



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Orman Fakültesi
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

TEKNİK FİZİK

BÖLÜM 3. ISI TRANSFERİ ÖRNEK PROBLEMLER

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



Isı Transferi

Örnek Problem – Isı İletimi 3.1. Şekilde gösterilen 20 cm kalınlığında ateş tuğlasından örölü bir fırının duvarının 4 x 3 m²'lik yüzeyinden olan iletimle a) ısı akısını ve b) ısı geçişini hesaplayınız. Duvarın ısı iletim katsayısı $k = 0,80 \text{ W/mK}$, duvarın iç yüzey sıcaklığı $T_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$, dış yüzey sıcaklığı $T_2 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.

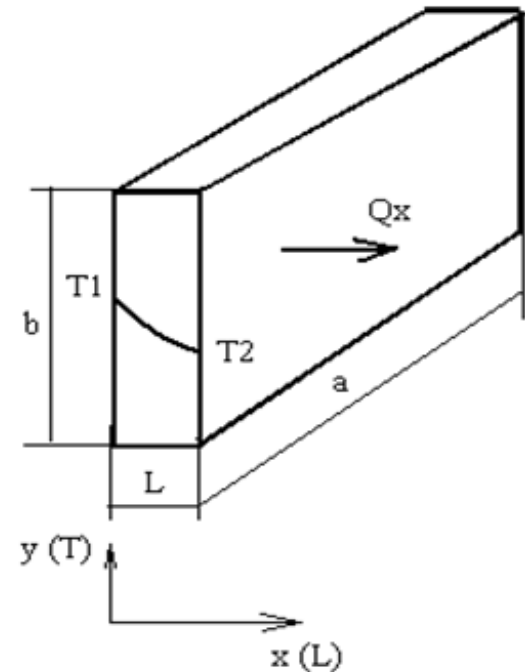
Veriler:

$$k = 0,8 \text{ W/mK}, T_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}, T_2 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}, a = 4 \text{ m}, b = 3 \text{ m}$$

Kabuller:

- Sabit rejim
- Bir boyutlu ısı iletimi
- Özellikler sabit
- Duvar içinde ısı üretimi yok



Isı Transferi

Çözüm:

a) Isı akısı

$$q = k \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$q = 0,8 [W/m^{\circ}C] \frac{(700 - 400) ^{\circ}C}{0,2 m}$$

$$q = 1200 W/m^2$$

b) Isı geçiş 1. yol

$$Q = q A$$

$$Q = 1200 [W/m^2] * (4 * 3) [m^2]$$

$$Q = 14.400 W$$

b) Isı geçişi 2. yol

$$Q = k A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$Q = 0,8 \frac{W}{mK} (4 m \times 3 m) \frac{(700 - 400) ^{\circ}C}{0,2 m}$$

$$Q = 14.400 W$$

Isı Transferi

Örnek Problem – Isı İletimi 3.2. 20 cm kalınlıkta bir duvarın iç ve dış yüzeyi 2 cm sıva ile kaplanmıştır. Isı iletim katsayıları tuğla için 0,872 W/mC, iç sıva için 0,688 W/mC, dış sıva için 0,872 W/mC'dir.

a) Duvarın toplam ısı iletim katsayısını hesaplayınız.

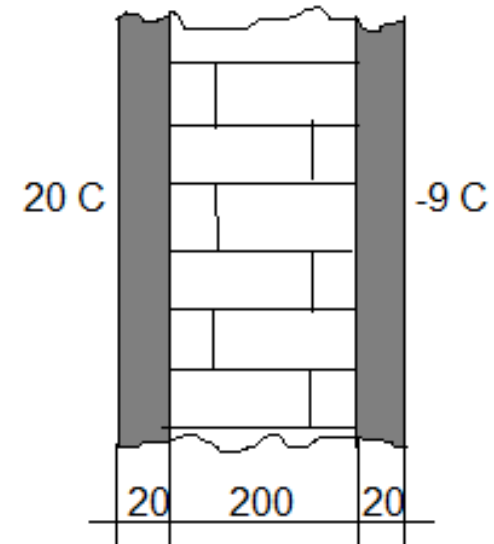
b) İç yüzey sıcaklığı 20 C, dış yüzey sıcaklığı – 9 C olduğuna göre ısı kaybını / ısı akısını bulunuz.

Veriler:

$$l_1 = 0,02 \text{ m} \quad k_1 = 0,698 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$l_2 = 0,2 \text{ m} \quad k_2 = 0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$l_3 = 0,02 \text{ m} \quad k_3 = 0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

$$K = \frac{1}{\frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} + \frac{l_3}{k_3}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{0,02 \text{ m}}{0,698 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,2 \text{ m}}{0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K = \frac{1}{0,029 + 0,229 + 0,023} = \frac{1}{0,281}$$

$$K = 3,56 \text{ W/m}^2\text{}^\circ\text{C}$$

Isı Transferi

b) Isı kaybı

$$q = K (T_1 - T_2)$$

$$q = 3,56 [W/m^2\text{°C}] (20 - (-09) [^{\circ}\text{C}])$$

$$\mathbf{q = 103,24 W/m^2}$$

Isı Transferi

Örnek Problem – Toplam Isı Transferi 3.3: Şekilde gösterilen birleşik düzlem duvara benzer bir salonun iç ortam sıcaklığı $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, dış sıcaklık $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. İç yüzey ile iç ortam arasında ısı taşınım katsayısı $h_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$, ve dış yüzey ile dış ortam arasında ısı taşınım katsayısı $h_d = 23\text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Diğer veriler aşağıdaki gibidir.

- a) Duvar toplam ısı geçiş katsayısını hesaplayınız.
- b) Duvar yüzey alanı 25 m^2 ise duvardan geçen ısı miktarını hesaplayınız.
- c) Duvarın toplam ısı direnç katsayısını hesaplayınız.

