

je torej $\zeta = 0,712,0,973 = 0,693$ (brez predgrevanja zraka pa le $\zeta = 0,658,0,973 = 0,640$).

Da bi dobili popolno sliko dogajanja, je potrebno nastaviti podobne diagrame še pri drugih pogojih zgozrevanja — pri drugem razmerniku zraka λ in pri drugi minimalni razliki temperature v menjalniku toplote ΔT_g .

Za rezultat dobimo torej snop krivulj, ki so v bližini maksimuma zelo položne, diagr. 2. Maksimum pa se pomika skoraj premočrno z naraščajočo spodnjo kurilno vrednostjo H_i k višjim temperaturam zraka T_{zg} . Teoretično pridobljeni diagram da seveda previsoke vrednosti za eksergetični izkoristek ζ , ker pač nismo upoštevali vseh vrst izgub, potrjuje pa izkušnje iz prakse. S pomočjo tega diagrama lahko ugotovimo naslednje:

— po gospodarskem vidiku ni potrebno iti do optimalne temperature T_{zg} , saj v bližini maksimuma dobimo za določeno kurilno vrednost le malenkostno povečanje eksergetičnega izkoristka,

— pri prelogih z večjo kurilno vrednostjo je boljše predgrevanje zraka na višjo temperaturo.

Kjer želimo doseči višjo temperaturo v kurišču, pa seveda lahko gremo s temperaturo predgrevanja nad optimalno temperaturo T_{zg} , kajti ne smemo pozabiti, da eksergetični izkoristek procesa s predgrevanjem zraka ζ_{zg} v celoti z naraščajočo temperaturo kurišča vseeno narašča, čeprav počasneje kakor v začetku.

Načelno bi se dal podoben račun izvesti tudi za tekoča in plinasta goriva. Težava pa je v tem, ker je

eksergija dimnih plinov odvisna od spodnje kurilne vrednosti, eksergija goriv pa od zgornje:

$$\zeta = \frac{g(H_g)}{f(H_i)}$$

Teoretično lahko predgrevalimo vse partnerje zgozrevanja, torej zrak in tudi gorivo, v praksi pa delamo to samo v plinskih kuriščih. Osnove računanja se seveda ne spreminjajo. K entalpiji predgrevanega zraka je treba prišteti še entalpijo predgrevanega plina oziroma k eksergiji predgretega zraka še eksergijo predgretega goriva. Vse vrednosti pa morajo biti seveda postavljene na isto osnovo — na 1 Nm^3 dimnih plinov. Če izračunani posebni primer zgozrevanja čistega metana CH_4 s predgrevanjem goriva in zraka je pokazal, da se nepovračljivosti v tem primeru še močno zmanjšajo oziroma da se eksergetični izkoristek precej poveča.

Literatura

1. Rant Z.: Der Einfluss der Luftvorwärmung auf die Nichtumkehrbarkeiten der Verbrennung. BWK 13 (1961), št. 11, str. 496—501.
2. Rant Z.: Exergiediagramme für Verbrennungsgase. BWK 12 (1960), št. 1, str. 1—9.
3. Schmidt E.: Einführung in die technische Thermodynamik, 8. izdaja, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1960
4. Rant Z.: Termodinamika, Ljubljana 1963.
5. Grassmann P.: Die technische Arbeitsfähigkeit als praktische Rechengröße. Allgemeine Wärmetechnik 2 (1951), št. 8, str. 161—167.

Avtorjev naslov: Matija Tuma, dipl. inženir strojništva, Tovarna »Rog«, Ljubljana, Trubarjeva 72

DK 621.744.2:621.867.8

Pnevmatični transport livarskega peska

BORUT JUSTIN

Uvod

V vseh livarnah železa in jekla je notranji transport zelo velikega pomena, saj večkrat odloča o rentabilnosti obrata, posebno če pomislimo, da sestavlja 80 % del v livarni transport materiala. Pri tem problemu nam brž obstanejo oči na ožjem področju notranjega transporta: na livarskem pesku. Ta gre po livarni po več funkcijsko ločenih poteh. Treba ga je transportirati:

1. iz skladišča peska do mešalnika,
2. od mešalnika do mesta formanja,
3. od mesta za izbijanje ulitkov do regeneracije in
4. od regeneracije vnovič na mesto formanja.

Ugotovljeno je, da porabimo po grobi oceni za 1 tono gotovih ulitkov 5 ton livarskega peska. Ker pa ga je treba večkrat premikati v enem ciklusu litja, lahko ugotovimo, da je potrebno za 1 tono ulitkov transportirati 20 ton, po nekaterih podatkih pa celo 35 do 40 ton peska. Ta številka pa je že tako mogočna, da se moramo ob njej zamisliti.

Za vse te premike peska po livarni obstaja več možnosti transporta, ki pa se po karakteristikah in cenah precej razlikujejo.

Najbolj znani načini pri nas so: prenašanje z grabčem, prevažanje v zabojih, s traktorjem nakladalnikom (frontloader) ali — kar je že redkeje — transport z gumijastim trakom.

