

UDK 658.286.2

## Sistemi transporta sipkih materialov različne zrnatosti

Primeri rešitve transporta legirnih dodatkov pri napravah za vakuumsko odplinjevanje jekla v Železarni Jesenice in Železarni Ravne

LUDVIK MILANEZ — MARJAN PREGL

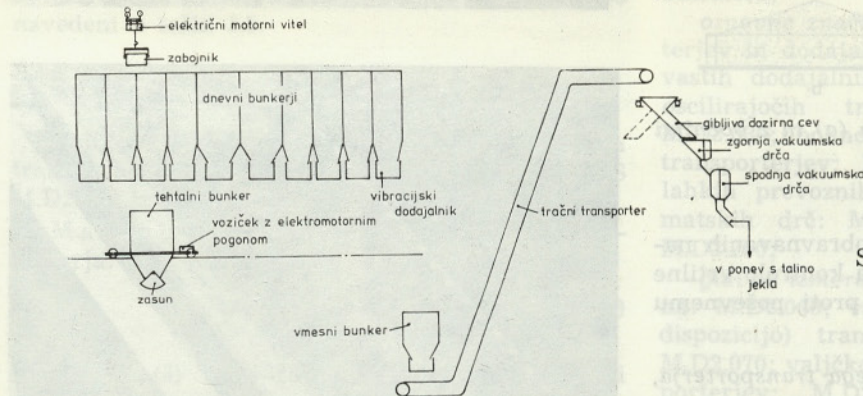
### 1. UVOD

Sistemi transporta sipkih materialov različne zrnatosti<sup>1</sup> in širše: različnih fizikalnih in kemičnih lastnosti — morajo v uporabi izpolnjevati pogoje univerzalnosti, ki jih narekujejo različnosti materialov. Če jih primerjamo s sistemi za transport prahu [1], vidimo, da gre za dve nasprotni vrsti sistemov. Sistemi za transport prahu so v tem pogledu specialni. Sicer so med enimi in drugimi dopustne dokajšnje posplošitve, npr. glede osnov izbire transportnega sistema.

Zelo pogosto se za transport sipkih materialov različne zrnatosti uporablja kot osrednja transportna naprava mehaničnega transportnega sistema **tračni transporter**.

Tako je rešen transport legirnih dodatkov pri napravah za vakuumsko odplinjevanje taline jekla v Železarni Jesenice in Železarni Ravne (ŽJ in ŽR).

V točki 2.4. obravnavamo nekatere osnove izračuna mehaničnih sistemov za nepretrgan transport sipkih materialov. Glede polžnih transporterjev je bila ta snov napovedana že v [1].



### 2. TRANSPORTNI SISTEM

Izbrani transportni sistem je shematično prikazan na sliki 1.

#### 2.1. Opis transportnega sistema

Zlitine dovažamo v zabojnikih z visečim elektromotornim vitlom v dnevne bunkerje. Izspavaneje iz dnevnih bunkerjev je omogočeno z vibracijskimi dodajalniki. Material iz dnevnega bunkerja

<sup>1</sup> Predpis VDI 2393 [2] razvršča sipke materiale v 10 razredov, ki jih združuje v naslednjih 5 skupin po velikosti delcev (v mm): do 0,4 — prahasti, od 0,4 do 10 — zrnati, od 10 do 50 — drobni kosovni, od 50 do 150 — srednji kosovni, od 150 — debeli kosovni. V obravnavanem primeru Železarne Jesenice in Železarne Ravne imamo opravka s širokim razponom zrnatosti materialov — legirnih dodatkov — od 0,4 mm do 150 mm, največji so 200 mm. Za primerjavo gl. [3].

