



به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک
مهلت تحویل: -

توربوماشین‌ها (۲۸۴۶۶-۱)
مدرس: محمدصادق کریمی
تکلیف شماره ۳

(۱) برای یک پمپ سانتریفیوژ دو مکشه اطلاعات زیر داده شده است:

72 l/s	دبی:
90 mm	قطر داخلی چرخ:
280 mm	قطر خارجی چرخ:
1650 rpm	سرعت دورانی:
25 m	هد:
40 mm	عرض چرخ در ورودی:
18 mm	عرض چرخ در خروجی:
35 °	زاویه سرعت نسبی با راستای مماسی در خروجی چرخ:
90 °	زاویه سرعت مطلق در ورودی:
2 l/s	تلفات نشتی داخلی:
1.41 kW	تلفات مکانیکی:
0.56	راندمان کلی پمپ:

با فرض ناچیز بودن تلفات نشتی خارجی، مطلوب است محاسبه: الف) زاویه پره در ورودی چرخ ب) زاویه خروج آب از چرخ پ) سرعت مطلق آب در خروج از چرخ ت) بازده هیدرولیکی ث) بازده مکانیکی و حجمی

حل مسئله:

$$Q_{tot} = Q_{dis} + Q_{leak} = 72 + 2 = 74 \text{ l/s}$$

-1

پاشویه‌ای که این پمپ دوگانه است، در هر دور می‌تواند یکبار آب را از:

$$Q_{side} = \frac{Q_{tot}}{2} = 37 \text{ l/s}$$

$$U_1 = \frac{\pi D_1 N}{60} = \frac{\pi (0.09) (1650)}{60} = 7.78 \text{ m/s}$$

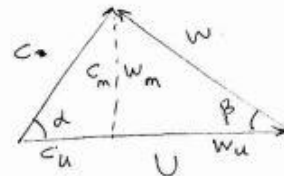
(الف)

$$\text{Flow rate area at inlet: } \pi D_1 b_1 = \pi \times 0.09 \times 0.02 = 0.0057 \text{ m}^2$$

$$C_{m1} = \frac{Q}{A_{in}} = \frac{37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{0.0057} = 6.543 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_1 = \frac{C_{m1}}{U_1} = \frac{6.543}{7.78} = 0.841$$

$$\Rightarrow \beta_1 = 40.1^\circ$$



$$A_{out} = \pi D_2 b_2 = \pi \times 0.28 \times 0.009 = 0.0079 \text{ m}^2$$

(ب)

$$b_1 = \frac{40 \text{ mm}}{2} = 20 \text{ mm} \text{ و } b_2 = \frac{18 \text{ mm}}{2} = 9 \text{ mm: تو جبهه در پمپ دوگانه}$$

$$\Rightarrow C_{m2} = \frac{Q}{A_{out}} = \frac{37 \times 10^{-3}}{0.0079} = 4.68 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{\pi D_2 N}{60} = \frac{\pi (0.28) (1650)}{60} = 24.2 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{m2}}{U_2 - C_{u2}} = \frac{4.68}{24.2 - C_{u2}} \text{ و } \gamma(35^\circ) \Rightarrow C_{u2} = 17.52 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = \tan^{-1} \left(\frac{C_{m2}}{C_{u2}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{3.468}{17.52} \right) = 14.96^\circ$$

$$C_2 = \frac{C_{u2}}{\cos \alpha_2} = \frac{17.52}{\cos 14.96} = 18.13 \text{ m/s}$$

$$\eta_{mano} = \frac{g H_{mano}}{U_2 C_{u2}} = \frac{9.81 \times 25}{24.2 \times 17.52} = 0.578$$

$$\eta_v = \frac{Q_2}{Q_{Total}} = \frac{72}{74} = 0.973$$

$$P = \rho g Q H = 1000 \times 9.81 \times 72 \times \frac{25}{1000} = 17.66 \text{ kW}$$

$$P_{shaft} = \frac{P}{\eta_o} = \frac{17.66}{0.56} = 31.54 \text{ kW}$$

$$\Rightarrow \eta_m = \frac{P_{shaft} - P_{loss}}{P_{shaft}} = \frac{31.54 - 1.41}{31.54} = 0.955$$