V ZDA je že dalj časa v rabi in tudi cenjen način transportiranja peska po ceveh s pomočjo tlačnega zraka. V zadnjih letih začenja pnevmatični transport počasi prodirati tudi v Evropo. Z njim so se začele

ukvarjati nekatere zahodnonemške tvrdke in so že opremile nekaj nemških livarn s takimi napravami. Prav tako je ta način že v rabi na Švedskem.

Osnovno načelo pnevmatičnega transporta peska je takole: po jeklenih ceveh pošiljamo pesek s pomočjo zraka, ki ga tlačimo v cev na začetku ali sesamo na koncu. Pri tem razločujemo:

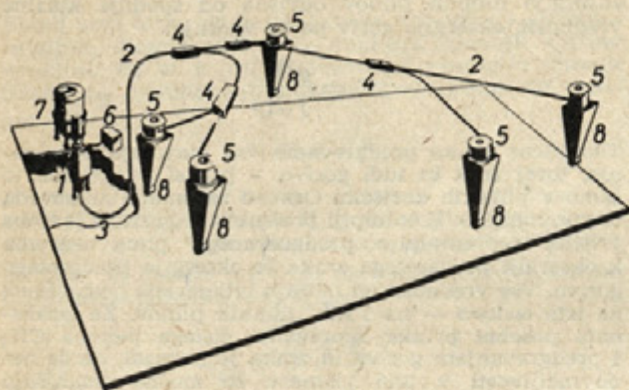
1. nizkotlačne naprave — do 0,2 atn,
2. srednjetačne naprave — od 0,2 do 0,5 atn,
3. visokotlačne naprave — nad 0,5 atn.

Nizko- in srednjetačne naprave se uporabljajo samo za transport sušenih peskov po tlačnem ali sesalnem načelu. Ta način pa je pomanjkljiv, ker zaradi večje hitrosti, ki je suhemu pesku potrebna za preprečevanje usedanja na stene cevi, povzroča močno obrabo cevi in kolen.

Zanimivejši problem je transport vlažnih livarskih peskov, ki so že pripravljeni za formanje. Zanje uporabljamo samo visokotlačne naprave s tlakom od 1,5 do 5 atn. Pri tem ni potrebna tako velika hitrost peska po ceveh kakor pri suhem in je zato obraba bistveno manjša.

Prednosti pnevmatičnega transporta vlažnega peska pa so naslednje:

1. enostavna konstrukcija naprave,
2. ni nobenih gibljevih delov,
3. možnost prilagajanja cevovodov tudi tam, kjer vsi ostali načini odpovedujejo,
4. ni nobenih izgub peska,
5. montaža in zamenjava delov sta zelo lahki,
6. zavzema malo prostora,
7. upravlja se zelo enostavno,
8. nabavna cena naprave je zelo nizka.



Sl. 1. Shema naprave za pnevmatični transport livarskega peska

1 — oddajnik; 2 — cevovodi; 3 — ojačevalne šobe; 4 — kretnice; 5 — sprejemnik; 6 — krmilna tabla; 7 — glavni bunker peska; 8 — bunkerji peska na formarskih mestih

Po načinu delovanja razlikujemo dva postopka: z vrtninjenjem ali s potiskanjem.

Postopek z vrtninjenjem

V rabi je način vrtninjenja peska, pomešanega z zrakom v obliki vijačnice. Pesek nasipljemo v poseben bunker — imenovan oddajnik, ker iz njega potiskamo — oddajamo — cel zalogaj peska v cev. Ko je oddajnik napolnjen, ga zapremo in skozi mnogo luknjic, ki so nameščene tangencialno v različnih višinah oddajnika, spustimo vanj zrak pod tlakom. Zrak dvigne pesek od sten oddajnika in ga zaradi svoje tangencialne smeri vstopa spravi v krožno gibanje ter ga nekako »zavije« v cev. Po cevovodu odnese zrak pesek do določenega sprejemnika. Ves zalogaj peska in zraka opisuje med potovanjem po cevi vijačnico. Zaradi prepustnosti peska se zrak vriva tudi med posamezna zrna in pesek pri tem rahlja. Ta način se največ uporablja v ZDA (Whirl air flow) in Švedski za transport polnilnih ali enotnih peskov in je že dobro preizkušen ter priznan, ker je uporaben za širok asortiment peskov najrazličnejšega izvora. Predpostavka, zaradi katere se ta sistem največ uporablja, je, da se zalogaj peska ovije s plastjo zraka iz šob in tako drsi po steni pesek sam le minimalno, zaradi česar je obraba zelo zmanjšana. To se je pokazalo v glavnem za pravilno, posebno, ker se pri daljših ceveh v določenih razdaljah obnavlja spiralno gibanje materiala s posebnimi, v cevi vgrajenimi ojačevalnimi šobami (boosterji), kjer vstopa dodatni zrak — tudi v tangencialni smeri. Te vgrajujejo na mestih, kjer kaže, da bi se pesek lahko začel kopičiti. Po vsakem transportu je treba cev obvezno izpihati. Največ so v rabi cevi premera $\phi 100$ mm, tlak znaša med 2 in 4,5 atn, hitrost pa je med 4 in 8 m/s.

