

## ۵-۸-مبدل حرارتی

مبدل حرارتی در چیلرهای جذبی به عنوان یک جزء فشرده دستگاه در جهت افزایش راندمان نقش مهمی را ایفا می‌کند. وظیفه مبدل حرارتی پیش گرم کردن محلول رقیقی است که از میان لوله‌ها می‌گذرد و این گرما از محلول غلیظی که از پوسته عبور می‌کند، گرفته می‌شود.

جنس لوله‌های مبدل گرمایی از فولاد کربنی می‌باشد. لوله‌های مبدل بوسیله جوش به صفحه لوله متصل می‌شوند.

در مبدل حرارتی چیلرهای جذبی محلول غلیظ خروجی از ژنراتور وارد پوسته می‌شود. این امر بدان علت است که در صورت کریستال شدن محلول غلیظ به هنگام سرد شدن بتوان با گرم کردن مبدل حرارتی، از انسداد مبدل جلوگیری می‌کند.

### ۱-۵-۸- مشخصات مبدل حرارتی :

با توجه به تحلیل ترمودینامیکی خصوصیات محلول در پوسته و لوله به صورت زیر می‌باشد:

$$T_{t,i} = 37^{\circ}\text{C} \quad T_{s,i} = 105^{\circ}\text{C}$$

$$T_{t,o} = 75^{\circ}\text{C} \quad T_{s,o} = 59^{\circ}\text{C}$$

$$T_{t,ave} = 56^{\circ}\text{C} \quad T_{s,ave} = 82^{\circ}\text{C}$$

$$X_{t,i} = X_{t,o} = 59.5\% \quad X_{s,i} = X_{s,o} = 64.5\%$$

$$\dot{m}_t = 19.61 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \dot{m}_s = 18.09 \frac{\text{hg}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{exchanger}} = 1176.6 \text{ kW}$$

لوله‌ها را  $\frac{3}{4}$  و با گام مثلثی و ۳ پاس انتخاب می‌کنیم.

$$D_t = \frac{3}{4}'' = 19.5 \text{ mm} \quad P_t = 23.81$$

$$D_{t,i} = 15.748 \text{ mm} \quad \theta_T = 60^\circ$$

طول لوله‌های میدل ( $L_t$ ) را ۴.۵ متر و تعداد بافلها ( $N_b$ ) را ۲۰ عدد در نظر می‌گیریم.

### ۲-۵-۸- تعداد لوله‌ها:

$$LMTD = \frac{(T_{s,i} - T_{t,o}) - (T_{s,o} - T_{t,i})}{\ln \frac{T_{s,i} - T_{t,o}}{T_{s,o} - T_{t,i}}}$$

$$LMTD = \frac{30 - 22}{\ln \frac{30}{22}} = 25.8$$

U را  $1 \frac{kw}{m^2.k}$  در نظر می‌گیریم.

$$A = \frac{Q}{U.LMTD} = \frac{1176.6}{1 \times 25.8} = 45.6 \text{ m}^2$$

$$N_t = \frac{A}{L.A_{p,o}.N_p} = \frac{45.6}{4.5 \times 59.8 \times 10^{-3} \times 3} = 56.4$$

$N_t$  را ۵۶ در نظر گرفته و در هر پاس در پهنا ۱۴ لوله و در ارتفاع ۴ لوله قرار می‌دهیم.

### ۳-۵-۸- ضریب انتقال حرارت سمت لوله:

خواص محلول در داخل لوله در دمای متوسط با توجه به روابط و جداول فصل چهارم

عبارتست از:

$$Pr = 16.3$$

$$k = 4.351 \times 10^{-4} \frac{kw}{m.k}$$

$$\mu = 3.802 \times 10^{-3} (\text{pa.s})$$

رینولدز را محاسبه می کنیم:

$$S = N_6 \cdot \frac{\pi}{4} D_{t,i}^2 = 56 \times \frac{\pi}{4} \times (0.0157)^2 = 10.9 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$G_t = \frac{\dot{m}_t}{d} = \frac{19.61}{10.9 \times 10^{-3}} = 1799.1 \left( \frac{kg}{m^2.s} \right)$$

$$Re_t = \frac{D_{t,i} \cdot G_t}{m} = \frac{15.75 \times 10^{-3} \times 1799.1}{3.81 \times 10^{-3}} = 7452.2$$

رینولدز در محدوده انتقالی می باشد ( $2300 < Re < 10000$ ) برای محاسبه نوسلت از

رابطه پیش نهادی گنیلینسکی (رابطه ۶-۶) استفاده می کنیم.

ابتدا ضریب اصطکاک را از رابطه (۶-۷) بدست می آوریم:

$$f = (0.79 \ln Re_t - 1.64)^{-2} = (0.79 \ln 7452 - 1.64)^{-2} = 0.034$$

$$Nu_d = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re - 1000) Pr}{1 + 12.7 \left(\frac{f}{8}\right)^{\frac{1}{2}} (Pr^{\frac{3}{2}} - 1)}$$

$$Nu_d = \frac{\left(\frac{0.034}{8}\right)(7452 - 1000) \times 16.26}{1 + 12.7 \left(\frac{0.034}{8}\right)^{\frac{1}{2}} (1.26^{\frac{3}{2}} - 1)} = 1397.9$$

$$a_t = \frac{1397.9 \times 4.35 \times 10^{-6}}{15.75 \times 10^{-3}} = 0.386 \frac{kw}{m^2.k}$$