(۲) قطر خارجی چرخ یک پمپ سانتریفیوژ 40 cm و عرض خروجی آن 2 cm است. این پمپ در حال کار با سرعت دورانی 1000 rpm برای تولید دبی 50 l/s است. زاویه پره در خروجی $\beta_2 = 45^\circ$ بوده و وجود پره‌ها منجر به کاهش 10% سطح مقطع محیطی می‌شود. چنانچه بازده هیدرولیکی 90% ، بازده ناشی از اثرات دیواره و نشتی داخلی 95% و بازده مکانیکی 95% باشد، هد تولیدی و توان مصرفی پمپ را با صرف نظر کردن از نشتی خارجی محاسبه نمایید.

حل مسئله:

لا تخرج دبی جریان میباید توان تلفات مکانیکی در خروجی چرخ را حساب نمود:

$$Q = 50 \frac{L}{s} = 0.05 \frac{m^3}{s}, \quad A_2 = 0.9(\pi D_2^2 / 4) = 0.9 \pi \times 0.4 \times 0.2 = 0.0226 m^2$$

$$\rightarrow C_{2,m} = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.05}{0.0226} = 2.21 \frac{m}{s} \quad \text{"تلفات مکانیکی در خروجی چرخ"}$$

همچنین، استفاده از سرعت دورانی چرخ، تلفات سرعت جنبی در خروجی چرخ قابل محاسب خواهد بود:

$$U_2 = R_2 \omega = \frac{\pi D_2 N}{60} = \frac{\pi \times 0.4 \times 1000}{60} = 20.94 \frac{m}{s}$$

با استفاده از تلفات سرعت در خروجی چرخ:

$$C_{2,m} = W_{2,m} = 2.21 \frac{m}{s}$$



$$W_{2,u} = \frac{W_{2,m}}{\tan \beta_2} = \frac{2.21}{\tan 45^\circ} = 2.21 \frac{m}{s}$$

$$C_{2,u} = U_2 - W_{2,u} = 20.94 - 2.21 = 18.73 \frac{m}{s}$$

$$H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_{2,u} - U_1 C_{1,u}) \quad \text{چون در خروجی چرخ } C_{1,u} = 0, \alpha_1 = 90^\circ \text{ است} \rightarrow H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_{2,u}) = 39.98 m$$

ما قوس به تقریب بازده هیدرولیکی:

$$\eta_H = \frac{H}{H''} = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} \Rightarrow H = \eta_H H'' = 0.9 \times 39.98 = 35.99 m$$

بنابراین تلفات توان مغزی میباید، ابتدا بازده کل محاسب می شود:

$$\eta_H = 0.9, \quad \eta_v = 0.95, \quad \eta_m = 0.95 \quad : \quad \eta_v, \eta_m \text{ بازده های رانندگی و مکانیکی} \\ \Rightarrow \eta = (\eta_H \eta_v \eta_m) = 0.812 \quad \text{بازده مکانیکی}$$

$$P_e = \gamma Q H = (1000 \times 9.81) \times 0.05 \times 35.99 = 17.65 kW$$

$$P = \frac{P_e}{\eta} = \frac{17.65}{0.812} = 21.73 kW \quad \text{توان مغزی مورد نیاز}$$