Postopek s potiskanjem

Pri tem postopku potiskamo skozi cev določeno količino peska med dvema zračnima blazinama, ki z ekspanzijo pomagata oddajniku pri potiskanju. Ta način bi lahko primerjali s cevno pošto. V oddajnik se pri tem postopku dovaja zrak od zgoraj — ker cev vedno izstopa na spodnji strani. Zrak se zaradi prepustnosti vriva med zrnca peska, ga razrahlja in nato potisne v cev ter po njej naprej. Ker se zrak med potjo zaradi padca tlaka širi, s tem rahlja pesek in omogoča določeno tekočnost mešanice. Ker hočemo preprečiti velike hitrosti peska, zapremo dovod zraka, preden se

oddajnik izprazni do kraja, ker bi sicer zadnji del peska letel z veliko hitrostjo skozi cev in povzročal močno obrabo. V cevi zastali pesek povzroča velik odpor novemu zalogaju, zato skušamo zastajanje preprečiti z dodatnimi šobami (aktivatorji). Kapaciteta takih naprav je nekoliko manjša od prej omenjenih — kar pa se izravna v večjem premeru cevi: 125, 150 mm. Tudi tlak je po navadi malo višji — do 5 atn, medtem ko je hitrost manjša: 3...6 m/s.

Osnovna razlika med obema načinoma je v tem, da transportiramo pri prvem pesek, pomešan z zrakom v obliki vijačnice, pri drugem pa ga potiskamo po porcijah. Na zunanjo se naprave razlikujejo le po malenkostih.

Opis delovanja

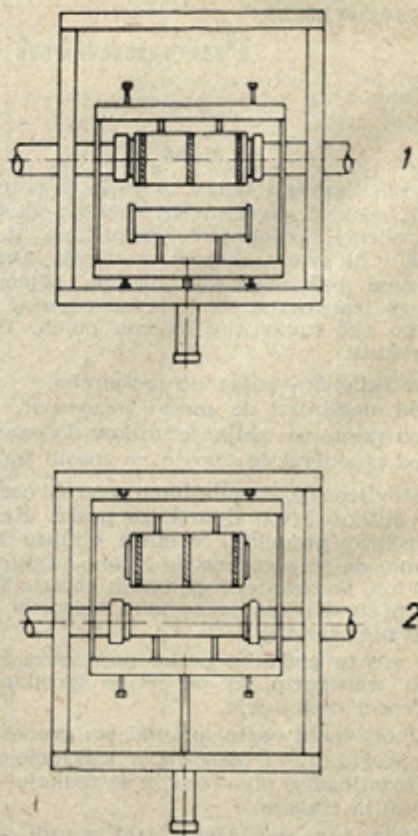
Naprava za pnevmatični transport peska je sestavljena iz 6 elementov (sl. 1), ki so:

1. oddajnik,
2. cevovodi,
3. ojačevalne šobe,
4. kretnice,
5. sprejemnik,
6. krmilna tabla.

Naslednja dva elementa ne štejeta med sestavne dele naprave, ker sta potrebna ne glede na naravo naprave za transport peska:

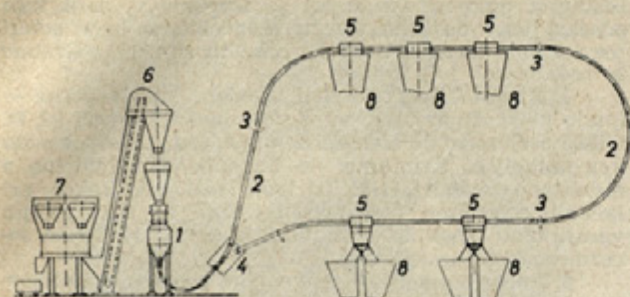
7. glavni bunker peska — oziroma mešalnik,
8. bunkerji peska na posameznih formarskih mestih.

Upravljanje je največkrat električno ali elektro-pnevmatično s pomočjo krmilne table. Na svetleči skici s pritiski na gumbе izbiramo bunker, v katerega ho-



Sl. 2. Kretnica v sprejemniku

1 — lega za odmetavanje; 2 — prehodna lega



Sl. 3. 1 — oddajnik; 2 — cevovodi; 3 — ojačevalne šobe; 4 — kretnica; 5 — sprejemniki; 6 — elevator; 7 — glavni bunker peska; 8 — bunkerji na formarskih mestih

čemo transportirati določeno pošiljko. Preveriti moramo položaj kretnic, da gre pesek res v izbran bunker. Napolnimo oddajnik iz mešalnika oziroma centralnega bunkerja do določene višine, ki je vedno enaka in ga s pokrovom hermetično zapremo. Spustimo zrak pod tlakom v oddajnik; ko se ustvari dovolj visok tlak, potisne zrak pesek skozi cev do ustreznega bunkerja. S tem je en delovni cikel končan in lahko izberemo nov bunker ter pričnemo proces iznova. Pri določanju delovnega tlaka zraka moramo biti previdni. Najprimernejši tlak lahko določimo le s poskusi na že izdelani napravi. Če je tlak premajhen, lahko začne pesek zastajati v cevi, ker zaradi premajhne hitrosti pada iz zračnega toka. Če pa je tlak prevelik, je vztrajnost pešene mase prevelika, zrak začne prehitevati pesek in ta se zopet odlaga v cevi. Ko se ga nabere več, prihaja zaradi zoženega prereza do povišanja tlaka, zrak se komprimira in z udarcem vrže zastali pesek naprej — tako nastane torej diskontinuiteta procesa, pesek se transportira s sunki in udarci, kar močno poveča obrabo cevi in porabo zraka. V splošnem velja, da je tlak lahko nižji, če imajo cevi večji premer — pri enaki hitrosti, količini zraka in količini peska. Vendar velja to navadno le do premera cevi $\phi 125$ mm, naprej pa ne več: potreben tlak sicer še pada, poraba zraka pa se začne večati ($\phi 150$ mm).

