

Turbulens

Tis LV3

För rörströmning, $Re_{kr} \approx 2300$

dvs $Re < 2300$ laminärt

$Re > 2300$ turbulent

$$\left\{ Re = \frac{\text{tröghetskrafter}}{\text{friktionskrafter}} \right\}$$

Karaktäristika:

Irregulär

Dissipativ

Diffus

3-dim och roterbar

Kontinuum

Flöde

Tidsmedelvärdening

$$V_z = \bar{V}_z + V'_z$$

$$\bar{V}_z = \frac{1}{t_0} \int_t^{t+t_0} V_z dt$$

$\left\{ V'_z \text{ är fluktuationer kring} \right.$
 $\left. \text{medelvärdet, } \bar{V}_z \right\}$

$$\overline{V'_z} = 0$$

kinetisk energi/volyum

$$KE = \frac{1}{2} \rho (V_x^2 + V_y^2 + V_z^2) = \frac{1}{2} \rho [(\bar{V}_x + V'_x)^2 + (\bar{V}_y + V'_y)^2 + (\bar{V}_z + V'_z)^2]$$

$$\text{Medelvärdet } \overline{KE} : \frac{1}{2} \rho [(\overline{V_x^2} + 2\bar{V}_x \overline{V'_x} + \overline{V_x'^2}) + \dots]$$

$$\overline{\overline{V_x^2}} \equiv \overline{V_x^2} \quad \overline{V_x'^2} \neq 0$$

$$\overline{2\overline{V_x}V_x'} \equiv 2\overline{V_x}\overline{V_x'} = 0$$

$$KE = \frac{1}{2} \rho \left(\underbrace{[\overline{V_x^2} + \overline{V_y^2} + \overline{V_z^2}]}_{\text{medel-kinetisk energi}} + \underbrace{[\overline{V_x'^2} + \overline{V_y'^2} + \overline{V_z'^2}]}_{\text{turbulent kinetisk energi}} \right)$$

Längdskalor

λ mökylär skala

η Kolmogorov - " - (minsta skalan för turbulens!)

l makroskopisk - " -

$$\frac{\lambda}{\eta} \sim \frac{Ma}{Re_l^{1/4}}$$

$$\frac{\eta}{l} \sim \frac{1}{Re_l^{3/4}}$$

Tidsskalor

$$\tau/t \sim \frac{1}{Re_l^{1/2}}$$

Hastighetskalor

Tryckfall i rör/rördetaljer

Bernoullis ekvation med friktionsförluster:

$$\gamma_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} = \gamma_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + \sum h_L$$

Rör: $h_L = 2c_f \frac{L}{D} \frac{V^2}{g} = \frac{\Delta P}{\rho g}$

{ fullt utvecklad, $c_f = f_f\left(\frac{e}{D}, Re\right)$ }

Rördetaljer: $h_L = K \frac{V^2}{2g} = \frac{\Delta P}{\rho g}$

{ fullt turbulent }

$\frac{e}{D}$ "relativ ytråhet" (Fig 13.1)

Höga Re : c_f (f_f) beroende av Re
{ fullt utv. turbulent strömning }

Låga Re (laminär strömning): c_f beroende av $\frac{e}{D}$

~~Fig~~ Fig 13.2 $\frac{e}{D}$ vs. diam. för olika rörmaterial