۴-۵-۸- دمای سطح لوله ها:

$$k_t = 38 \frac{w}{m.k}$$

$$R'' = \frac{D_t \text{Ln} \frac{D_t}{D_{t,i}}}{2k} = \frac{19.05 \times 10^{-3} \times \text{Ln} 1.21}{2 \times 38} = 4.77 \times 10^{-5} \left( \frac{m^2 k}{w} \right)$$

$$q'' = \frac{Q_{exch}}{A} = \frac{1176.6}{56 \times 59.8 \times 10^{-3} \times 3 \times 4.5} = 30.34 \frac{w}{m^2}$$

$$T_{w,o} = T_{t,ave} + q'' \left( \frac{1}{\alpha_t} \times \frac{A_{p,o}}{A_{p,i}} + R''_t \right)$$

$$T_{w,o} = 56 + 30.34 \left( 0.0477 + \frac{1}{0.386} \times 1.21 \right) = 76.4^\circ C$$

#### ۵-۵-۸- ضریب انتقال حرارت سمت پوسته:

برای محاسبه ضریب انتقال حرارت محلول در پوسته از رابطه کرن (۸-۶) استفاده می کنیم.

ابتدا پهنای مبدل (b) را محاسبه می کنیم. (۱۰ mm لقی بین لوله و دیواره داخلی مبدل در نظر گرفته ایم).

$$b = (14 - 1) \times 23.81 + 19.05 + 2 \times 10 = 396 \text{ mm}$$

فاصله بین دولوله مجاور

$$C_u = P_T - D_t = 23.81 - 19.05 = 4.76 \text{ mm}$$

فاصله بین دو بافل ( $L_{bb}$ ) را از رابطه زیر محاسبه می کنیم:

$$\frac{L_t}{L_{bb}} = N_b + 1 \Rightarrow L_{bb} = \frac{L_t}{N_b + 1} = \frac{4500}{20 + 1} = 210 \text{ mm}$$

سطح مقطع جریان پوسته را از رابطه (۱۲-۶) محاسبه می کنیم.

$$S = \frac{a \times C_u \times L_{bb}}{P_T} = \frac{396 \times 4.76 \times 210}{23.81} = 16.62 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$G_s = \frac{\dot{m}_s}{S} = \frac{18.09}{16.62 \times 10^{-3}} = 1088 \frac{kg}{m^2 s}$$

قطر معادل را از رابطه مربوط (۱۱-۶) محاسبه می‌کنیم.

$$D_e = \frac{4 \times \left[ 23.81 \times \frac{\sqrt{3}}{4} - \frac{\pi}{8} \times 19.05^2 \right]}{\frac{\pi}{2} \times 19.05} = 15.53 \text{ mm}$$

خواص محلول داخل پوسته در دمای متوسط عبارتند از:

$$k = 4.29 \times 10^{-4} \frac{kW}{m.k}$$

$$m = 2.841 \times 10^{-3} (pa.s)$$

$$Pr = 15.25$$

$$C_p = 2301.1 \left( \frac{J}{kg.k} \right)$$

عدد رینولز را در داخل پوسته محاسبه می‌کنیم:

$$Re = \frac{D_e \cdot G_s}{\mu} = \frac{(13.53 \times 10^{-3}) \times (1088)}{2.84 \times 10^{-3}} = 5180.8$$

ضریب انتقال حرارت عبارتست از:

$$Nu = 0.36 Re^{0.55} Pr^{\frac{1}{3}} \left( \frac{\mu_b}{\mu_w} \right)$$

$$Nu = 0.36 \times (5180.8)^{0.55} \times (15.25)^{\frac{1}{3}} \times (0.97) = 167.6$$

$$\alpha_s = 167.6 \times \frac{4.287 \times 10^{-4}}{13.53 \times 10^{-3}} = 5.3$$

۶-۵-۸- ضریب کلی انتقال حرارت:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_s} + R'' + \frac{1}{\alpha_t} \times \left( \frac{A_{p,o}}{A_{p,i}} \right)$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{5.3} + 0.0477 + \frac{1}{0.383} \times 1.21 = 1.098$$

$$U = 0.91$$

$$e = \frac{0.91 - 1}{1} = 9\%$$

خطا قابل قبول می باشد و نیازی به تکرار محاسبات نیست.

### ۷-۵-۸- افت فشار

ضریب اصطحکاک و افت فشار سمت پوسته از روابط (۶-۵۸) تا (۶-۶۰) محاسبه

می شوند.

$$f = \exp(0.576 - 0.19 \ln Re_s) = 0.350$$

$$\Delta P_s = \frac{f G_s^2 (N_b + 1) D_s}{2 \rho D_e \phi_s}$$

$$\Delta P_s = \frac{0.350 \times 1088^2 (21)(0.325)}{2 \times 1000 \times 15.53 \times 0.97} = 93.8 \text{ pa}$$

برای محاسبه افت فشار سمت لوله از رابطه ( ) استفاده می کنیم.

$$Re_t = 7452.2$$

از دیاگرام مودی  $f=0.004$  می باشد.

$$\Delta P_t = \frac{4 N_p G_t^2}{2 \rho} \left( \frac{f L_t}{D_{t,i}} + 1 \right)$$

$$\Delta P_t = \frac{4 \times 3 \times 1799^2}{2 \times 1000} \left( \frac{0.004 \times 4.5}{15.75 \times 10^{-3}} + 1 \right) = 41610 \text{ pa} = 41.6 \text{ kpa}$$