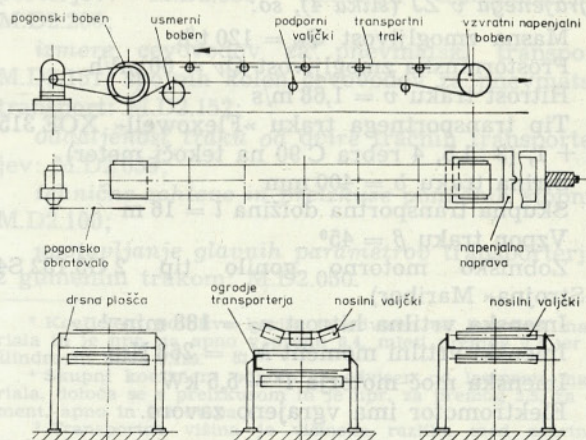
sprejme tehtalni bunker, nameščen na vozičku z elektromotornim pogonom. Po tehtanju zapelje voziček tehtalni bunker nad vmesni bunker, kjer se z zasunom izprazni. Vmesni bunker ima, podobno kakor dnevni bunkerji, na izpustu vibracijski dodajalnik, s katerim spuščamo material na tračni transporter. S tračnim transporterjem pripeljemo material po strmini nad gibljivo dozirno cev. Nazadnje zdrsi material skozi gibljivo dozirno cev ter zgornjo in spodnjo vakuumsko drčo na vakuumskem pokrovu v ponev, kjer je talina jekla.

#### 2.2. Tračni transporter

Tračni transporter je klasična mehanična transportna naprava za nepretrgan transport z neskončnim vlečnim organom — transportnim trakom. Njegovi glavni sestavni deli so razvidni iz primera označevanja delov nepremičnih tračnih transporterjev po JUS M.D2.001 (slika 2).

Tračni transporterji so zaradi gospodarnosti in prilagodljivosti pri uporabi ter konstrukcijske preprostosti zelo razširjeni in se pojavljajo v zelo raz-

Sl. 1. Transportni sistem



Sl. 2. Glavni sestavni deli tračnega transporterja

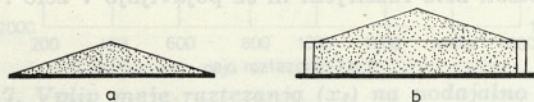


ličnih izvedbah. Najdemo jih v rudarstvu in metalurgiji [5], v gradbeništvu, nepogrešljivi so pri serijski proizvodnji, prevažanju oseb in prtljage. So lahko nepremični ali premični, sestavljeni v modularni sistem, vgrajeni v druge transportne naprave, npr. prekladalnike, nadalje v različne stroje v procesni tehniki, prigradeni bunkerjem, mešalcem in tehtnicam kot dodajalniki itd.

Najbistvenejše možnosti sprememb v izvedbi izhajajo iz spreminjanja transportnega traku (profil, materiali za izdelavo, upogibanje, širina, dolžina, smer itd.).

V našem primeru ŽJ in ŽR imamo poseben prečno stabilen transportni trak »Flexowell«<sup>2</sup> z bočnimi valovitimi stenami in vgrajenimi prečnimi rebri (žepi), nagnjenimi v smeri transportiranja. Enovit prerez traku ima značaj škatlastega profila. Obravnavani tračni transporter ima obliko S in je zahtevnejši glede vodenja specialnega transportnega traku. Nagib  $\beta$  takega traku gre do kota  $90^\circ$ , kar omogoča kratke transportne poti in prihranek prostora.

S primerjavo profila »Flexowell« z ustreznim osnovnim profilom brez sten po standardu JUS M.D2.050 vidimo, kako posebna izvedba z bočnimi stenami poveča kapaciteto (slika 3). Poleg tega vgrajena prečna rebra omogočajo transport po strmini.



Sl. 3. Primerjava profila brez sten (a) in z bočnimi stenami (b)

Tračni transporter v sestavu obravnavanih naprav je opremljen z napravami za kontrolo vrtilne hitrosti (signaliziranje gibanja), proti poševnemu teku traku in za izklop v sili.

Glavni tehnični podatki tračnega transporterja, vgrajenega v ŽJ (slika 4), so:

Masna zmogljivost  $Q_m = 120 \text{ t/h}$

Prostorninska zmogljivost  $Q_v = 60 \text{ m}^3/\text{h}$

Hitrost traku  $v = 1,68 \text{ m/s}$

Tip transportnega traku »Flexowell« XOE 315/2 + 1, (3 : 1,5, 4 rebra C 90 na tekoči meter)

