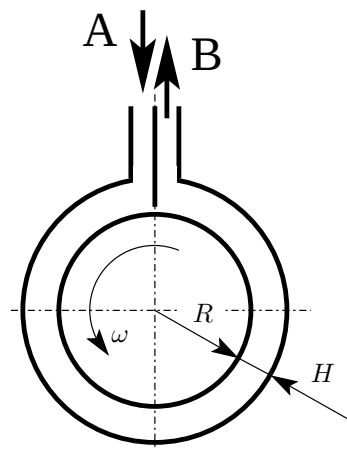


Viskozitní čerpadlo

Pro čerpání vysoce viskózních kapalin může být použito viskozitní čerpadlo znázorněné na obrázku. Toto čerpadlo sestává z rotujícího válce uloženého souose v pevném tělese čerpadla. Kapalina proudí štěrbinou mezi statorem a otáčejícím se válcem. Poloměr vnitřního válce rotujícího úhlovou rychlostí $\omega = 12 \text{ s}^{-1}$ je $R = 50 \text{ mm}$. Délka rotujícího válce je $W = 50 \text{ mm}$ a šířka štěrbiny mezi rotorem a statorem je $H = 1 \text{ mm}$. Čerpadlem je dopravována kapalina s dynamickou viskozitou $\mu = 500 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Určete velikost průtoku kapaliny čerpadlem v případě nulového rozdílu tlaků na čerpané látce, tj. $\Delta p = p_B - p_A = 0$. Dále spočítejte velikost maximálního rozdílu tlaků na čerpadle Δp (tj. velikost tlakové difference kdy už čerpadlo nebude čerpat kapalinu z místa A do místa B) a pro tento případ určete velikost krouticího momentu potřebného pro otáčení rotoru. Předpokládejte laminární proudění ve štěrbině a zanedbejte křivost štěrbiny.



Dle zadání příkladu máme zanedbat křivost štěrbiny. Jedná se tedy o proudění ve štěrbině mezi dvěma rovnoběžnými deskami. Jedna deska stojí (stator, vnější válec) a jedna deska se pohybuje rychlostí $U = R\omega$ (rotor, vnitřní rotující válec). Desky jsou vzdálené H . Kapalina tedy proudí vlivem unášivého proudění ve směru otáčejícího se válce (kladný směr osy x , lineární rychlostní profil). Oproti tomuto proudění působí tlakové proudění probíhající mezi pevnými deskami tím, že čerpadlo dopravuje kapalinu do prostředí o větším tlaku než je tlak na sání, tj. $p_B > p_A$, resp. $\Delta p = p_B - p_A > 0$ (ve směru záporné osy x , dle výše zavedené konvence, parabolický rychlostní profil). Vidíme tedy, že výsledné proudění je dáno superpozicí unášivého a tlakového proudění ve štěrbině, pro něž lze vyjádřit objemový průtok jako

$$\dot{V} = \frac{1}{2}UWH - \frac{\Delta p WH^3}{12\mu L} \quad (1)$$

kde U je rychlost posuvu desky ($U = R\omega$), W je šířka kanálu (délka rotoru, délka rotujícího válce), H je vzdálenost desek a L je délka kanálu (délka rozvinuté štěrbiny, $L = 2\pi R$ v případě, že $H \ll R$). Upravíme-li tedy vztah s pomocí našeho označení, dostaneme

$$\dot{V} = \frac{1}{2}\omega RWH - \frac{\Delta p WH^3}{24\pi\mu R} \quad (2)$$

Maximální průtok čerpadlem spočteme v případě, že tlaková difference na čerpadle je nulová, tj. $\Delta p = 0$, pak

$$\dot{V} = \frac{1}{2}\omega RWH = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \cdot 0,001 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 54 \text{ l h}^{-1} \quad (3)$$

Nyní můžeme hledat maximální tlakovou diferenci na čerpadle. Tato maximální tlaková difference odpovídá nulovému průtoku kapaliny čerpadlem, tj.

$$\dot{V} = \frac{1}{2}\omega RWH - \frac{\Delta p_{\max} WH^3}{24\pi\mu R} \stackrel{!}{=} 0 \quad \dots \quad \frac{1}{2}\omega RWH = \frac{\Delta p_{\max} WH^3}{24\pi\mu R} \quad (4)$$

$$\Delta p_{\max} = \frac{12\pi\mu\omega R^2}{H^2} = \frac{12\pi \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 0,05^2}{0,001^2} = 565487 \text{ Pa} \quad (5)$$

Poslední veličinou, kterou máme určit, je velikost krouticího momentu na vnitřním rotujícím válci, opět pro případ $\dot{V} = 0$. Pro jeho určení spočteme nejprve velikost smykového napětí na rotujícím válci (pohybující se desce), tj.

$$\tau_{w,\max} = \mu \frac{U}{H} + \frac{\Delta p H}{2L} = \mu \frac{\omega R}{H} + \frac{\Delta p_{\max} H}{4\pi R} = 0,5 \cdot \frac{12 \cdot 0,05}{0,001} + \frac{565487 \cdot 0,001}{4\pi \cdot 0,05} = 300 + 900 = 1200 \text{ Pa} \quad (6)$$

Krouticí moment pak spočteme jako

$$M_{k,\max} = \tau_{w,\max} \cdot \underbrace{2\pi R W}_S \cdot R = 1200 \cdot 2\pi \cdot 0,05^2 \cdot 0,05 = 0,9425 \text{ N m} \quad (7)$$