Isı Transferi

Veriler:

$$T_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_d = -6\text{ }^{\circ}\text{C}$$

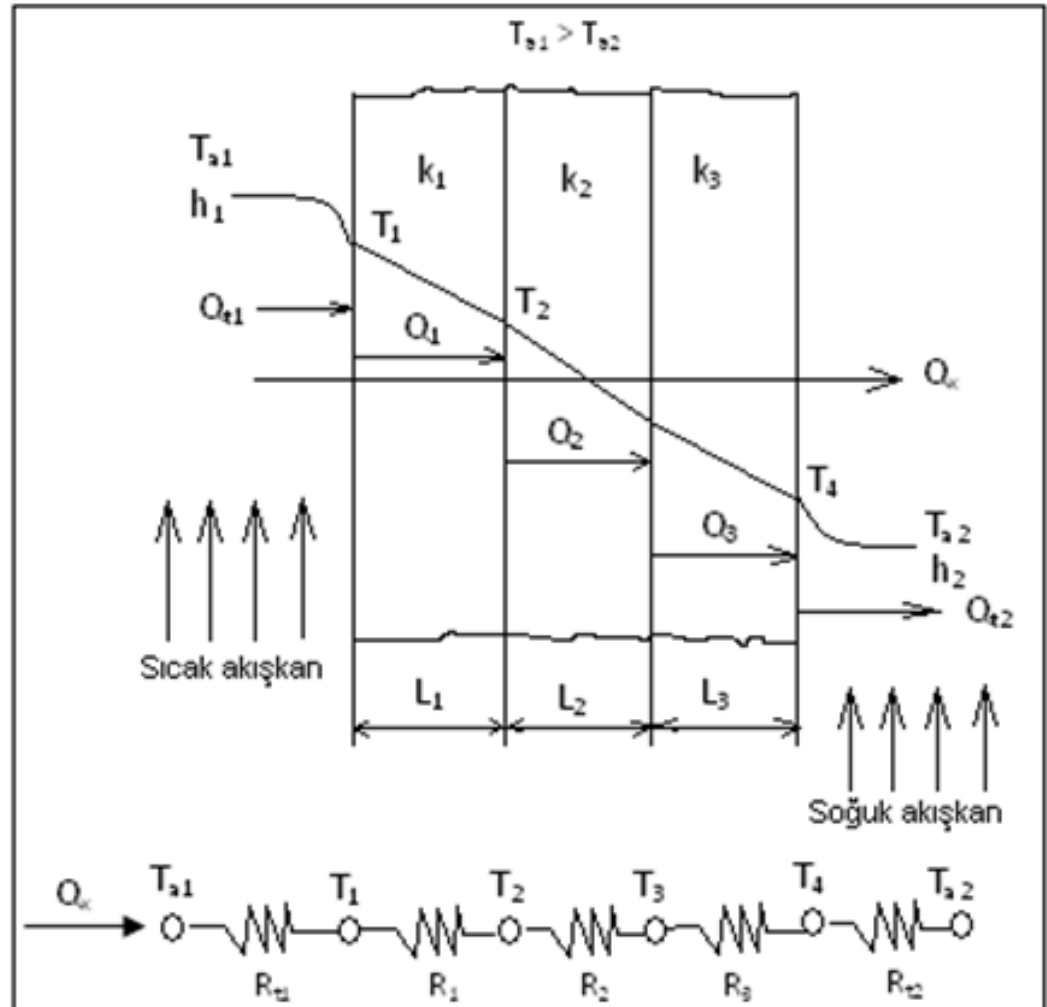
$$h_i = 8\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$h_d = 23\text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 25\text{ m}^2$$

$$k_1 = 0,87\text{ W/mK}$$

$$k_2 = 0,52\text{ W/mK}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Toplam ısı geçiş katsayısı

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_d} \rightarrow \frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{0,03}{0,87} + \frac{0,19}{0,52} + \frac{0,04}{0,87} + \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{K} = 0,615 \rightarrow K = 1,627 \text{ W/m}^2\text{K}$$

b) Duvardan geçen ısı miktarı:

$$Q = K A (T_i - T_d)$$

$$Q = 1,627 \text{ [W/m}^2\text{K]} 25 \text{ [m}^2\text{]} (20 - (-6)) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\rightarrow Q = 1057,5 \text{ W}$$

Isı Transferi

c) Isıl direnç katsayısı:

$$R_{top} = \frac{1}{KA} \rightarrow R_{top} = \frac{1}{1,627 \left[\frac{W}{m^2 K} \right] 25 [m^2]}$$

$$\rightarrow R_{top} = 0,0246 K/W$$

Isı geçiş yüzey alanından bağımsız toplam ısı direnç aşağıdaki gibi bulunur.

$$R_{top} = \frac{1}{K} \rightarrow R_{top} = \frac{1}{1,627 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]}$$

$$\rightarrow R_{top} = 0,615 m^2 K/W$$



Isı Transferi

Örnek Problem – Isı İletimi 3.4. 10 m uzunluktaki bir borunun iç yarıçapı 100 mm, dış yarıçapı 200 mm'dir. Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı 20 W/m C, iç yüzey sıcaklığı 120 C, dış sıcaklık 20 C olduğuna göre;

- a) Borunun birim uzunluğundan kaybedilen ısı miktarını,
- b) Borudan kaybedilen toplam ısı miktarını hesaplayınız.

