



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.

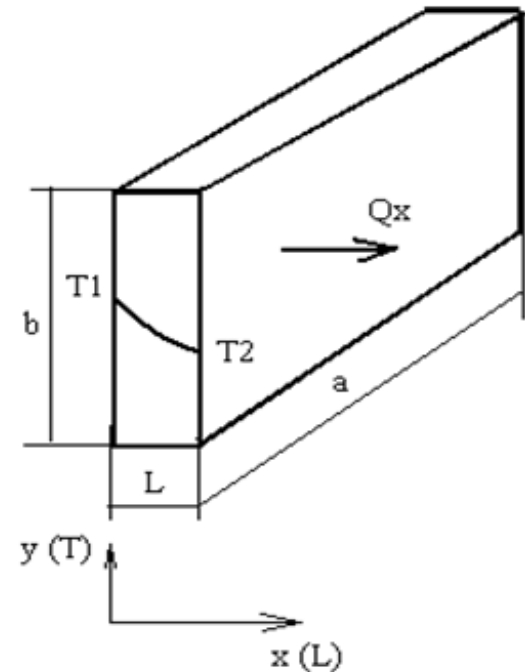
Veriler:

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

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

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 akısını / ısı kaybını bulunuz.

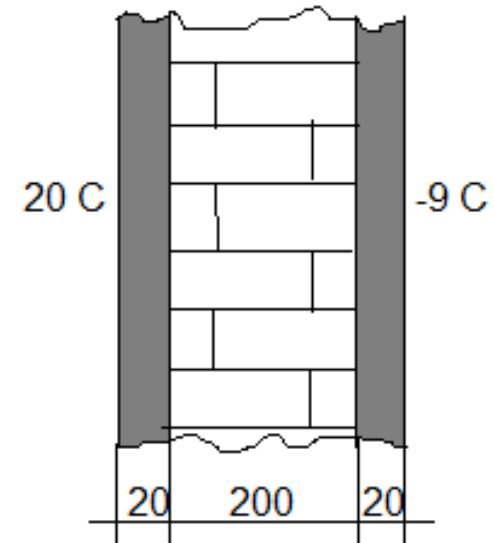
Veriler:

$$l_1 = 0,02 \text{ m} \quad k_1 = 0,688 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

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

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

$$T_i = 20^\circ\text{C}, T_d = -9^\circ\text{C}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

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

$$K = \frac{1}{\frac{0,02 \text{ m}}{0,688 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,2 \text{ m}}{0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}} + \frac{0,02 \text{ m}}{0,872 \text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

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

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

Isı Transferi

b) Isı kaybı

$$q = K (T_i - T_d)$$

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

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

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:

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

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

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

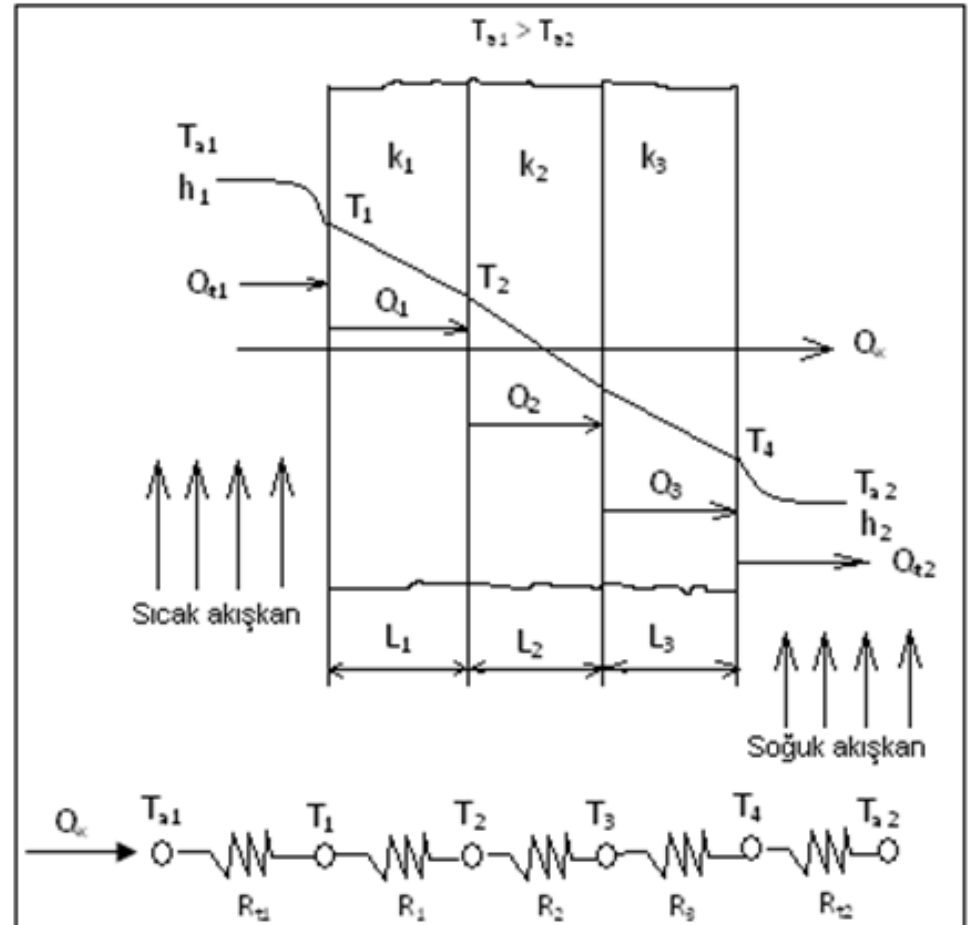
$$h_d = 23\text{ W/m}^2\text{K}$$

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

$$k_1 = 0,87\text{ W/mK}, L_1 = 3\text{ cm}$$

$$k_2 = 0,52\text{ W/mK}, L_2 = 19\text{ cm}$$

$$k_3 = 0,87\text{ W/mK}, L_3 = 4\text{ cm}$$



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:

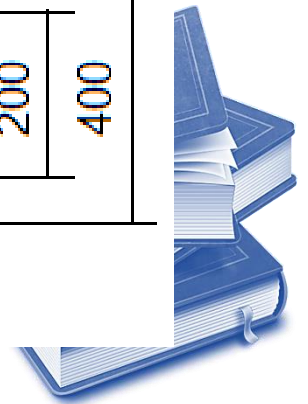
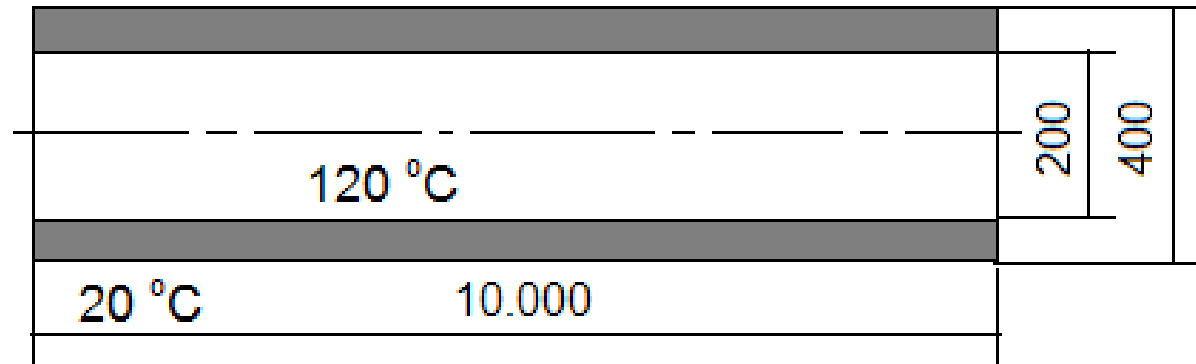
$$T_1 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

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

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

$$k = 20 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$



Isı Transferi

Çözüm:

a) Isı akısı (Tek katlı silindirik cidar)

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

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

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

Isı akısı ile ilgili eşitlik $q = \frac{2\pi k (T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)}$ şeklinde de yazılabilir. Ancak ısıl direnci tanımlama ve çok katlı cidarlarda toplam ısı iletim katsayısını hesaplama kolaylığı bakımından ilk denklem daha uygun bir yazım şeklidir. Ayrıca, r_1 ve r_2 yerine d_1 ve d_2 de kullanılabilir.



