

STROJNIŠKI VESTNIK

LETNIK 34

LJUBLJANA, OKTOBER—DECEMBER 1988

ŠTEVILKA 10—12

UDK 66-9:66.063.8

Poraba moči pri stožčastem mešalu

MIRAN OPREŠNIK — MLADEN PAJK — ANDREJ BOMBAČ

Za dispergiranje plinov v kapljevine uporabljamo navadno turbinska mešala. Ena od možnih izvedb mešal pa je tudi stožčasto turbinsko mešalo. Pri tem mešalu so na spodnji strani okrogle plošče radialno nameščeni trikotni listi.

Stožčasto mešalo sta raziskovala Kamieński in Dylag [1], [2]. Ugotovila sta, da se mehanizem dispergiranja s stožčastim mešalom ujema z običajnim turbinskim mešalom. Pri stožčastem mešalu sta ugotovila tudi veliko specifično mejno površino za snovno izmenjavo pri razmeroma majhni porabi energije za pogon mešala. Prednost stožčastega mešala je tem večja, čim večja je količina plina, ki ga moramo dispergirati. Za popolno dispergiranje enakega prostorninskega toka plina je pri stožčastem mešalu potrebno manjše število vrtljajev. Newtonovo število naj bi bilo pri stožčastem mešalu le 1/7 do 1/9 vrednosti običajnega turbinskega mešala. Disperzijo v celotni mešalni posodi dosežemo s stožčastim mešalom, če pri danem prostorninskem pretoku plina presežemo mejno število vrtljajev.

Da bi ugotovili porabo moči, smo izvedli meritve na eksperimentalni napravi s premerom posode $D = 450$ mm ter premerom d in višino b šestlistnega stožčastega mešala $d = b = 150$ mm. Za različna Froudova števila $Fr = n^2 d / g$ in različna pretočna števila zraka $Q = q / (n d^3)$ smo ugotavljali Newtonova števila $Ne = P / (\rho n^3 d^5)$ pri višini vode v posodi $H = D$. Pri tem pomenijo n število vrtljajev gredi v časovni enoti, g — zemeljski pospešek, q — prostorninski tok zraka, P — potrebno moč

za pogon mešala in ρ — gostota vode. Kot primer so na sliki 1 prikazani rezultati meritev za različna Froudova števila. Izvlečene krivulje pomenijo izračunane vrednosti po prilagojeni enačbi, ki jo je Nagata [3] uporabil za običajno turbinsko mešalo. V prvotni obliki po Nagati se ta enačba glasi

$$\log \frac{P_g}{P_0} = -192 \left(\frac{d}{D} \right)^{1,38} \left(\frac{d^2 n}{\nu} \right)^{0,115} \left(\frac{d n^2}{g} \right)^{1,96(d/D)} \left(\frac{q}{n d^3} \right)$$

oziroma

$$\log \frac{P_g}{P_0} = -192 \left(\frac{d}{D} \right)^{1,38} Re_L^{0,115} Fr^{1,96(d/D)} Q.$$

Pri tem je P_g moč za pogon mešala ob dovajanju zraka.

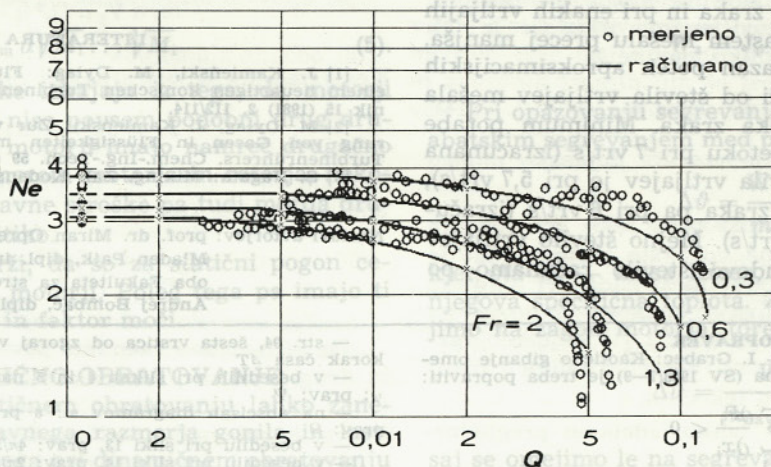
Do sedaj izvedeni eksperimenti v naši napravi so pokazali, da bi zgornjo enačbo lahko s pridom uporabili tudi za stožčasto mešalo, če bi pretočno število zraka Q potencirali z eksponentom 1,141, moč za pogon mešala brez dodajanja zraka pa izračunali po enačbi

$$P_0 = Ne_0 \rho n^3 d^5,$$

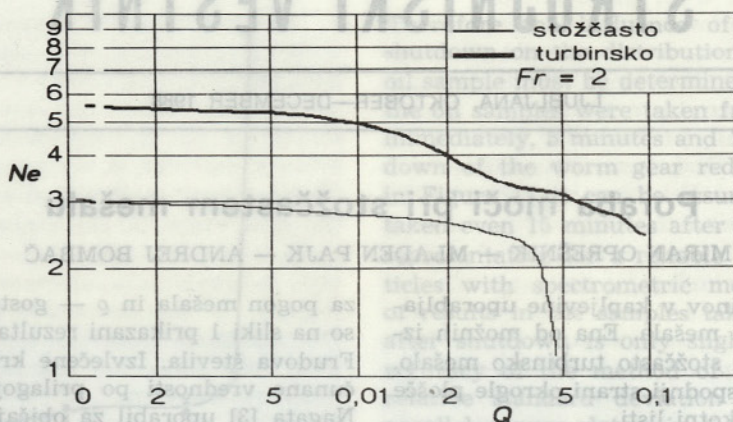
kjer je Newtonovo število pri mešanju brez dodajanja zraka