Širina traku  $b = 400 \text{ mm}$

Skupna transportna dolžina  $l = 16 \text{ m}$

Vzpon traku  $\beta = 45^\circ$

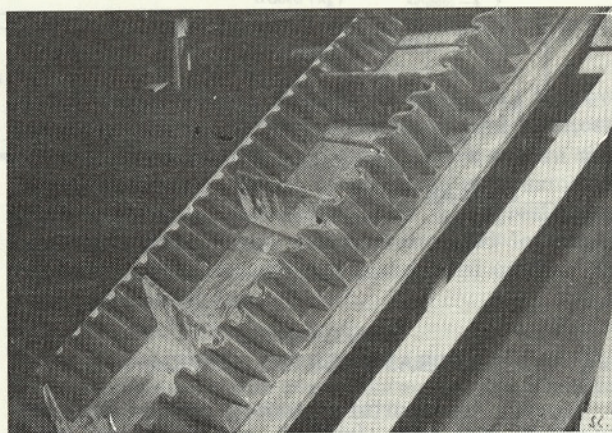
Zobniško motorno gonilo tip 2 G5.132 S4, («Strojna» Maribor)

Imenska vrtilna hitrost  $n_2 = 188 \text{ min}^{-1}$

Imenski vrtilni moment  $M_{12} = 268 \text{ Nm}$

Imenska moč motorja  $P = 5,5 \text{ kW}$

Elektromotor ima vgrajeno zavoro.



Sl. 4. Tračni transporter (spodaj detajl)

### 2.3. Druge naprave

Druge naprave, navedene v opisu transportnega sistema, točka 2.1., so običajnih izvedb, katerih tehnične podrobnosti niso predmet tega članka. Slika 5 prikazuje dnevne bunkerje v ŽR. Skupna je problematika odvzema materialov iz bunkerjev, ki je podrobno obravnavana npr. v [6].

<sup>2</sup> Podjetja Scholtz iz ZR Nemčije.



## 2.4. Osnove izračuna naprav mehaničnih sistemov za nepretrgani transport sipkih materialov

Osnova izračuna je v določitvi prereza  $A$  toka materiala, ustreznega zahtevani zmogljivosti (to je masnemu pretoku)  $Q_m$ .

Predpostavimo stacionaren tok in uporabimo kontinuitetno enačbo

$$Q_m = A v \varrho \quad (1)$$

ter določimo prerez

$$A = \frac{Q_m}{v \varrho} \quad (2)$$

kar je izhodišče za dimenzioniranje.

V enačbah (1) in (2) pomenita:

$v$  — hitrost toka materiala

$\varrho$  — gostoto materiala

### 2.4.1. Izračun tračnega transporterja

Standard JUS M.D2.050 iz l. 1968 določa glavne parametre transporterjev z gumenim trakom. Predpisani so širine in hitrosti traku, kakor tudi načela za izračunavanje drugih glavnih parametrov: potrebne moči za pogon transporterja z gumenim trakom, vlečne sile v traku in števila vložkov traku. Standardi JUS za bobne in za valjčke ter nekateri drugi standardi, ki prihajajo v poštev, so navedeni v točki 2.5.

### 2.4.2. Izračun polžnega transporterja [1]

Oblike in osnovne mere elementov polžnih transporterjev so predpisane s standardom JUS M.D2.250 iz l. 1975.

Masna zmogljivost  $Q_m$  polžnega transporterja:

$$Q_m = \frac{d^2 \pi}{4} h n \varrho \varphi \quad (3)$$

Enačba (3) velja za vodoravni transport. Pri poševnem transportu se zmogljivost polžnega transporterja zmanjša, tako da je pri nagibu transporterja  $\beta = 15^\circ$  približno 75 % in pri  $\beta = 25^\circ$  samo 50 %.

Hitrost  $v$  transportiranja

$$v = h n \quad (4)$$

Potrebna moč  $P_m$  pogonskega motorja

$$P_m = \frac{Q_m g}{\eta_m} (l w_0 \pm H) \quad (5)$$

V enačbah (3), (4) in (5) pomenijo:

$d$  — premer polža

$h$  — korak polževe navojnice

$n$  — vrtilno hitrost polža

$\varrho$  — gostoto materiala

$\varphi$  — koeficient polnitve korita<sup>3</sup>

$\eta_m$  — izkoristek pogonskega mehanizma (0,80 ... 0,85)

$w_0$  — skupni koeficient odpora<sup>4</sup>

$l$  — transportno dolžino

$H$  — transportno višino<sup>5</sup>

$g$  — zemeljski pospešek

Pri polžnem transporterju [1] je upoštevana posebnost, da je uporabnost suhih drsnih ležajev v praksi omejena z najvišjo še priporočljivo vrtilno hitrostjo  $n$  polža, ki jo približno določa številna enačba

$$n = \frac{1}{20d} \quad (6)$$

v kateri sta  $d$  — premer gredi (m),  $n$  — vrtilna hitrost ( $s^{-1}$ ).