Veriler:

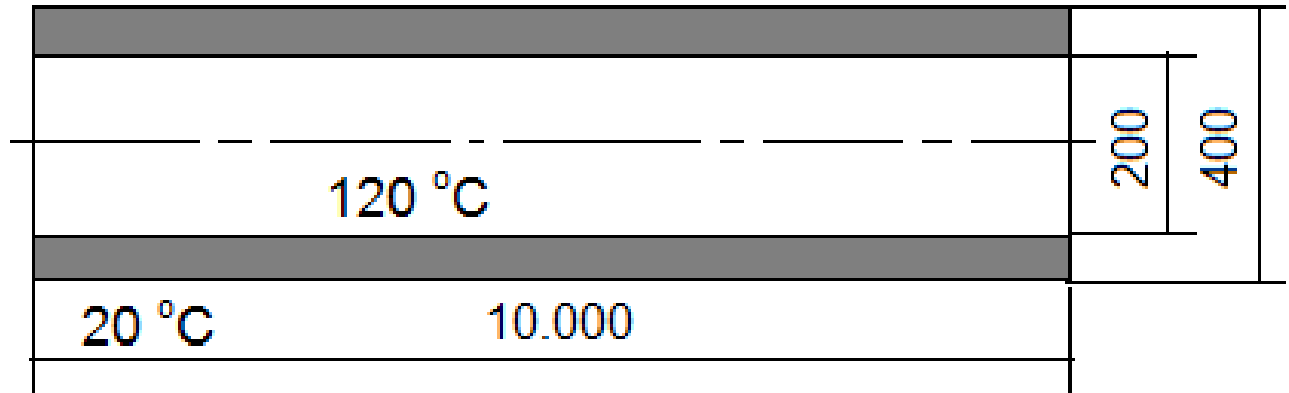
$$T_1 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$r_1 = 100 \text{ mm}$$

$$r_2 = 200 \text{ mm}$$

$$k = 1 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Isı akısı

$$q = \frac{2 \pi k}{\ln(r_2/r_1)} (T_1 - T_2)$$

$$q = \frac{2 \pi * 20 [W/m^{\circ}C]}{\ln(200 \text{ mm}/100\text{mm})} (120 - 20) ^{\circ}C$$

$$q = 18.120,25 \text{ W/m}$$

b) Isı geçişi

$$Q = \frac{k}{r_2 - r_1} A (T_1 - T_2)$$

$$A = \frac{A_2 - A_1}{\ln(A_2/A_1)}$$



Isı Transferi

$$A = \frac{2 \pi L (r_2 - r_1)}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$Q = \frac{2 \pi k L}{\ln(r_2/r_1)} (T_1 - T_2)$$

$$Q = \frac{2 \pi * 10 [m] * 20 [W/m^{\circ}C]}{\ln(200mm/100mm)} (120 - 20) [^{\circ}C]$$

$$Q = 181.202,5 \text{ W}$$

2. Yol (q bilindiğinde)

$$Q = q * L$$

$$Q = 18.120,25 [W/m] * 10 [m]$$

$$Q = 181.202.5 \text{ W}$$



Isı Transferi

Örnek Problem – Isı iletimi 3.5. İç yarıçapı 100 mm, dış yarıçapı 200 mm olan 2 m uzunluktaki çelik boru 2 cm kalınlıkta cam yünü ile yalıtılmıştır. Borunun ısı iletim katsayısı 25 W/mC, cam yününün ısı iletim katsayısı 0,04 W/mC'dir. Borunun iç sıcaklığı 120 C, dış ortam sıcaklığı 20 C'dir.

- Yalıtılmamış borunun toplam ısı transfer katsayısını ve ısı kaybını,
- Yalıtılmış borunun toplam ısı transfer katsayısını ve ısı kaybını bulunuz.

Veriler:

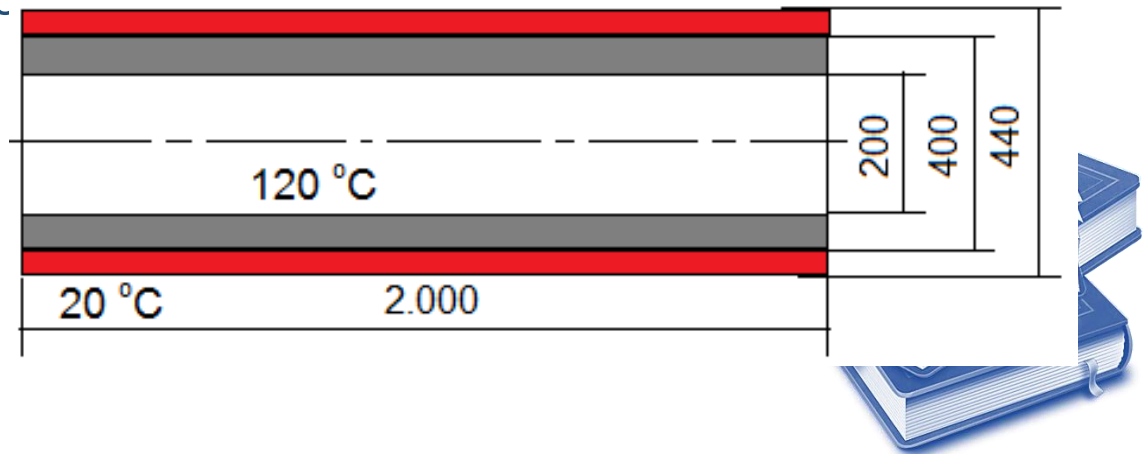
$$T_1 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}, T_2 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$r_1 = 100 \text{ mm},$$

$$r_2 = 200 \text{ mm}$$

$$k_1 = 25 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$k_2 = 0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_1}}$$

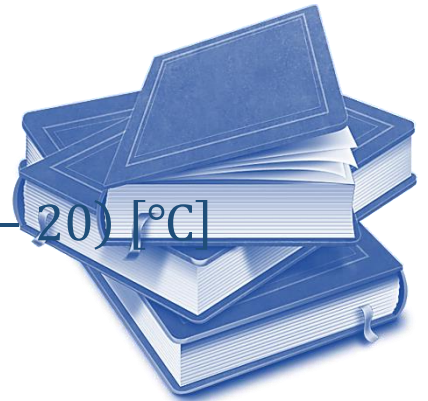
$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(200\text{mm}/100\text{mm})}{25\text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K_1 = 226,5\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