Isı Transferi

b) Isı geçişi

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

Isıl direnci tanımlama kolaylığı için bu eşitlik

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

$$Q = 181.202,5 W$$

2. Yol (q bilindiğinde)

$$Q = q * L$$

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

$$Q = 181.202.5 W$$



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:

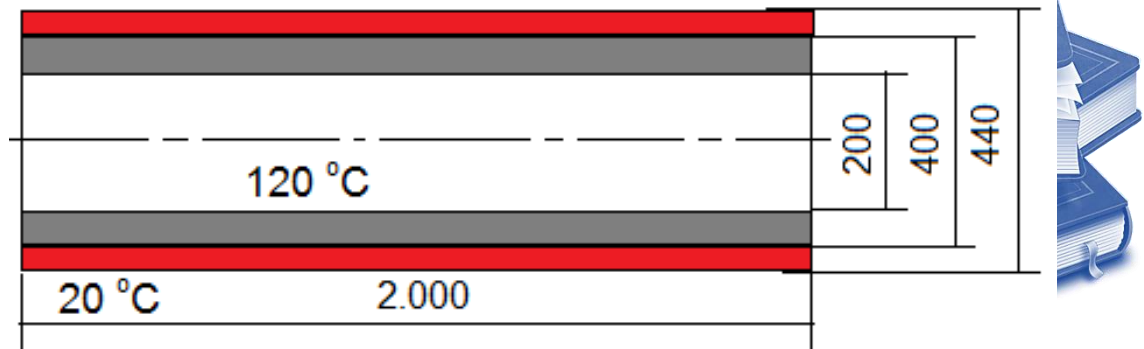
$$T_1 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}, T_2 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

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

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

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



Isı Transferi

Çözüm:

a) Toplam ısı transfer katsayısı

$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k_1}} = \frac{1}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1}}$$

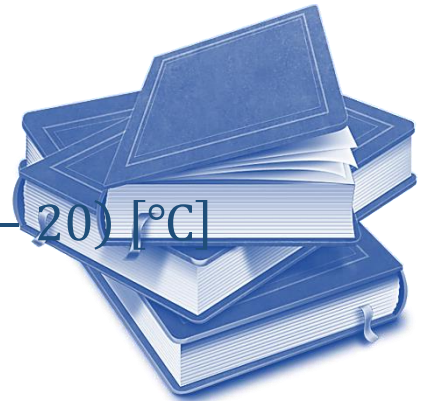
$$K_1 = \frac{2\pi}{\frac{\ln(200\text{mm}/100\text{mm})}{25\text{ W/m}^\circ\text{C}}}$$

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

Isı kaybı

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

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



Isı Transferi

b) Yalıtılmış borunun toplam ısı transfer katsayısı

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

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

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

Yalıtılmış boruda ısı kaybı

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

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

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



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.

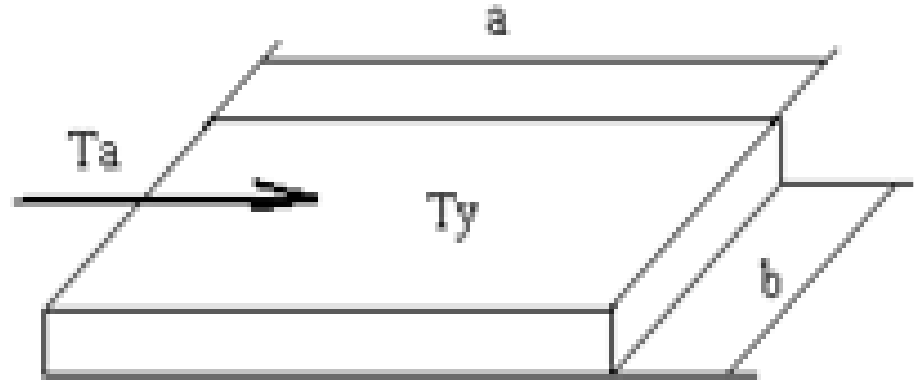
Veriler:

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

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

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

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



Isı Transferi

Çözüm:

Newton'un soğuma kanunu ile taşınım yoluyla ısı miktarı

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

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

$$Q = 2156 \text{ W}$$

Isı akısı

$$q = Q/A$$

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



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.