۳) یک پمپ سانتریفیوژ دوشکافه با سرعت دورانی $N = 1750 \text{ rpm}$ ، دارای چرخ با قطر داخلی $D_1 = 100 \text{ mm}$ ، قطر خارجی $D_2 = 290 \text{ mm}$ ، عرض ورودی $b_1 = 25 \text{ mm}$ در هر سمت چرخ و عرض خروجی کل $b_2 = 23 \text{ mm}$ مفروض است. زاویه سرعت در ورودی $\alpha_1 = 90^\circ$ ، زاویه پره در خروجی $\beta_2 = 27^\circ$ و ضریب تصحیح سطح مقطع ناشی از اثرات وجود پره ها $k_A = 0.87$ می باشد. چنانچه تلفات مکانیکی 1.04 kW ، تلفات ناشی داخلی 2.25 l/s ، دبی پمپ 75 l/s و راندمان کلی $\eta = 55\%$ باشد. مطلوب است محاسبه:

- زاویه پره در ورودی چرخ
- زاویه خروج سیال از چرخ

- سرعت مطلق سیال در خروجی چرخ
- بازده هیدرولیکی، بازده ناشی داخلی، بازده مکانیکی

حل مسئله:

$$U_1 = R_1 \omega = \frac{\pi D_1 N}{60} = \frac{\pi \times 0.1 \times 1750}{60} = 9.16 \text{ m/s}$$
 سرعت چرخ در ورودی برابر است با ۱

$$A_1 = k_A \pi D_1 b_1 = 0.87 \times \pi \times 0.1 \times 0.025 = 6.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$
 * با توجه به اینکه بودن تنها اثریک است که به شده است.

$$Q_{\text{total}} = Q_e + Q_{\text{loss}} = 77.25 \text{ l/s}$$
 دی کل این چرخ از مجموع دی معیاری (Q) درونی (Q_{loss}) و بی بی است.

$$Q = \frac{77.25}{2} = 38.625 \text{ l/s}$$
 که با توجه به دوگانه بودن دی سرعت آن برابر $Q = \frac{Q_{\text{tot}}}{2}$ خواهد بود.

استفاده از مثلث سرعت در ورودی چرخ و دی بی است طای آن:

$$C_1 = C_{1,m} = \frac{Q}{A_1} = \frac{38.625 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{6.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 5.66 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_1 = \frac{C_1}{U_1} = \frac{5.66}{9.16} \Rightarrow \beta_1 = 31.71^\circ$$
 " زاویه چرخ در ورودی "

استفاده از مثلث سرعت در خروجی چرخ و دی بی است طای آن:

$$b'_2 = \frac{b_2}{2} = 11.5 \text{ mm} \Rightarrow A_2 = k_A \pi D_2 b'_2 = 9.12 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$C_{2,m} = \frac{Q}{A_2} = \frac{38.625 \times 10^{-3}}{9.12 \times 10^{-3}} = 4.24 \text{ m/s}$$

$$U_2 = \frac{\pi D_2 N}{60} = 26.57 \text{ m/s}$$

$$C_{2,u} = \frac{C_{2,m}}{\tan \beta_2} = \frac{4.24}{\tan 27^\circ} = 18.25 \text{ m/s}$$

$$C_2 = \frac{C_{2,u}}{\sin(\alpha_2)} = \frac{4.24}{\sin(13.08^\circ)} = 18.74 \text{ m}$$

$$H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \beta_1) = \frac{U_2 C_{2,u}}{g} = \frac{26.57 \times 18.25}{9.81} = 49.43 \text{ m}$$

$$\eta_H = \frac{H}{H''} = \frac{30}{49.43} = 60.7\%$$
 بازده هیدرولیکی

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{\text{tot}}} = \frac{75}{77.25} = 97.09\%$$
 بازده ناشی داخلی

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{mech}}} = \frac{P}{P_{\text{mech}}} \Rightarrow P = \frac{P_{\text{mech}}}{\eta} = \frac{1000 \times 9.81 \times 75 \times 10^{-3} \times 30}{0.55} = 40.14 \text{ kW}$$
 توان در خروجی

$$\eta_m = \frac{P - \text{mechanical loss}}{P} = \frac{40.14 - 1.04}{40.14} = 0.974$$
 بازده مکانیکی