Napravo za pnevmatični transport je mogoče izdelati tudi z manjšim številom kretnic in s cevjo, speljano skozi več bunkerjev. V tem primeru pa ima vsak sprejemnik razen ciklona še dodatno napravo po sliki 2, ki omogoča odlaganje peska v ciklonu sprejemnika ali pa transport naprej — skozi bunker. To je pravzaprav tudi kretnica in ima dve legi:

1. odlaganje materiala v ciklonu: na cev se priključi koleno, ki curek peska in zraka usmeri v ciklon,
2. prehodno lego: med oba dela cevi se vstavi še vmesni del, ki ju poveže in pesek potuje nemoteno skozi sprejemnik.

V tem primeru je naprava videti takšna, kakršno kaže slika 3: ima samo eno kretnico in eno cev, ki je zaključena preko vseh sprejemnikov. S kretnico izberemo smer, po katerem kraku bomo poslali pesek v določen bunker — seveda izbiramo vedno krajši krak. Pri tem sistemu imamo določeno možnost za reparaturo na nekaterih mestih, brez potrebe, da bi zaustavljali napravo.

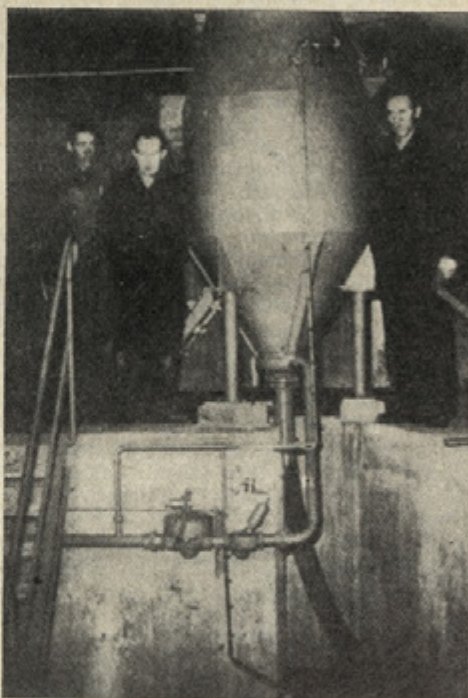
Sestavni deli naprave

1. Oddajnik je cilindričen sod, ki ima na obeh koncih konične stožčaste nastavke (sl. 4). Na spodnji strani vodi iz njega cev, z zgornje strani pa vsipljemo vanj pesek. Pokrov mora imeti napravo za tesno in trdno zapiranje. Velikost oddajnika je lahko zelo raz-

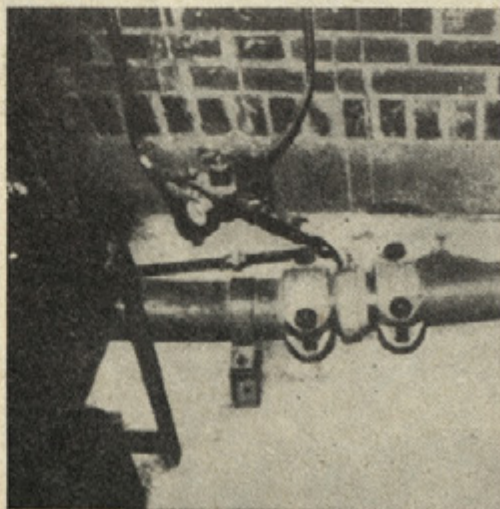
lična: giblje se od 200 do 1700 litrov prostornine in je po navadi prirejena kapaciteti mešalnikov, ki so v uporabi (okoli 1000 l). Odprtina na vrhu ima premer 300 do 500 mm. Važno je vedeti, da z rastočim volumnom oddajnika pada specifična poraba zraka za transport.

Oddajnik, prirejen vrtničnemu postopku, ima po celotnem obodu nameščene odprtine za vpihavanje zraka. Skozi te luknje dovajamo v oddajnik tlačni zrak v tangencialni smeri. Zrak se pomeša s peskom, ga loči od stene in zvrtinči, da dobi celotna masa karakteristike tekočine in odteče skozi cev.

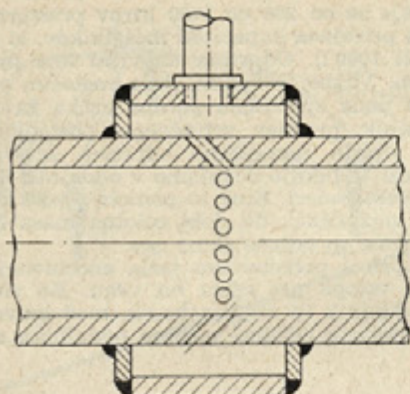
Postopek s potiskanjem terja enostavnejši oddajnik. Zrak vstopa pri njem na vrhu. Ko tlačni zrak napolni oddajnik in zrahlja pesek, med katerega zrna se vrine, potisne celotno vsebino oddajnika skozi cev.