$$Ne_0 = 3,36 Fr^{-0,115}.$$

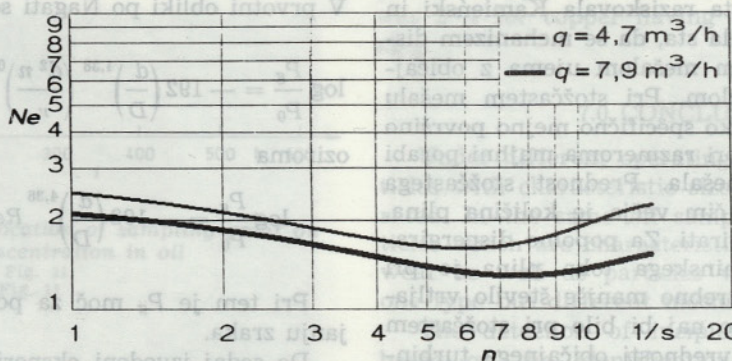
S tako prilagojeno enačbo so izračunane vrednosti in vrisane ustrezne krivulje v diagramu na sliki 1. Ugotovimo lahko, da se Newtonovo število



Slika 1



Slika 2



Slika 3

zmanjšuje z naraščanjem števila vrtljajev mešala in tudi z naraščanjem pretoka zraka. Vidimo tudi, da je prileganje krivulje pri manjših pretočnih številih dokaj dobro. Pri večjih pretočnih številih pa se kaže dobro ujemanje eksperimentalnih rezultatov z izračunanimi predvsem pri $Fr = 0,6$ in $Fr = 1,3$.

Izvedene so bile tudi meritve s standardnim turbinskim mešalom z enakim premerom. Kot primer sta na sliki 2 narisani aproksimacijski krivulji za $Fr = 2$ za standardno turbinsko in stožčasto mešalo. Aproksimacijska krivulja je izračunana za optimalno stopnjo polinoma, dobljeno na podlagi najmanjše vsote razlik med izmerjenimi in aproksimiranimi vrednostmi. Iz diagrama je razvidno, da je pri enakem pretoku zraka in pri enakih vrtljajih poraba moči pri stožčastem mešalu precej manjša.

Na sliki 3 je prikazan potek aproksimacijskih krivulj odvisnosti moči od števila vrtljajev mešala za dva različna pretoka zraka. Minimum porabe moči je pri večjem pretoku pri 7 vrt/s (izračunana vrednost mejnega števila vrtljajev je pri 5,7 vrt/s), pri manjšem pretoku zraka pa pri 6 vrt/s (izračunana vrednost je 4,7 vrt/s). Mejno število vrtljajev oziroma ustrezno Frudovo število računamo po enačbi

$$Fr_m = 4,18 We^{*0,08} Q^{0,39} We^{*-0,08}$$

Pri tem je modificirano Webrovo število

$$We^* = g^{1/3} \eta^{1/3} / (\rho^{1/3} \sigma)$$

Razlika med izračunano in izmerjeno vrednostjo znaša približno 20 odstotkov.

Študij stožčastega mešala kaže, da bi bilo primerno širše raziskati lastnosti takšnega mešala. Poraba moči za pogon stožčastega mešala je pomembno manjša v primerjavi z močjo za pogon običajnega turbinskega mešala, kar bi lahko prispevalo k zmanjšanju porabe energije predvsem v velikih industrijskih napravah.

LITERATURA

- [1] J. Kamiński, M. Dylag: Flüssigkeitsbegasung mit einem neuartigen konischen Turbinenrührer. Verfahrenstechnik 15 (1981) 2, 112/114.
- [2] M. Dylag, J. Kamiński: Zur vollständigen Dispergierung von Gasen in Flüssigkeiten mittels eines konischen Turbinenrührers. Chem.-Ing.-Tech. 59 (1987) 10, 814/815.
- [3] S. Nagata: Mixing. Zal. Kodanska LTD, Tokyo, 1975.

Naslovi avtorjev: prof. dr. Miran Oprešnik, dipl. inž.,
Mladen Pajk, dipl. inž.,
oba Fakulteta za strojništvo,
Andrej Bombač, dipl. inž., Smelt, Ljubljana.

POPRAVEK

V članku E. Govekar — I. Grabec: Kaotično gibanje omejenega resonančnega sistema (SV 1988/7—9) je treba popraviti:

— enačba (7) prav:
$$\sum_{i=1}^4 \frac{\partial F_i}{\partial x_i} < 0$$

— str. 94, enajsta vrstica od zgoraj v drugem stolpcu, prav: pomenijo: $X_1 = x_1/x_5$

— str. 94, šesta vrstica od zgoraj v drugem stolpcu: prav: korak časa ΔT
— v besedilih pri slikah 4 in 5 namesto ω , prav: Ω ;
— prav: ψ
— na abscisah diagramov sl. 8 prav $|\Omega|$, na ordinatah prav: Ω
— v besedilu pri sliki 13, prav: $4\pi/\Omega$
— v besedilu pri sliki 14, prav: $2\pi/\Omega$

LITERATURA [1] [2] [4] [5] [4] [5] → [1] [2] [3] [4] [5] [6]