

Τεχνολογία των Αισθητήρων

Απαντήσεις ασκήσεων, Α' εξεταστικής χειμερινού εξαμήνου 2011 - 2012

Έστω αισθητήρας μέτρησης της ροής.

1. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός σωλήνα κυκλικής διατομής ακτίνας r στον οποίο ρέει νερό. Σύμφωνα με το πείραμα, η ροή είναι στρωτή μέχρι την τιμή του ρυθμού ροής $Q=1.08$ L/min. Να βρείτε το μέγιστο ρυθμό ροής για τον οποίο θα διατηρείται η στρωτή ροή, αν αλλάξει το ρευστό εντός του σωλήνα σε λάδι SAE10.

Η στρωτή ροή διατηρείται μέχρι $Re=1800$.

$$\frac{\rho_{water} \mu_{avg} D}{\mu_{water}} = 1800 \quad (1)$$

$$Q = A \cdot u_{avg} \Rightarrow u_{avg} = \frac{Q}{\pi r^2} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{\rho \frac{Q}{\pi r^2} 2r}{\mu} = 1800 \Rightarrow r = \frac{2\rho Q}{1800\pi\mu} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 1.8 \cdot 10^{-5}}{1800 \cdot 3.14 \cdot 1} \cdot \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m^2}{N \cdot s} \cdot \frac{m^3}{s} = 6.4 \cdot 10^{-3} m$$

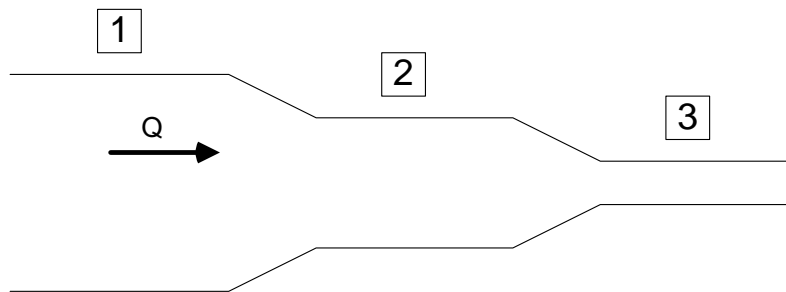
Άρα για το SAE10 είναι

$$\frac{\rho_{SAE} \mu_{avg} D}{\mu_{SAE}} = 1800 \Rightarrow u_{avg} = \frac{1800 \mu_{SAE}}{\rho_{SAE} D}$$

$$Q = \frac{1800 \mu_{SAE}}{\rho_{SAE} D} \cdot \pi r^2 = \frac{1800 \cdot 0.1 \cdot 3.14 \cdot 6.4^2 \cdot (10^{-3})^2}{800 \cdot 12.8 \cdot (10^{-3})} \cdot \frac{N \cdot s}{m^2} \cdot \frac{m^3}{kg} \cdot \frac{1}{m} \cdot m^2 = 2.26 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 135 SLPM$$

2. Έστω σωλήνας μεταβλητής κυκλικής διατομής, όπως δίνεται στο σχήμα, με τη ροή από τα αριστερά προς τα δεξιά. Η ακτίνα του κάθε τμήματος είναι $r_1=800\mu\text{m}$, $r_2=500\mu\text{m}$, $r_3=200\mu\text{m}$ Για $Q=1,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, να υπολογίσετε τους λόγους u_1/u_2 και u_1/u_3 .

Έστω ότι τοποθετούμε τον ίδιο αισθητήρα στις περιοχές 1,2 και 3. Τι διαφορές περιμένετε στη λειτουργία του, όσον αφορά την ευαισθησία και το θόρυβο; Δικαιολογήστε.



Η μέση ταχύτητα εντός του σωλήνα μεταβάλλεται με τη διατομή του σωλήνα. Είναι

$$Q = A \cdot u_{avg} \Rightarrow u_{avg} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

$$\text{Άρα } \frac{u_1 D_1}{u_2 D_2} = \frac{\frac{Q}{\pi r_1^2} 2r_1}{\frac{Q}{\pi r_2^2} 2r_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{r_1}{r_2}\right) = \frac{r_2}{r_1} = 0.625$$

$$\text{Και αντίστοιχα } \frac{u_1 D_1}{u_3 D_3} = \frac{r_3}{r_1} = 0.25$$

Ο θόρυβος στον αισθητήρα αυξάνεται όταν η ροή γίνεται τυρβώδης, δηλαδή για $Re > 1800$.