Sl. 4. Oddajnik



Sl. 5. Ojačevalna šoba

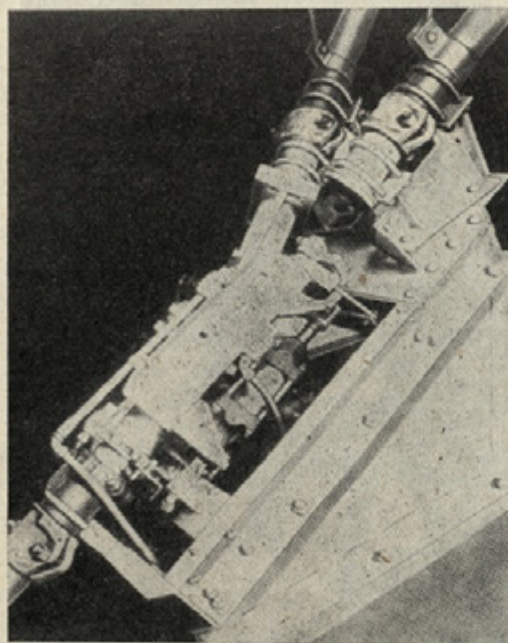


Sl. 6. Ojačevalna šoba — shematično

2. Za cevovode uporabljamo jeklene cevi iz celega z debelino stene okrog 7 mm. Tanjše cevi zaradi obrabe niso priporočljive. Varjene cevi so prav tako uporabne, vendar jih je težko nabaviti s tako debelino sten. Pri spajanju cevi moramo zelo paziti, da so cevi res staknjene centrično, da ne prihaja zaradi robov do močno povečane erozije. Kolen naj bo čimmanj, tista pa, ki so neogibno potrebna, morajo imeti radij vsaj 1 m, bolje pa je več. Normalno uporabljeni radiji kolen se gibljejo od 1 do 2,5 m. Zelo dobro se obnašajo kolena iz trde gume — obraba je pri njih precej manjša. Kolena naj po možnosti leže čimbliže oddajniku, ker je tam hitrost transportiranja najmanjša, z njo pa je tudi obraba najmanjša. Jeklena kolena je pametno ojačevati z materialom, ki je odporen proti obrabi.

Premer cevi je navadno 100 mm, proizvajajo pa se tudi naprave s premeri cevi 125 ali celo 150 mm. Zelo redko se uporabljajo cevi s premerom pod 100 mm. V zadnjem času pričenjajo uvajati tudi plastične cevi.

3. Ojačevalne šobe nameščamo navadno v kolenih ali zelo dolgih odsekih cevi (sl. 5), da preprečujejo odlaganje materiala in mašenje cevi. Ojačevalna šoba je vgrajena v odsek cevi, ki ga vstavimo v cevovod. Šoba

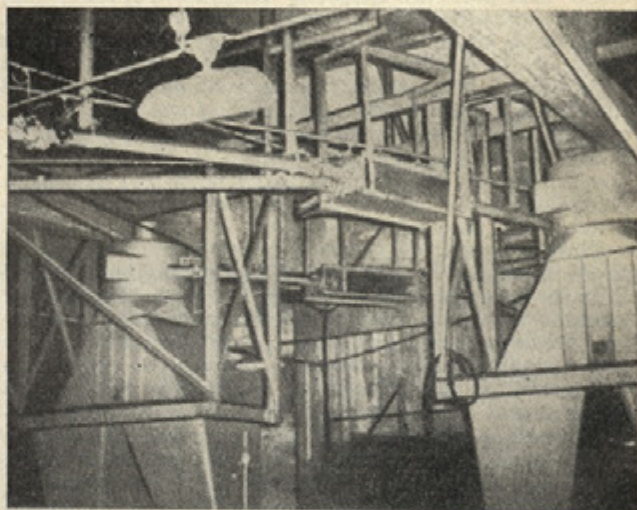


Sl. 7. Kretnica

sestavlja mnogo luknjic, ki so izvrtane v steni tega odseka, tako da pihajo zrak tangencialno in v smeri toka v cev (sl. 6). Na ravnih odsekih so šobe potrebne le redkokdaj.

4. Kretnice so po navadi izvedene kot dvopotne — imajo možnost preklapljanja samo na dve smeri (sl. 7). Gibljivi element je izdelan iz gume, kar se je pokazalo kot najboljše. Krmilimo jih navadno pnevmatično z električno signalizacijo. Iz istih razlogov kakor pri kolenih stremimo tudi pri kretnicah za tem, da jih vgrajujemo čimbliže oddajnika, kjer ima pesek še sorazmerno majhno hitrost.