Isı kaybı

$$Q_1 = K_1 * L (T_1 - T_2) = 226,5 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ }^\circ\text{C} \right] * 2 [\text{m}] * (120 - 20) [^\circ\text{C}]$$

$$Q_1 = 45.300\text{ W}$$



Isı Transferi

b) Yalıtılmış borunun toplam ısı transfer katsayısı

$$K_2 = \frac{2 \pi}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_1} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_2}}$$

$$K_2 = \frac{2 \pi}{\frac{\ln(200\text{mm}/100\text{mm})}{25 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{\ln(220\text{mm}/200\text{mm})}{0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

$$K_2 = 2,605 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Yalıtılmış boruda ısı kaybı

$$Q_2 = K_2 L (T_1 - T_2)$$

$$Q_2 = 2,605 [\text{W/m}^2\text{°C}] 2 \text{ m} (120 - 20) \text{ °C}$$

$$Q_2 = 521 \text{ W}$$



Isı Transferi

- **Örnek Problem – Isı Taşınımı 3.6:** 20 °C sıcaklıktaki hava, 250 °C sıcaklıkta 0,5 m x 0,75 m boyutundaki bir levha üzerinden akmaktadır. Levha ile hava arasındaki ısı taşınım katsayısı $h = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğuna göre geçen ısı miktarını ve akısını hesaplayınız.

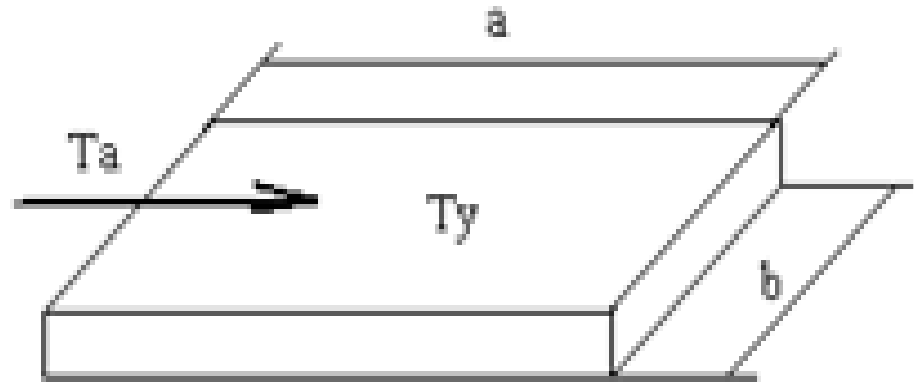
Veriler:

$$T_y = 250 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$T_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$h = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}},$$

$$A = a \times b = 0,5 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 0,375 \text{ m}^2$$



Isı Transferi

Çözüm:

Newton'un soğuma kanunu ile taşınım yoluyla ısı miktarı

$$Q = h A (T_y - T_a)$$

$$Q = 25 \frac{W}{m^2 K} \times (0,5 m \times 0,75 m) (250 - 20) ^\circ C$$

$$Q = 2156 W$$

Isı akısı

$$q = Q/A$$

$$q = \frac{2156 W}{0,5 \times 0,75 m^2} \rightarrow q = 5749 W/m^2$$



Isı Transferi

Örnek Problem - Boruda Isı Toplam Isı Transferi 3.7. İç çapı 60 mm ve dış çapı 75 mm olan çelik boru içerisinde 250 °C sıcaklıkta buhar geçmektedir. Boru içerisindeki ve dışındaki ısı taşınım katsayıları sırasıyla 500 W/m²K ve 25 W/m²K'dir. Dış ortam sıcaklığı 20 °C'dir. 5 m boruda ısı kaybını bulunuz.

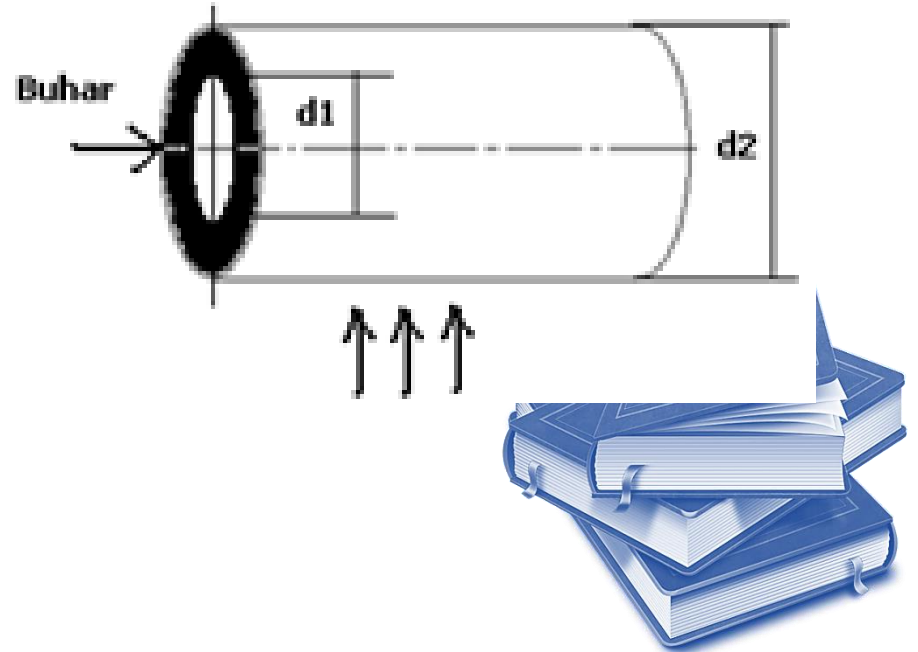
Veriler:

$$k = 56,5 \frac{W}{mK} (\text{çelik})$$

$$d_1 = 60 \text{ mm}, \quad d_2 = 75 \text{ mm}$$

$$T_{a1} = 250 \text{ °C}, T_{a2} = 20 \text{ °C}$$

$$h_1 = 500 \frac{W}{m^2K}, h_2 = 25 \text{ W/m}^2K$$



Isı Transferi

Çözüm:

$$Q = \frac{T_{a1} - T_{a2}}{R_{t1} + R_1 + R_{t2}} = \frac{2 \pi L (T_{a1} - T_{a2})}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right) + \frac{1}{r_2 h_2}}$$

$$Q = \frac{2 \pi 5 (250 - 20)}{\frac{1}{0,03 \times 500} + \frac{1}{56,5} \ln \left(\frac{75}{60} \right) + \frac{1}{0,0375 \times 25}}$$

$$Q = 6353,4 \text{ W}$$



Isı Transferi

Örnek Problem – Isı Işınımı 3.8. 600 K sıcaklıkta, yayma katsayısı 0,8 olan bir çelik levha, 27 °C sıcaklıkta ve yayma katsayısı 0,20 olan piringç bir levha ile paralel olarak yerleştirilmiştir. Çelik levha boyutları 2 m x 2 m, piringç levha boyutları ise 1 m x 1 m'dir. Çelik levhadan ışınlımla ısı akısını bulunuz.

Veriler:

$$T_1 = 600 \text{ K}$$

$$T_2 = 27 \text{ °C}$$

$$\varepsilon_1 = 0,8$$

$$\varepsilon_2 = 0,2$$

$$a_1 = 2 \text{ m}, b_1 = 2 \text{ m}$$

$$a_2 = 1 \text{ m}, b_2 = 1 \text{ m}$$



Isı Transferi

Çözüm:

$$q_{12} = \epsilon_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q_{12} = \epsilon_{12} C_s \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right)$$

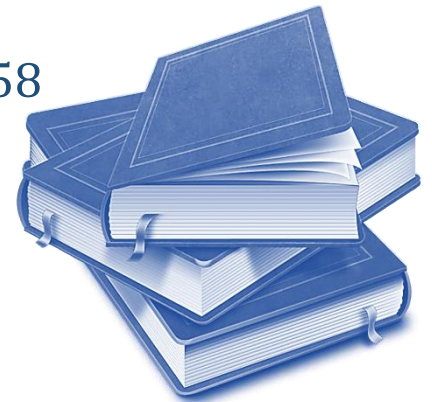
$$A_1 = 2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1 \text{ m} * 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2$$

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{4}{1} \left(\frac{1}{0,2} - 1 \right)} \rightarrow \epsilon_{12} = 0,058$$

$$q_{12} = 0,058 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \{ (600)^4 - (300)^4 \}$$

$$q_{12} = 452,84 \text{ W/m}^2$$



Isı Transferi

Örnek Problem - Toplam ısı transferi-Yalıtım 3.9. Şekilde yapı elemanları ve özellikleri verilen duvar; iç sıva, tuğla ve dış sıvadan oluşmuştur.

- Gerekli kabulleri yaparak duvarın ısı akısını ve 5 m²'sinden geçen ısı miktarını hesaplayınız.
- Isı geçişini %50 azaltmak için ısı iletim katsayısı 0,04 W/mK olan malzemeden iç sıva ile tuğla arasına hangi kalınlıkta yalıtım yapılmalıdır?
- Yalıtım halinde yüzey sıcaklıklarını bulunuz.

Veriler:

$$k_1 = 0,6 \text{ W/mK}, \quad k_2 = 0,8 \text{ W/mK}, \quad k_3 = 1,0 \text{ W/mK}$$

$$h_1 = 10 \text{ W/m}^2\text{K}, \quad h_2 = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$T_{a1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \quad T_{a2} = -5^\circ\text{C}$$

$$L_1 = 1,5 \text{ cm}, \quad L_2 = 20 \text{ cm}, \quad L_3 = 1,5 \text{ cm}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Duvardan geçen ısı miktarı

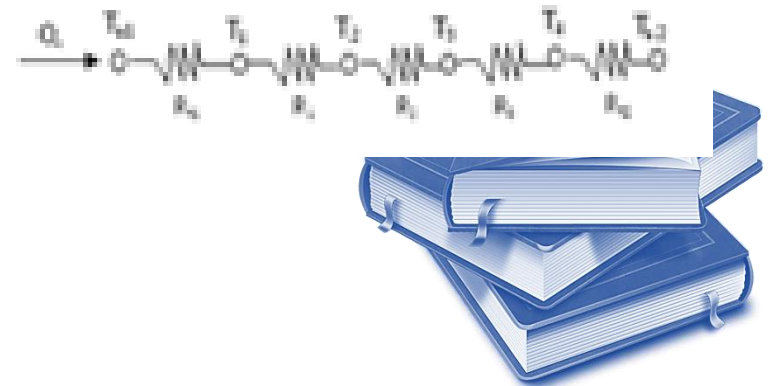
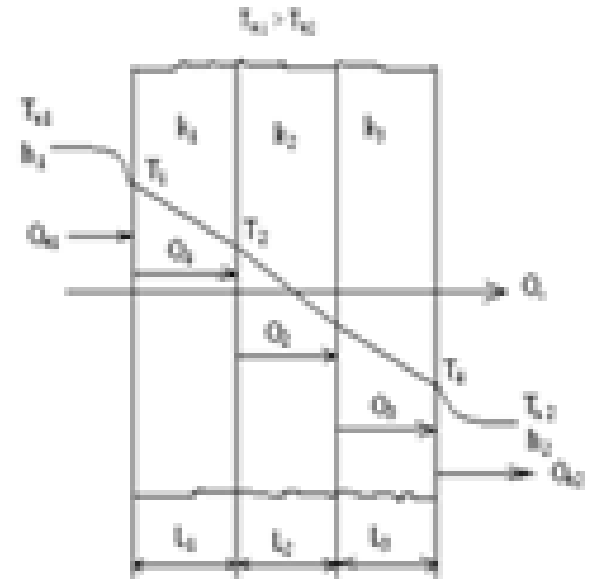
$$Q = K A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$\frac{1}{KA} = R_{t1} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{t2}$$

