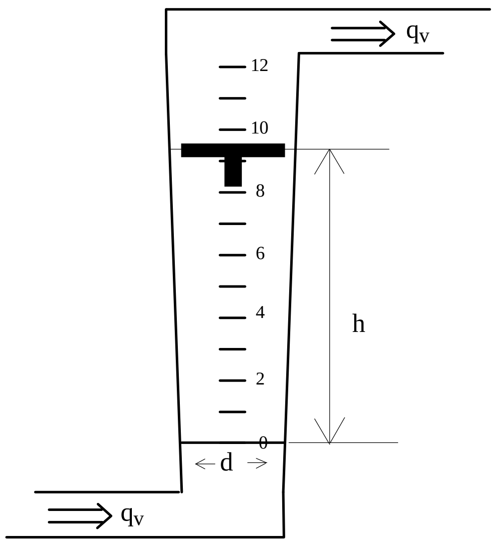
UMEÅ UNIVERSITET
Institutionen för fysik
Hans Forsman

2017-01-31

Rotametern (svävkroppsmätare)

Bland de tryckkännande flödesgivarna återfinns rotametern. Den består i regel av av ett konformat glasrör och en svävkropp (flottör) som kan röra sig vertikalt. Vid jämvikt ställer svävkroppen in sig på en nivå som utgör ett mått på volymflödet. Varför?



Antag att svävkroppen (svart T-form i figuren) har tvärsnittsarean A_0. Det koniska glasrörets area vid nivån h = 0 har även det tvärsnittsarean A_0:

$$A_0 = \frac{\pi d^2}{4} \tag{1}$$

Om konväggen bildar vinkeln β med vertikallinjen blir rörets tvärsnittsarea A_1 vid höjden h:

$$A_1 = \pi\left(\frac{d}{2} + h\tan\beta\right)^2 \tag{2}$$

Uttrycket (2) kan utvecklas och kombineras med (1):

$$A_1 = A_0 + \pi dh\tan\beta + \pi h^2\tan^2\beta \tag{3}$$

Som regel är vinkeln β tillräckligt liten för att uttrycket (3) skall kunna approximeras med:

$$A_1 = A_0 + \pi dh\tan\beta \tag{4}$$

Volymflödet för en förstrypningsmätare kan allmänt skrivas:

$$q_v = K_q\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \tag{5}$$

där ρ är det flödande mediets densitet och ΔP är tryckdifferensen P_1 - P_2 före och efter förstrypningen och K_q är en geometrisk faktor. För rotametern råder trycket P_1 där mediet passerar förbi tvärsnittsarean A_1 medan trycket P_2 råder där mediet passerar förbi tvärsnittsarean A_1 - A_0. Vid jämvikt (svävkroppen står stilla i vertikalled) är tryckdifferensen konstant, svävkroppen balanseras av den nedåtriktade tyngdkraften, den uppåtriktade deplacementkraften och den uppåtriktade dynamiska flödeskraften.

Den geometriska faktorn Kq är densamma som för t.ex. Venturiröret, men A_1 och A_0 är så pass lika att en approximation kan göras:

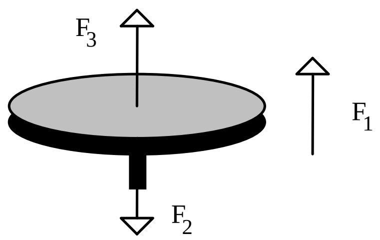
$$K_q = \frac{(A_1 - A_0)}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_1 - A_0}{A_1}\right)^2}} \approx A_1 - A_0 \qquad (6)$$

Uttrycken (4), (5) och (6) kombineras:

$$q_v = (A_1 - A_0)\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \pi dh \tan\beta \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = C_1 h \qquad (7)$$

Konstanten C_1 bildas av alla andra konstanter (π,d, tanβ, ΔP och ρ). Således, nivån h kan efter kalibrering användas som ett mått på volymflödet. Observera att kalibreringen måste göras i det medium i vilket flödet skall mätas. Hur kan man korrigera avläsningen om man skulle mäta på ett annat flöde än det man kalibrerat för?

Låt oss betrakta svävkroppen med densitet ρ_0, tvärsnittsarea A_0 och volym V_0. Det flödande mediets densitet är, som tidigare, ρ.



Betrakta krafterna på svävkroppen:

Dynamiska kraften: $F_1 = A_0 \Delta P$ (8)

Tyngdkraften: $F_2 = \rho_0 V_0 g$ (9)

Deplacementkraften: $F_3 = \rho\ V_0 g$ (10)

Vid jämvikt (svävkroppen står stilla i vertikalled) råder kraftjämvikt och följaktligen:

$$\Delta P = \frac{(\rho_0 - \rho)V_0 g}{A_0} \qquad (11)$$

Om uttrycket (11) kombineras med (7) får vi:

$$h = C_2 q_v \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0 - \rho}} \qquad (12)$$

Konstanten C_2 bildas av alla andra konstanter. Det verkliga flödet kan alltså beräknas med hjälp av uttrycket (12) om densiteten för svävkroppen och de flödande medierna är kända.