5. Sprejemnik (sl. 8) je navadno izveden kot ciklon. Ima posebne žepe, v katere se lovi pesek, tako da udarja samo pri prvi pošiljki v kovinsko steno, potem pa vedno leti pesek na pesek in se tako preprečuje obraba, ker prihaja pesek v sprejemnik s precej večjo hitrostjo, kakor pa jo je imel pri oddajniku. Da se pesek ne nabija, imajo nekateri sprejemniki udarne zavese in palice iz gume, s katerimi pesek lovijo mehko. Iz sprejemnika pada pesek v bunker.



Sl. 8. Sprejemniki z bunkerji

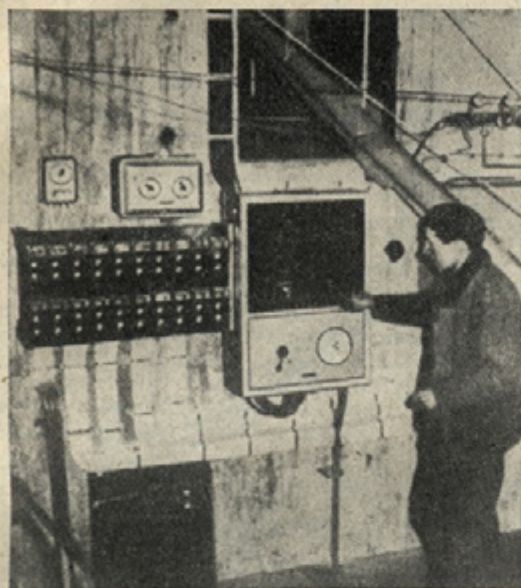
6. Kontrolna plošča je navadno edini element za kontrolo in upravljanje naprave. S pomočjo končnih stikal so s svetlobnimi kontakti naznačeni na njej položaji posameznih organov naprave, z električnimi stikali pa se upravlja z njimi (sl. 9). Upravljanje je po navadi polavtomatično ali avtomatično: s pritiskom na gumb izberemo bunker, v katerega naj pošiljka gre, kretnice se nastavijo avtomatično, sproži se mehanizem, ki blokira pokrov oddajnika, spusti zrak v oddajnik in ojačevalne šobe.

Rezultati obratujočih naprav

Pnevmatično napravo za transport peska na mesto formanja je postavilo švedsko podjetje Westin Backlund Aktiebolaget Stockholm pri rekonstrukciji livarne Alvesta v Švedski. Posebno preizkusno napravo je izdelala tvrdka Borsig A. G. Berlin, ZRN. Znani so tudi rezultati poizkusov tovarne VEB Stahlgießerei Karl-Marx Stadt, NDR.

Podatki, ki so jih dale te prve evropske naprave, so zelo ilustrativni in dragoceni.

Zelo težko je pnevmatično transportirati suh livarski pesek. Zrnca zelo rada padajo iz zračnega toka in se v nekaterih delih cevi nabirajo, pri tem pa se trdno nabijajo, ker se zagostijo na novo nametana zrnca med že odložena. Cev se zamaši tako trdno, da je za zrak popolnoma neprepustna. Suhe peske lahko transportiramo šele tedaj, če toliko povečamo količino zraka, da



Sl. 9. Kontrolna plošča

dosežemo hitrosti 10 m/s in več. Pri tem pa je poraba zraka trikrat nad normalno; vrh tega se pojavlja precejšnje prašenje in obraba cevi se zelo občutno poveča. Slednjič se dogaja tudi, da se vezivo loči od peska — pesek se s tem razmeša, kar je popolnoma nedopustno. Pri transportiranju suhega peska je potrebno tudi precej povečati zmogljivosti ciklona, ker postane sicer prašenje problem, ki ogroža zdravje osebja celotne livarne. Srednja vrednost minimalne vlage peska, da je sposoben za transport po načinih vlažnega peska — ki so mnogo ugodnejši — znaša 3 %.

Poraba zraka je v precejšnji meri odvisna od narave peska. Sintetični peski potrebujejo precej manj zraka kakor naravni. Razlika dosega tudi do 40 %.

Dobre lastnosti peska za pnevmatični transport še ne pomenijo, da se da pesek res tudi dobro transportirati. Sintetični peski z visoko tlačno trdnostjo so predvsem odvisni od sposobnosti oddajnika, da jih pošlje v cev. Če ima oddajnik napako, da tak pesek zgoščuje že pred začetkom pošiljanja v cev, je pesek zelo težko transportirati. Ti peski so tudi zelo občutljivi za vlažnost tlačnega zraka in se pri višji temperaturi zelo radi pripekajo na stene cevi. Zaradi tega je važen faktor, ki ga je treba poznati, tudi temperatura peska, ki ga želimo transportirati.

Pesek se med transportom razrahlja, tako da je končni volumen vedno večji od začetnega — zato je pri pripravi peska odvečen aerator. Pri vlažnem pesku nikoli ne prihaja do razmešanja: tj. do pojava, da bi se pesek in vezivo ločila. Vлага peska se med transportom ne spreminja.