A = sabit olduğundan

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{10} + \frac{0,015}{0,6} + \frac{0,20}{0,8} + \frac{0,015}{1,0} + \frac{1}{25}$$



Isı Transferi

$$\frac{1}{K} = 0,43 \text{ m}_2 K/W$$

$$K = 2,33 \text{ W/m}^2 K$$

$$q = K (T_{a1} - T_{a2})$$

$$q = 2,33 (20 - (-5))$$

$$q = 58,25 \text{ W/m}^2$$

$$Q = q A = K A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$Q = 5 \times 58,25$$

$$Q = 291,25 \text{ W}$$



Isı Transferi

b) Isı geçişi %50 azaltılırsa;

$$Q' = (1 - 0,50)Q$$

$$Q' = (1 - 0,50) 291,25 \rightarrow Q' = 145,625 \text{ W}$$

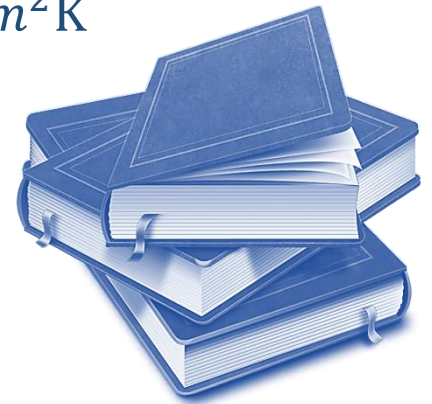
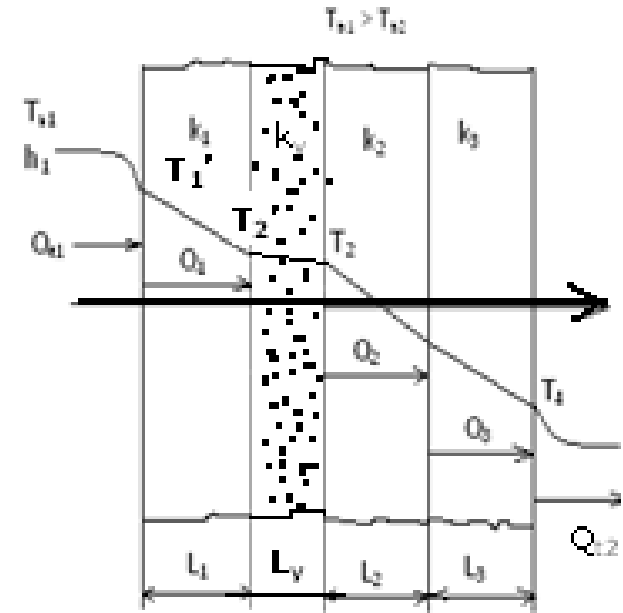
Yalıtımlı halde ısı geçişi

$$Q' = K' A (T_{a1} - T_{a2})$$

$$K' = \frac{Q'}{A (T_{a1} - T_{a2})} = \frac{141,625}{5 (20 - (-5))} \rightarrow K' = 1,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{K'} = \frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_y}{k_y} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}$$

$$\frac{L_y}{k_y} = \frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right)$$



Isı Transferi

$$L_y = k_y \left[\frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right) \right]$$

$$L_y = 0,04 \left[\frac{1}{1,17} - \left(\frac{1}{10} + \frac{0,015}{0,6} + \frac{0,20}{0,8} + \frac{0,15}{1,0} + \frac{1}{25} \right) \right]$$

$$L_y = 0,017 \text{ m} = 1,7 \text{ cm}$$

c) Yalıtımlı halde yüzey sıcaklıkları

$$Q' = h_1 A (T_1 - T_1')$$

$$T_1' = T_{a1} - \frac{Q'}{h_1 A}$$



Isı Transferi

$$T_1' = 20 - \frac{145,625}{5 \times 10}$$

$$T_1' = 17,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q' = \frac{T_{a1} - T_2'}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A}}$$

$$T_2' = T_{a1} - Q' \left(\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} \right)$$

$$T_2' = 20 - 145,6125 \left(\frac{1}{10 \times 5} + \frac{0,015}{0,6 \times 5} \right)$$

$$T_2' = 16,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$



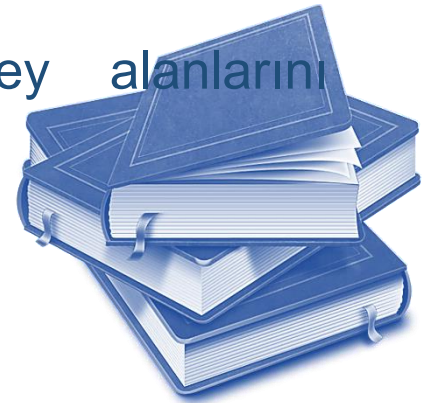
Isı Eşanjörleri

Örnek Problem – Isı Eşanjörü 3.10. Bir ısı eşanjöründe $16,0 \text{ m}^3/\text{h}$ debili akışkan (1), 99°C 'den 49°C 'a kadar soğuyarak, giriş sıcaklığı 14°C olan $18 \text{ m}^3/\text{h}$ suyu (2) ısıtmaktadır. Isı veren akışkanın yoğunluğu $900 \text{ kg}/\text{m}^3$ ve özgül ısı $3,500 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 'dir. Suyun yoğunluğu $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, özgül ısı $4,186 \text{ kJ}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 'dir. Toplam ısı geçiş katsayısı $K = 1163 \text{ W}/\text{m}^2^\circ\text{C}$ olduğuna göre,

