih raznovrstnih artiklih, za katere nimamo in tudi ne moremo dobiti nadomestila. Preorientacija na samo domače izdelke pa je zaradi premajhnih kapacitet še težavna, poleg tega pa domača elektroindustrija ne izdeluje v zadostni meri, ali pa sploh ne, rezervnih delov, ki se hitro obrabijo. Iz vsega navedenega vidimo, kje je prava težnja težav elektrovzdrževalne službe.

Razen tega nastajajo težave še pri nepravilnem in neodgovornem posluževanju z napravami. Kaže, da posluževalci niso vedno v dovoljni meri poučeni o pravilnem načinu upravljanja z napravami. Tudi izboljšanje tega stanja bo mnogo pripomoglo k manjšim zastojem in pocenitvi vzdrževanja. Pa še ena stvar je, ki neugodno vpliva na celotne razmere, to je precenjevanje in podcenjevanje enega ali drugega, odnosi med produktivci in vzdrževalci. Vsekakor smo en kolektiv, z enim ciljem, ustvariti

pogoje za izpolnitev predpostavljenih nalog, te izpolniti ali presegati in s tem dvigati družbeni in osebni standard. Umetno ustvarjanje in napihovanje te razlike v kakršnikoli obliki ne bo prineslo želenih uspehov, zlasti ne v prihodnjih letih, ko bomo uvajali v izdatni meri mehanizacijo in avtomatizacijo naših naprav. Vse težave, ki nastajajo pri našem delu, moramo skupno prenašati, složno iskati rešitve in pomagati drug drugemu. V izreku »V SKUPNOSTI JE MOČ« bomo našli svojo najboljšo pot.

ING. GREGORČIČ M.

Poročilo o sestanku v zvezi s čiščenjem industrijskih odplak

Dne 9. II. 1960 je bil na Jesenicah sestanek v zvezi s čiščenjem industrijskih odplak, ki ga je organiziralo Udruženje jugoslovanskih železara. Ing. Markovič, predstavnik železarne Zenica, je otvoril sestanek in naglasil namen sestanka: standardizacija čistilnih naprav.

Ing. Dermelj je po uvodnih besedah navedel nekaj podatkov o problematiki odpadnih vod.

1. Pregled vodnega sistema po železarnah: (lega železarn z ozirom na reke, količine vode, ki imajo te na razpolago in potrošnja vode v železarnah Jesenice, Ravne, Štore, Sisak in Vareš. Pregledi vodnih sistemov in škodljivi del odplak);

2. Kvaliteta odpadnih voda:

- a) vode z mehanskimi primesmi (žlindra, prah itd.),
- b) vode iz lužilnic (kisline),
- c) generatorske vode (fenoli),
- d) analiza Save in analiza odplak železarne Štore in Vareša.

Predstavnik vodnega gospodarstva, inženir Dolenc, je ugotovil, da razpolaga Železarna Jesenice z najtipičnejšimi odplakami in podkrepil svojo trditev s številkami. Opozoril je na določbe Ur. listov in v splošnem prikazal stanje naših voda z ozirom na škodljivost odplak.

Tov. Kavčič je prikazal poizkuse Železarne Jesenice pri reševanju odplak in

opozoril na poizkuse ing. Andrejča z absorbcijo fenolov v lignitu.

Direktor ŽJ, ing. Hafner, je poudaril važnost obravnavanih vprašanj in opomnil, da je tu treba najti nek kompromis med zahtevami vodnega gospodarstva na eni in res katastrofalno nečistimi odplakami na drugi strani.

Diskusijo je otvoril ing. Markovič s primerom sušilnice lignita v Kolubarskem rudniku. Fenolne vode so absorbirali v koksu, a le z delnim uspehom. Iste rezultate je dala filtracija skozi lignit.

V Nikšiču so uničevali fenole na ta način, da so jih 50 % zgorevali v parnih kotlih, 50 % pa razprševali po haldi. Za razkrajanje fenolov zadostuje temperatura 600° C in predlagano je bilo, da bi za uničevanje uporabili vroče pline SM peči ter s tem prihranili kalorije za sežiganje.

Diskutanti so v nadaljnjem opozarjali na težave z raznimi lokalnimi predpisi, ki predpisujejo zelo različne koncentracije fenolov v vodi.

Ker so poizkusi ing. Andrejča pokazali, da je absorbcija fenola samo v Velenjskem lignitu 50 kg na tono, pri drugih lignitih pa, razen Kroke, znatno manjša, zato niso prišli do končnega zaključka, kdo naj te poizkuse nadaljuje.

Sestanek se je končal s postavitvijo delovnega odbora, ki ima nalogo nadalje proučiti problem čiščenja odplak.