## 2.5. Standardizacija in tipizacija

Pri sistemih transporta sipkih materialov različne zrnatosti — in tudi na splošno pri sistemih transporta sipkih materialov — prevladujejo naprave z nepretrganim transportom. Te naprave so zelo primerne za tipiziranje in standardiziranje, celo za modulno gradnjo.

Doslej izdani standardi JUS (v naslednjih naštevanjih so navedene samo njihove označbe) s tega področja [4] se omejujejo na:

*terminologijo* opreme za nepretrgani transport: M.D2.001;

*osnovne značilnosti* korit vibracijskih transporterjev in dodajalnikov: M.D2.020; vibracijskih cevastih dodajalnikov in transporterjev: M.D2.021; oscilirajočih transporterjev in dodajalnikov: M.D2.030; bobnov z notranjim pogonom tračnih transporterjev: M.D2.065; tračnih transporterjev lahkih prevoznih in prenosnih: M.D2.081; pnevmatskih drč: M.D2.150; polžnih transporterjev: M.D2.250;

*glavne izmere* bobna in smernice za izbiro bobna: M.D2.060; valjčkov nosilnih in podpornih (z dispozicijo) transporterjev z gumenim trakom: M.D2.070; valjčkov in bobnov lahkih tračnih transporterjev: M.D2.080; členastih transporterjev: M.D2.200;

*izmere cevovodov* za pnevmatski transport: M.D2.151; spojnih kolen cevovodov za pnevmatski transport: M.D2.152;

*oddaljenost traku od ovire* tračnih transporterjev: M.D2.055;

*tehnične zahteve in preizkuse* pomičnih stopnic: M.D2.100;

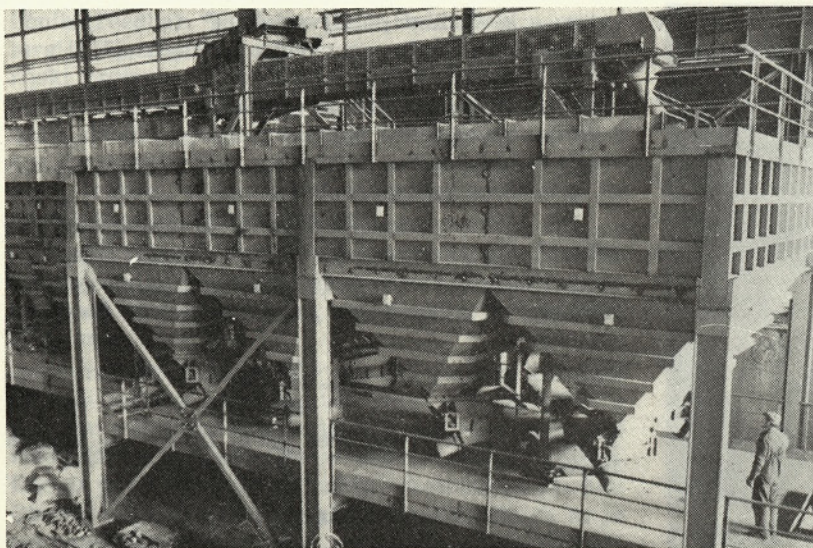
*ugotavljanje glavnih parametrov* transporterjev z gumenim trakom: M.D2.050.

<sup>3</sup> Koeficient polnitve korita je odvisen od lastnosti materiala in je npr. za apno v prahu 0,4, mleti premog 0,3 ter za žlindro in koks 0,125.