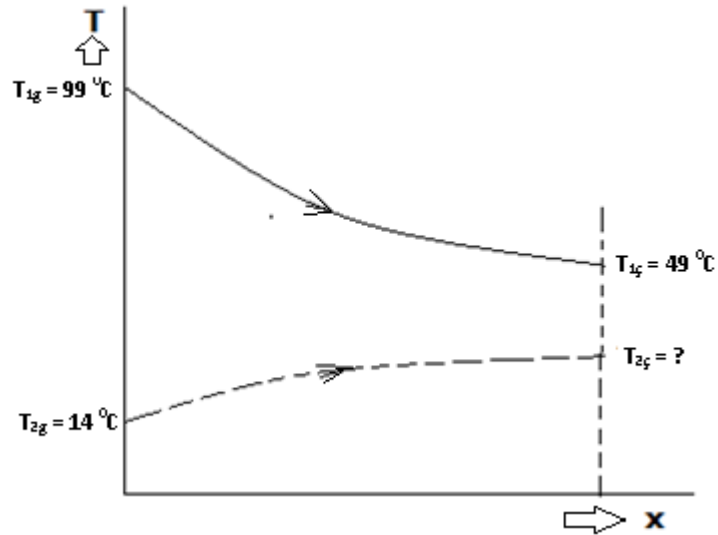
a) Aynı yönlü paralel akış

b) Zıt yönlü paralel akış

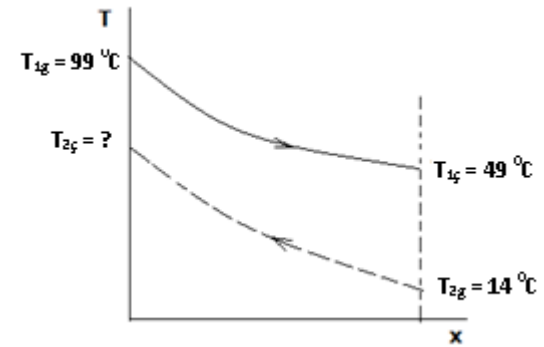
durumlarında ısı eşanjörünün ısı transfer yüzey alanlarını hesaplayınız.



Isı Eşanjörleri



Aynı yönlü paralel akış



Zıt yönlü paralel akış



Isı Eşanjörleri

Çözüm:

Aynı yönlü paralel akış durumu

Akışkanların kütleleri/kütleli debileri

$$m_1 = \rho_1 V_1 = 900 \frac{kg}{m^3} 16,0 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_1 = 4 kg/s$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} 18 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_2 = 5 kg/s$$

Sıcak akışkan tarafından verilen ısı

$$Q_1 = m_1 C_{p1} (T_{1g} - T_{1ç}) = 4 * 3,500 (99 - 49)$$

$$\rightarrow Q_1 = 700 \frac{kJ}{s} = 700 kW$$



Isı Eşanjörleri

Suyun aldığı ısı

$$Q_2 = m_2 C_{p2} (T_{2ç} - T_{2g}) \text{ olup,}$$

$$T_{2ç} = T_{2g} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}} \text{ ve } Q_2 = Q_1 \text{ (adyabatik durum için)}$$

$$T_{2ç} = 14 + \frac{700}{5 \cdot 4,186} \rightarrow T_{2ç} = 47,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Isı Eşanjörleri

Isıtma yüzey alanı

$$Q = K A \Delta T_m \rightarrow A = \frac{Q}{K \Delta T_m}$$

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2g} = 99 - 14 = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_\zeta = T_{1\zeta} - T_{2\zeta} = 49 - 47,4 = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\zeta}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_\zeta}} = \frac{85 - 1,6}{\ln \frac{85}{1,6}} \rightarrow \Delta T_m = 21,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{700}{1,163 \cdot 23,6} \rightarrow A = 28,7 \text{ m}^2$$



Isı Eşanjörleri

Zıt yönlü paralel akış hali

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2ç} = 99 - 47,4 = 51,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_ç = T_{1ç} - T_{1g} = 49 - 14 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_ç}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_ç}} = \frac{51,6 - 35}{\ln \frac{51,6}{35}} \rightarrow \Delta T_m = 42,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{K \Delta T_m} = \frac{700}{1,163 \cdot 42,8} \rightarrow A = 14,1 \text{ m}^2$$

Sonuç: Aynı koşullarda zıt yönlü akışın olduğu eşanjörlerin ısıtma yüzey alanı daha küçüktür.



Isı Eşanjörleri

Örnek Problem – Isı Eşanjörü 3.11. Aynı yönlü paralel akışlı bir ısı değiştiricisinde soğuyan akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları 90°C ve 70°C , soğutan akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları 20°C ve 50°C 'dir. Her iki akışkanın özgül ısıları $1 \text{ kCal/kg}^{\circ}\text{C}$ olup, ısı değiştiricide saatte 120 kg soğuyan akışkan dolaşmaktadır.

- a) Soğutan akışkan miktarını hesaplayınız.
- b) Isı değiştiricisinin yüzey alanı $0,62 \text{ m}^2$ olduğuna göre toplam ısı transfer katsayısı ne kadardır?
- c) Sıcaklık değişim grafiğini çiziniz.



Isı Eşanjörleri

Çözüm:

Soğutan akışkanı miktarı

Soğuyan akışkanın verdiği ısı miktarı

$$Q_1 = m_1 C_{p1} (t_{1g} - t_{1ç})$$

$$Q_1 = 120 \frac{kg}{h} 1 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C} (90 - 70) ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 2400 \text{ kCal/h}$$



Isı Eşanjörleri

Soğutan akışkanın aldığı ısı miktarı

$$Q_2 = m_2 C_{p2} (t_{2ç} - t_{2g})$$

Olup, alınan ve verilen ısı miktarı birbirine eşittir.

$$Q_2 = Q_1$$

Buradan, 2 nolu akışkanın kütlesi

$$m_2 = \frac{Q_1}{C_2 (t_{2ç} - t_{2g})} = \frac{2400 \text{ kCal/h}}{1 \text{ kCal/kg}^\circ\text{C} (50 - 20)^\circ\text{C}} \text{ ise; } m_2 = 80 \text{ kg/h}$$