Zračni tlak in hitrost je treba s poizkusi vedno sproti prilagajati vsaki napravi. Če je hitrost premajhna, se lahko zgodi, da se pesek useda in cev zamaši. Če je prevelika, pa zrak prehiteva pesek, ki se nato nabira v kupčkih v cevi; ko se premer zoži, pa zaradi tlaka, ki se s tem ustvarja, vrže zrak cel kup peska naenkrat naprej. Pri tem prihaja do sunkovitega obratovanja, pri čemer se lahko pesek nabija, namesto da bi se rahljal. Zlasti zaradi preprečevanja nabijanja peska v sprejemniku je priporočljivo vanj namestiti elemente, ki ga zavirajo mehko in počasi ter ne zaustavljajo sunkovito. To so žepi, v katerih se pri prvem udarcu pesek nabira in potem nadaljnji pesek pada nanj namesto na kovinsko steno, ali pa gumijasti zasloni in palice, v katere leti pesek in se zaustavlja.

Obraba cevi in kolen

Mnenja o obrabi cevi in kolen so zelo različna. Videti pa je, da se vpliv obrabe po navadi precenjuje in je manjši od pričakovanega. Pri Borsigu so po 1000 tonah transportiranega peska demontirali cev in jo raziskali (sl. 10). Tu se določno vidi, da so obrabljeni samo izbočeni deli, medtem ko so malenkostno poglobljeni deli še nedotaknjeni — celo rja je še ostala na njih. Upoštevanja vredno je tudi, da se po določenem času obratovanja odpor cevovodov, čas transportiranja in potreben tlak precej zmanjšajo, kar je posledica gladko obrušene cevi. Zelo močna erozija pa se pojavlja na stikih in — če niso popolnoma centrični — tu rada nastaja nevarnost za uničenje cevi ali kolena.

Za natančnejšo sliko obrabe so del cevi stekali prej in po 1000 tonah transportiranega peska. Razlika v količini je znašala manj od dveh kilogramov — oziroma povprečno 0,1 mm debeline cevi. Vsekakor je to samo začetna vrednost; ko so cevi gladko obrušene, se obraba močno zmanjša. Ameriški podatki kažejo, da imajo cevi več let življenjske dobe. Kolena so obremenjena precej močneje, zato priporočajo nekateri proizvajalci njihove ojačitve na zunanji strani s ploščatim železom 10 do 20 mm debeline. Nekajkrat daljšo življenjsko dobo imajo gumijasta kolena v jeklenem oklepu.

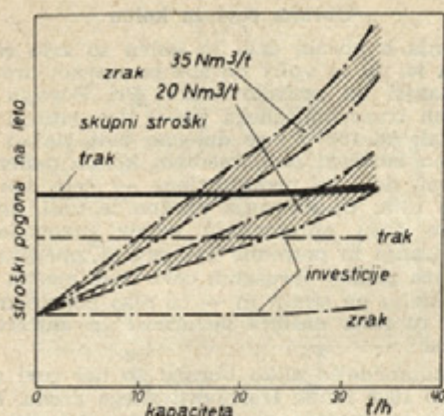
Za primer morebitne nenadne močne obrabe je dobro imeti vedno na zalogi cevi, kolena in šobe, ker menjavo enega elementa lahko opravi dva človeka v četrt ure.

Vzdrževanje in čiščenje

Stroški vzdrževanja so zelo majhni, mnogo manjši kakor pri ustrezni napravi s transportnim trakom. Mazati je treba samo kretnice, kar jemlje mesečno pol ure časa. Čiščenje je sorazmerno enostavno, potrebno pa ga je zelo skrbno kontrolirati. Obstajata in v rabi sta dve možnosti za čiščenje: s tekočino, ki izpira ostanke, ali z verigo, ki čisti s tolčenjem. V obeh primerih odstranjujemo odlušeni pesek s prepihanjem.



Sl. 10. Obraba cevi



Sl. 11. Spreminjanje stroškov transporta z zrakom in trakom za različne kapacitete in porabo zraka na tono peska

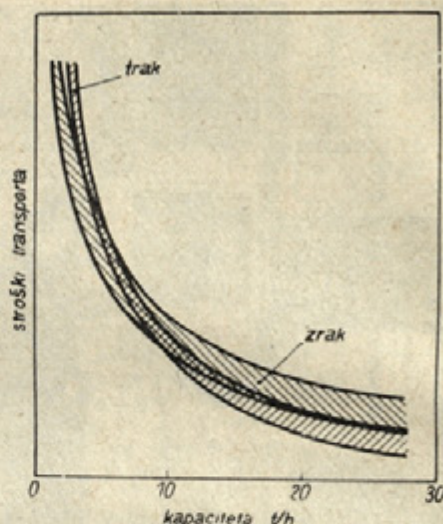
Prvi način se je obnesel tam, kjer je drugi odpovedal: pri ceveh z majhnim premerom (pod 100 mm). V odvisnosti od narave peska lahko uporabljamo za čiščenje različne tekočine: olje za jedra, vodo, itd. Nekaj litrov tekočine vlijemo v oddajnik in jo pod tlakom pihnemo v sprejemnik. Če imamo več cevovodov, razdeljenih s kretnicami, ponovimo postopek za vsako cev posebej. Navadno zadostuje tako čiščenje enkrat dnevno, lahko pa tudi večkrat na dan — v določenih okoliščinah pa samo vsakih nekaj dni.