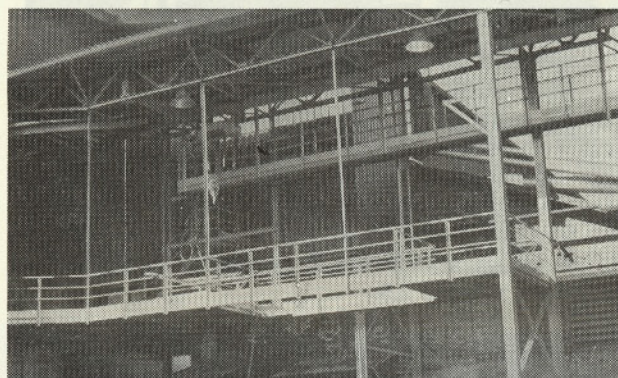
<sup>4</sup> Skupni koeficient odpora je odvisen od lastnosti materiala, določa se s preizkusom in je npr. za premog 2,5, za cement, apno in šamot pa 4.

<sup>5</sup> Transportna višina je višinska razlika med začetnim in končnim nivojem transportiranja ( $H = l \sin \beta$ ). Za  $\beta = 0$  je  $H = 0$ ; imamo vodoravni transporter.





Sl. 5. Dnevni bunkerji v ŽR



Sl. 6. Vstopni del transporta legur v ŽJ

V nekaterih nacionalnih institucijah (npr. DIN) je sprejetih že mnogo več ustreznih standardov naprav nepretrganega transporta. Mimo tega, da za nekatera področja še nimamo standardov (npr. elevatorji so obdelani samo terminološko), se ob podrobnejšem pregledovanju obstoječih standardov po zgornji razporeditvi vsiljuje vprašanje o pravilnosti sistematike oz. prvenstva njihovega sprejemanja glede na potrebe gospodarstva. Kar zadeva obravnavo globine materije (uporabnost v praksi) so transporterji z gumenim trakom med redkimi bolj obdelanimi.

Zaradi navedenega se projektanti še vedno zatekajo k tujim, v glavnem standardom DIN. Poleg tega uporabljajo kot pripomoček navodila izdelovalcev trakov, verig ipd. Domači izdelovalci imajo na voljo določeno tipsko tehnično dokumentacijo ali interne standarde za posamezne transportne naprave nepretrganega transporta.

### 3. SKLEP

Sistemi transporta sipkih materialov različne zrnatosti in sipkih materialov v širšem pomenu, kakor so obravnavani v [1] in na tem mestu, kažejo, kako domača industrija (v zadnjem primeru Metalna Maribor s Primatom Maribor, ki ji je bil dobavitelj specialnega tračnega transporterja) vendarle sledi razvoju tehnike te vrste in ima za sabo že izvedene objekte. Umestno bi bilo skupno razvojno delo domačih organizacij. Pomembna naloga pri tem bi bila tipizacija ter nadaljnja standardizacija. Olajšali bi delo projektantom in konstrukterjem. Rationalizirali bi izdelavo in utrli pot novim napravam in sistemom, s čimer bi se tudi izognili doslej večkrat nenadomestljivemu uvozu.

### LITERATURA

- [1] L. Milanez: Sistemi transporta prahu, primeri odpraševalke elektrojeklarne Železarne Jesenice, SV 1983/4—6, str. 100—101.
- [2] H. Buchta: Die Grundelemente der Fördertechnik, F. 2, I Stetigförderer, 2. Fördergüter, dhf 4/73, S. 57—60.
- [3] L. Milanez: Odpraševanje v industriji, primeri sodobne rešitve pri elektrojeklarni Jesenice, SV 1982, št. 5—6, str. 119—124.
- [4] Standardi JUS, glavna skupina M. D., skupina standardov 2 — vsi standardi kakor so citirani v tč. 2.5. tega članka.
- [5] Eine 11 km lange Bandstrasse über Berge und Täler, f + h 1981, Nr. 4, S. 274—276.
- [6] N. Vujošević: Problematika odzema materialov iz silosov in bunkerjev, SV 1978/6, str. 37—44.
- [7] G. Salzer: Stetigförderer (Doll: Schneckenförderer) Mainz, Krausskopf Verl. 1964.
- [8] S. Isaković: Transportne naprave, skripta, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana 1968.
- [9] Interni materiali Železarne Jesenice in Železarne Ravne.
- [10] Splošni tehniški slovar, ZIT SR Slovenije, Ljubljana 1981.

Avtorja: Ludvik Herman Milanez, dipl. ing.  
Marjan Pregl, glavni projektant  
Metalna Maribor