Isı Eşanjörleri

Isı transfer katsayısı

Transfer edilen ısı miktarı

$$Q = K A \Delta t_m$$

Eşitliği ile ifade edilirse, toplam ısı transfer katsayısı

$$K = \frac{Q}{A \Delta t_m}$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_g - \Delta t_{\zeta}}{\ln(\Delta t_g / \Delta t_{\zeta})}$$

$$\Delta t_g = t_{1g} - t_{2g} = 90 - 20 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\zeta} = t_{1\zeta} - t_{2\zeta} = 70 - 50 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = \frac{70 - 20}{\ln(70/20)} = 39,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$K = \frac{2400 \text{ kCal/h}}{0,62 \text{ m}^2 39,9 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 97 \text{ kCal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$$

c) Grafik



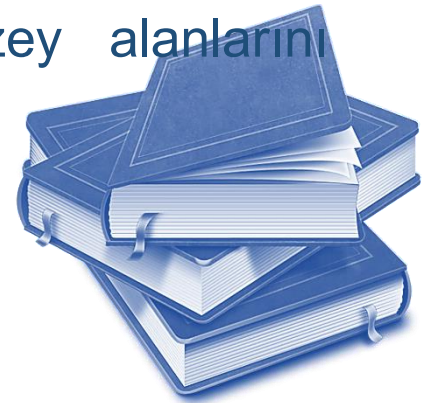
Isı Eşanjörleri

Örnek Problem – Isı Eşanjörü 3.12. Bir ısı eşanjöründe saatte 2,5 m³ akışkan, 120 °C'den 40 °C'a soğuyarak, giriş sıcaklığı 10 °C olan saatte 10 m³ suyu ısıtmaktadır. Isı veren akışkanın yoğunluğu 1100 kg/m³ ve özgül ısı 3,044 kJ/kg°C'dir. Suyun yoğunluğu 1000 kg/m³, özgül ısı 4,187 kJ/kg°C'dir. Toplam ısı geçiş katsayısı K=1,163 kW/m² °C olduğuna göre,

a) Aynı yönlü paralel akış

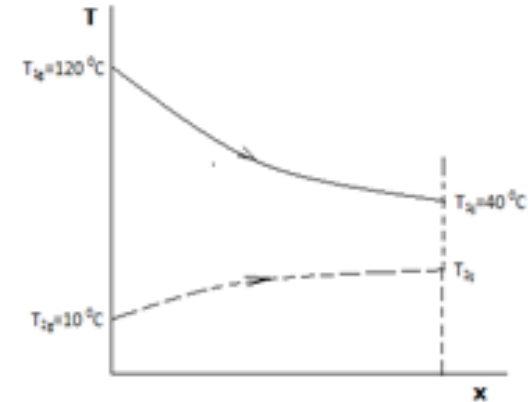
b) Zıt yönlü paralel akış

durumlarında ısı eşanjörünün ısı transfer yüzey alanlarını hesaplayınız.

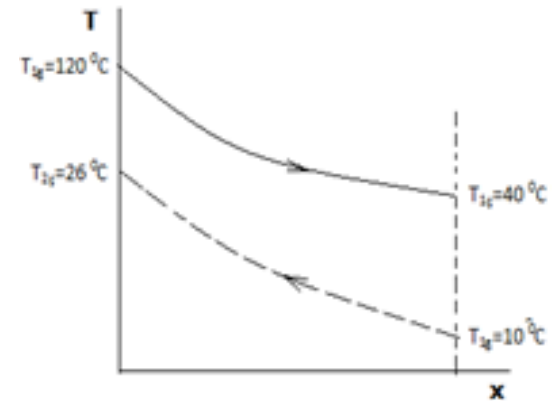


Isı Eşanjörleri

Veriler:



Aynı yönlü paralel akış



Zıt yönlü paralel akış

Isı Eşanjörleri

Çözüm:

a) Aynı yönlü paralel akış durumu

Akışkanların kütleleri/kütlelesel debileri

$$m_1 = \rho_1 V_1 = 1100 \frac{kg}{m^3} 2,5 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_1 = 0,764 kg/s$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} 10 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_2 = 2,78 kg/s$$

Sıcak akışkan tarafından verilen ısı

$$Q_1 = m_1 C_{p1} (T_{1g} - T_{1ç}) = 0,764 * 3,044 (120 - 40) \rightarrow$$

$$Q_1 = 186 kW$$



Isı Eşanjörleri

Suyun aldığı ısı

$$Q_2 = m_2 C_{p2} (T_{2ç} - T_{2g}) \text{ olup,}$$

$$T_{2ç} = T_{2g} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}} \text{ ve } Q_2 = Q_1 \text{ (adyabatik durum için)}$$

$$T_{2ç} = 10 + \frac{186}{2,78 \cdot 4,187} \rightarrow T_{2ç} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Isı Eşanjörleri

Isıtma yüzey alanı

$$Q = K A \Delta T_m \rightarrow A = \frac{Q}{K \Delta T_m}$$

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2g} = 120 - 10 = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_\zeta = T_{1\zeta} - T_{2\zeta} = 40 - 26 = 14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_\zeta}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_\zeta}} = \frac{110 - 14}{\ln \frac{110}{14}} \rightarrow \Delta T_m = 46,57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{186}{1,163 * 46,57} \rightarrow$$

$$A = 3,43 \text{ m}^2$$



Isı Eşanjörleri

b) Zıt yönlü paralel akış hali

$$\Delta T_g = T_{1g} - T_{2ç} = 120 - 26 = 94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_ç = T_{1ç} - T_{1g} = 40 - 10 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_g - \Delta T_ç}{\ln \frac{\Delta T_g}{\Delta T_ç}} = \frac{94 - 30}{\ln \frac{94}{30}} \rightarrow \Delta T_m = 56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{K \Delta T_m} = \frac{186}{1,163 * 56} \rightarrow$$

$$A = 2,85 \text{ m}^2$$

Sonuç: Aynı koşullarda zıt yönlü akışın olduğu eşanjörlerin ısıtma yüzey alanı daha küçüktür