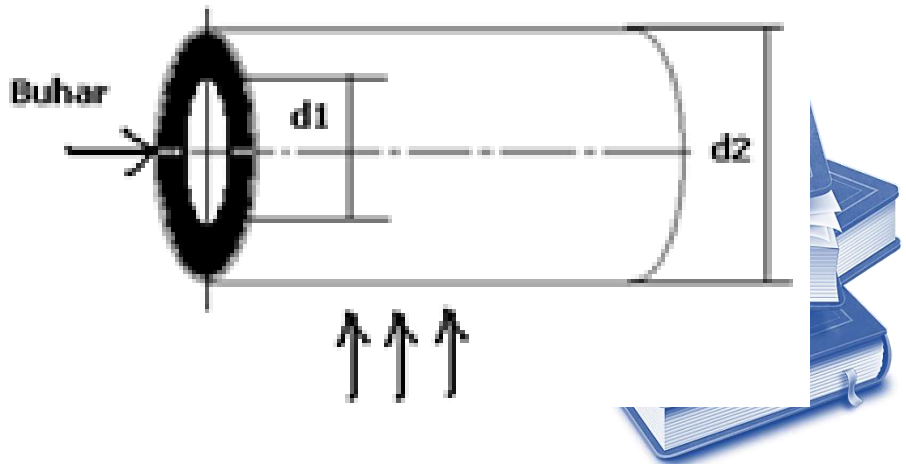
Veriler:

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

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

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

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



Isı Transferi

Çözüm:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k} \ln(d_2/d_1) + \frac{1}{r_2 h_2}}$$

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

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

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

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



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 ışınlama ısı akısını bulunuz.

Veriler:

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

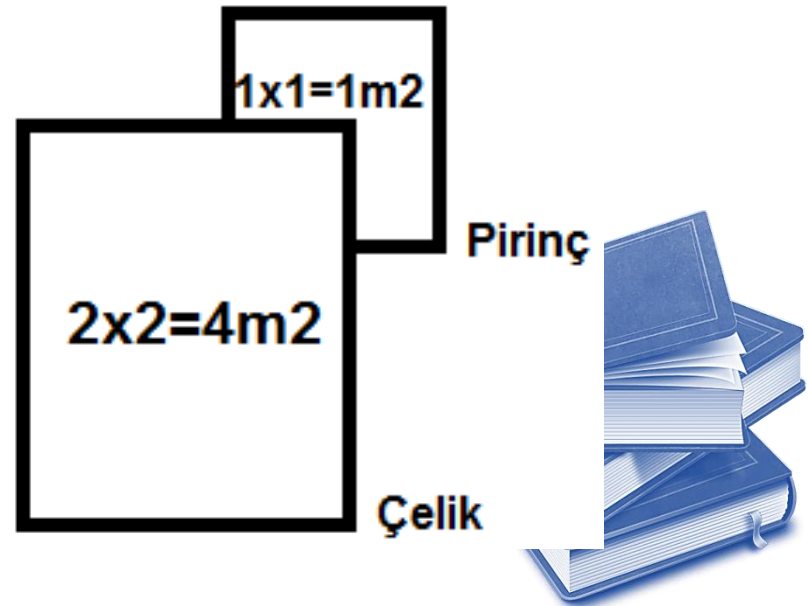
$$T_2 = 27 \text{ °C}$$

$$\varepsilon_1 = 0,8$$

$$\varepsilon_2 = 0,2$$

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

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



Isı Transferi

Çözüm:

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

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

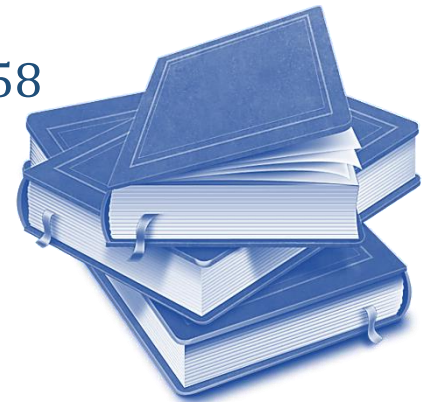
$$A_1 = 2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$$

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

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

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

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



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 malzemedен 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