Pri napravah s premerom cevi nad 100 mm ta način ni več dober. Zaradi večje površine cevi bi namreč potrebovali preveč tekočine. Ta pa bi v sprejemnih bunkerjih kvarila kvaliteto pripravljenega peska. Zato se za čiščenje takih cevi uporabljajo verige. Svedi jemljejo za to 4 kose verige v dolžini $\frac{1}{2}$ m in dolžino členov po 15 mm, ki so vsi pritrjeni na jeklen obroč $\varnothing$ 50 mm (cevi imajo premer 100 mm). To verigo vržejo z dvema lopatama peska v oddajnik in vse skupaj pošljejo v določen sprejemnik. Verig imajo zmeraj pripravljenih večje število, da lahko postopek po potrebi ponavljajo enkrat na uro do enkrat na dan za vsak sprejemnik, kakršna je pač nagnjenost peska k lepljenju na stene. Formarji potem sproti pobirajo verige iz bunkerjev in jih pošiljajo nazaj k oddajniku. Oddajnik čisti z gumijasto cevjo, skozi katero spuščajo zrak pod tlakom. Cev pri tem opleta sem in tja ter z mehničnimi udarci in zračnim curkom čisti oddajnik. Postopek traja samo pol minute, ponovimo pa ga nekajkrat dnevno.

Ekonomičnost

V primerjavi s transportnim trakom izkazuje pnevmatični transport izrazite prednosti pri majhnih količinah, medtem ko se pri velikih tehtnicah nagiba bolj v korist transportnega traku. V modernih livarnah z veliko kapaciteto in razvrstitvijo formarskih strojev v liniji ter pri oskrbovanju večjega števila bunkerjev v vrsti ima transportni trak prednost, ker lahko z enim trakom z več posnemaalniki oskrbujejo s peskom vse bunkerje po vrsti. Prednost, ki jo ima pnevmatični transport zaradi možnosti, da se cevovodi prilagajajo ostalim objektom, pa se močno uveljavlja pri rekonstrukcijah zastarelih livarn z nesistematično razvrstitvijo formarskih strojev, kakor tudi pri livarnah, kjer je treba pesek transportirati prečno na smer hale. Tu bi sicer morali za transportni trak delati širok kanal s prehodom za človeka, cev pa se že da kam stisniti.

Predvsem je upravičenost nabave pnevmatičnega transporterja odvisna od cene tlačnega zraka, ker ta po navadi odloča o gibanju obratovalnih stroškov. Ti pa se s količino peska pri zračnem načinu transporta strmo večajo — medtem ko so pri transportnem traku skoraj



Sl. 12. Primerjava stroškov obeh postopkov v odvisnosti od kapacitete

neodvisni od količine. Nabavni stroški so praviloma vedno manjši za zračni transporter kakor za tračni (sl. 11).

Pri zračnem transporterju je kapaciteta omejena s premerom cevi. Če upoštevamo maksimalno hitrost 7 m/s, odvezamo za polnjenje in zapiranje oddajnika 20 % časa, dobimo pri razdalji transporta 60 m količino 20 do 25 m³/h pri 100 mm cevi, 30 do 35 m³/h pri 125 mm oziroma 45 do 50 m³/h pri cevi premera 150 mm. Večje kapacitete so zelo težko dosegljive, ker gredo lahko samo na račun večje hitrosti, pri čemer pa se nesorazmerno povečujeta poraba zraka in obraba cevi. Slika 12 kaže primerjavo stroškov med pnevmatičnim in tračnim transporterjem pri različnih kapacitetah za cev s premerom 100 mm. V splošnem lahko računamo, da pnevmatični transport pri livarnah, ki imajo sicer enake pogoje za montažo enega in drugega sistema, zagotovo presega tračnega do kapacitete 15 ton na uro, nad to pa se navadno pokaže, da je transportni trak primernejši. Seveda pa se le redkokdaj rešuje ta problem v taki obliki, ker se je treba po navadi odločiti za tega ali onega zaradi drugih, dodatnih faktorjev, ki smo jih obravnavali že prej.

Zaključek

Način pnevmatičnega transportiranja vlažnega pripravljenega enotnega ali polnilnega livarskega peska od centralne priprave peska na posamezna formarska mesta postaja v Evropi čedalje bolj pereč. Prišel je k nam iz ZDA, kjer je že nekaj časa v uporabi. V stavku so obdelani načelo in deli naprav ter komentirane njihove lastnosti in karakteristike, ekonomičnost in vzdrževanje. Nakazani so slednjič najbolj bistveni problemi, ki se pojavljajo pri pnevmatičnem transportu.

Literatura:

1. Zimnawoda, Bauer: Die pneumatische Sandförderung im Giessereibetrieb; Giesserei 1963, Heft 3.
2. Persson: Erfahrungen mit pneumatischem Sandtransport; Giesserei 1960, Heft 3.
3. Belersdorf: Heutiger Stand der pneumatischen Förderung nasser Sande in Giessereien; Giesserei 1963, Heft 13.
4. Weiske: Erfahrungen mit pneumatischem Sandtransport; Giessereitechnik 1963, Band 6.

Avtorjev naslov: Ing. Borut Justin, Fakulteta za strojništvo univerze v Ljubljani