$$\text{Είναι } Re_i = \frac{\rho u_i D_i}{\mu} = 10^6 \cdot u_i D_i$$

$$\text{και } u_1 D_1 = \frac{Q}{\pi r_1^2} \cdot 2r_1 = 1.25 \cdot 10^{-3} \frac{m^2}{s}$$

Υπολογίζοντας τον αριθμό Reynolds για τις τρεις περιοχές έχουμε

$$Re_1 = \frac{\rho u_1 D_1}{\mu} = 10^6 \cdot u_1 D_1 = 1250$$

$$Re_2 = \frac{\rho u_2 D_2}{\mu} = 10^6 \cdot \frac{u_1 D_1}{0.625} = 2000$$

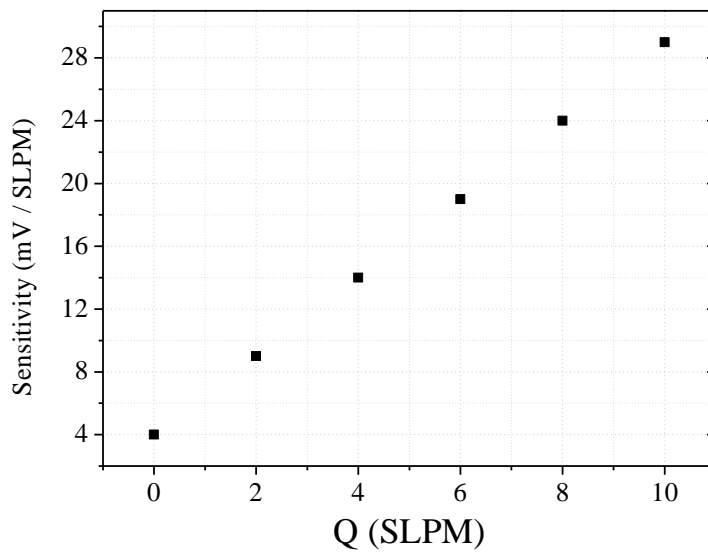
$$Re_3 = \frac{\rho u_3 D_3}{\mu} = 10^6 \cdot \frac{u_1 D_1}{0.4} = 3125$$

Άρα στην περιοχή 1 ο αισθητήρας βρίσκεται σε στρωτή ροή, που σημαίνει χαμηλό επίπεδο θορύβου. Στην περιοχή 3, με $Re > 2300$, ο αισθητήρας βρίσκεται εντός τυρβώδους ροής, άρα θα παρουσιάζει μεγάλο θόρυβο. Τέλος, στην περιοχή 2, ο αισθητήρας βρίσκεται στην περιοχή μετάβασης της ροής, οπότε αναμένεται μια ενδιάμεση κατάσταση θορύβου.

3. Έστω η συνάρτηση μεταφοράς ενός αισθητήρα ροής:

$$V(Q) = A_0 + A_1 Q + A_2 Q^2 + A_3 Q^3 \quad [mV]$$

Να βρείτε τους συντελεστές A_i με βάση την παρακάτω γραφική παράσταση της ευαισθησίας. Δίνεται ότι για μηδενική ροή, η έξοδος του αισθητήρα είναι 133mV.



$$V(Q) = A_0 + A_1Q + A_2Q^2 + A_3Q^3$$

$$\text{Είναί } S(Q) = \frac{dV(Q)}{dQ} = A_1 + 2A_2Q + 3A_3Q^2$$

Από τη γραφική παράσταση προκύπτει ότι $S(0)=4\text{mV/SLPM}$, άρα $A_1=4\text{mV/SLPM}$.

Στη συνέχεια παίρνουμε τις τιμές της ευαισθησίας από τη γραφική παράσταση σε δύο σημεία, έστω $S(4)=14$ και $S(8)=24$. Από τις εξισώσεις προκύπτει

$$14 = 4 + 2A_2 \cdot 4 + 3A_3 \cdot 4^2$$

$$24 = 4 + 2A_2 \cdot 8 + 3A_3 \cdot 8^2$$

Λύνοντας το σύστημα των δύο εξισώσεων με δύο αγνώστους προκύπτει ότι η αριθμητικές τιμές των συντελεστών είναι $A_3=0$ και $A_2=1.25$.

Τέλος, αφού για μηδενική ροή η έξοδος του αισθητήρα είναι 133mV , από τη συνάρτηση μεταφοράς για $Q=0$ προκύπτει ότι $A_0=133\text{mV}$. Οπότε συγκεντρωτικά, βάζοντας σωστά τις μονάδες είναι:

$$A_0=133 \text{ mV}$$

$$A_1=4 \text{ mV/SLPM}$$

$$A_2=1.25 \text{ mV/SLPM}^2$$

$$A_3=0$$