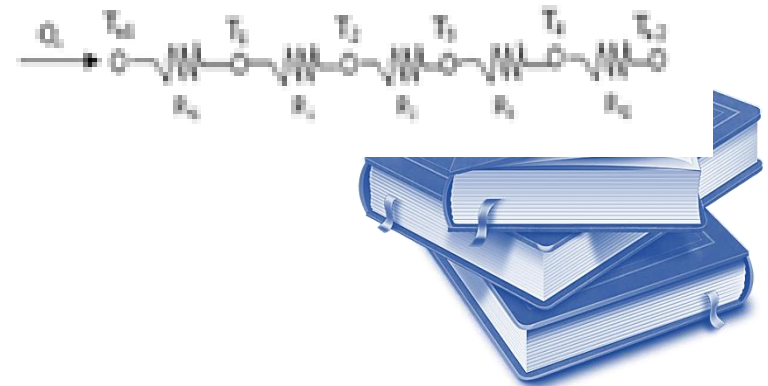
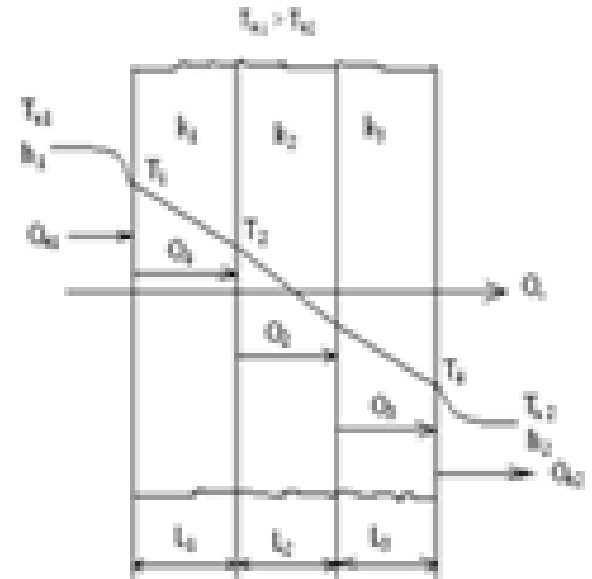
$$Q = K A (T_{a1} - T_{a2})$$

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

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;

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

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

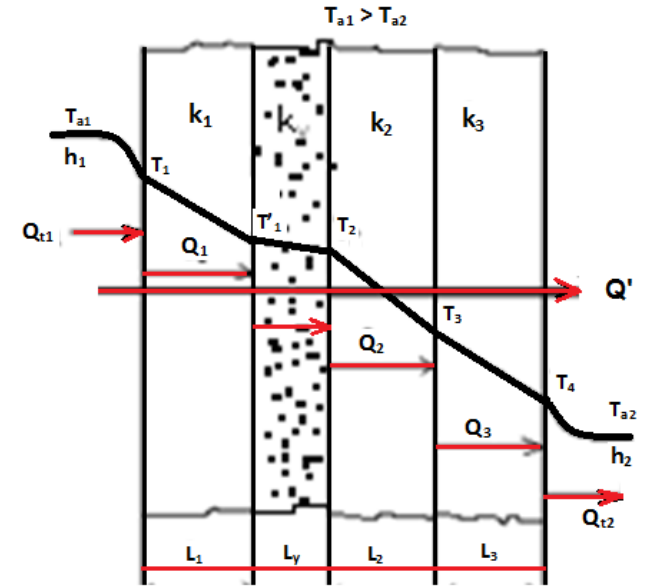
Yalıtımlı halde ısı geçişi

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

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

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

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



Isı Transferi

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

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

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



Isı Transferi

c) Yalıtımlı halde yüzey sıcaklıkları

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

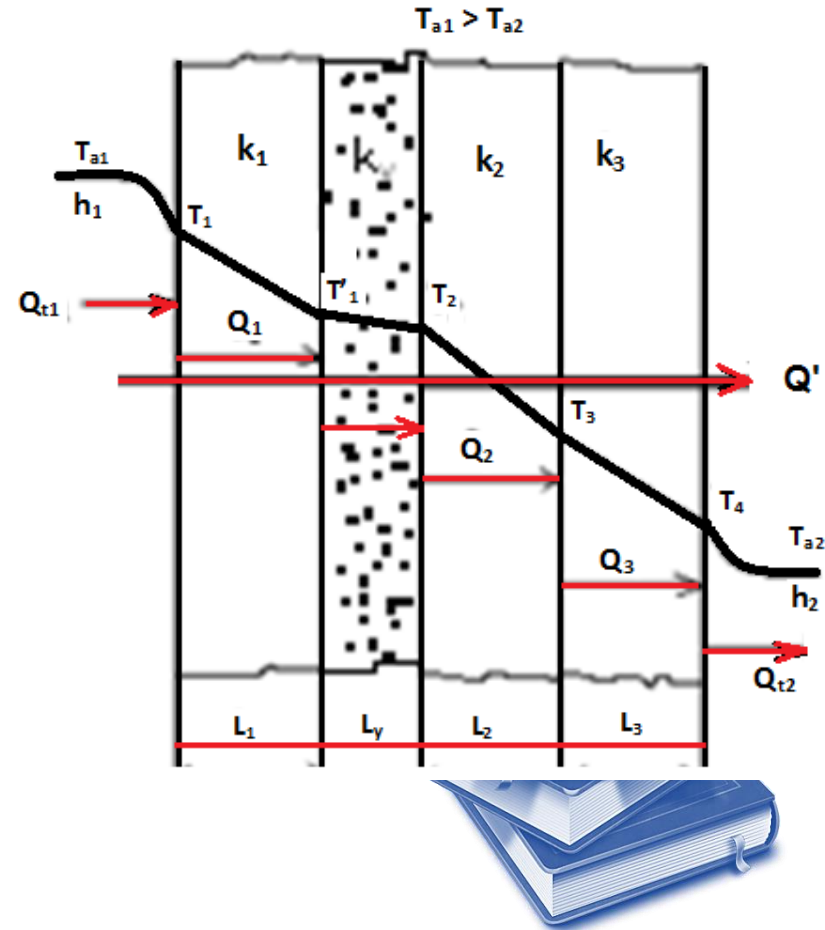
$$Q' = \frac{k_1}{L_1} A (T_1 - T'_1) \Rightarrow T'_1 = T_1 - \frac{Q' L_1}{k_1 A}$$

$$Q' = \frac{k_y}{L_y} A (T'_1 - T_2) \Rightarrow T_2 = T'_1 - \frac{Q' L_y}{k_y A}$$

$$Q' = \frac{k_2}{L_2} A (T_2 - T_3) \Rightarrow T_3 = T_2 - \frac{Q' L_2}{k_2 A}$$

$$Q' = \frac{k_3}{L_3} A (T_3 - T_4) \Rightarrow T_4 = T_3 - \frac{Q' L_3}{k_3 A}$$

$$Q' = h_2 A (T_4 - T_{a2}) \Rightarrow T_{a2} = T_4 - \frac{Q'}{h_2 A}$$



Isı Transferi

$$T_1 = T_{a1} - \frac{Q'}{h_1 A} = 20 - \frac{145,625}{10 * 5} = 20 - 2,91 \rightarrow T_1 = 17,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T'_1 = T_1 - \frac{Q' L_1}{k_1 A} = 17,09 - \frac{145,625 * 0,015}{0,6 * 10} \rightarrow T'_1 = 16,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T'_{1} - \frac{Q' L_y}{k_y A} = 16,36 - \frac{145,625 * 0,017}{0,04 * 5} \rightarrow T_2 = 3,98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - \frac{Q' L_2}{k_2 A} = 3,98 - \frac{145,625 * 0,2}{0,8 * 5} \rightarrow T_2 = -3,30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_4 - \frac{Q' L_3}{k_3 A} = -3,30 - \frac{145,625 * 0,015}{1,0 * 5} \rightarrow T_2 = -3,74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{a2} = T_4 - \frac{Q'}{h_2 A} = -3,74 - \frac{145,625}{25 * 5} = \rightarrow T_1 = -4,91 \text{ } ^\circ\text{C (?) } 5 \text{ } ^\circ\text{C olmalı}$$



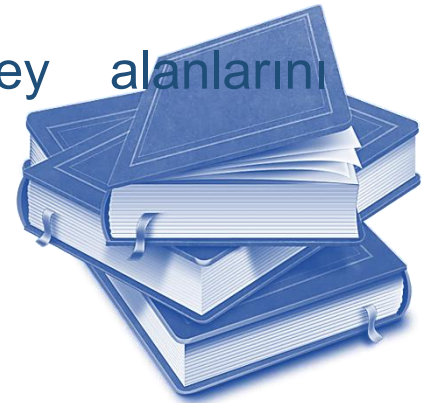
Isı Eşanjörleri

Örnek Problem – Isı Eşanjörü 3.10. Bir ısı eşanjöründe $16 \text{ m}^3/\text{h}$ 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

Veriler:

$$Q_1 = 16 \text{ m}^3/h$$

$$T_{1g} = 99 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{1\phi} = 49 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{2g} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 18 \text{ m}^3/h$$

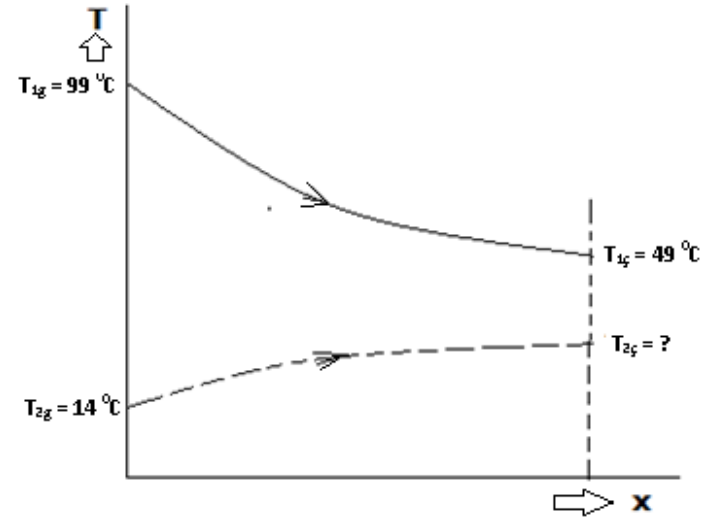
$$\rho_1 = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

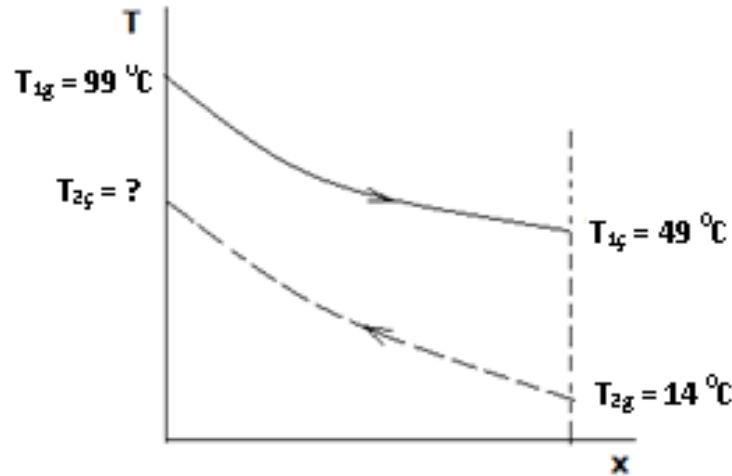
$$C_{p1} = 3,500 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p2} = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

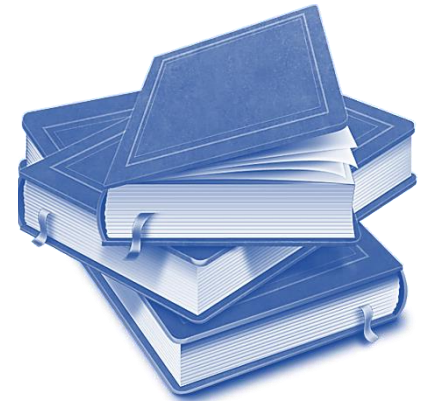
$$K = 1163 \text{ W/m}^2^\circ\text{C}$$



Aynı yönlü paralel akış



Zıt yönlü paralel akış



Isı Eşanjörleri

Çözüm:

a) Aynı yönlü paralel akış durumu

Akışkanların kütleleri/kütlelesel debileri

$$m_1 = \rho_1 Q_1 = 900 \frac{kg}{m^3} 16 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_1 = 4 kg/s$$

$$m_2 = \rho_2 Q_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} 18 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_2 = 5 kg/s$$

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

b) 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

Veriler:

$$T_{1g} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{1ç} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{2g} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{2ç} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p1} = c_{p2} = 1\text{ kCal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$m_1 = 120\text{ kg/h}$$

$$A = 0,62\text{ m}^2$$



Isı Eşanjörleri

Çözüm:

a) 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 kütleli debisi

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



Isı Eşanjörleri

b) Isı transfer katsayısı

Transfer edilen ısı miktarı

$$Q = K A \Delta t_m$$

Eşitliği ile ifade edilirse, toplam ısı transfer katsayısı

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

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

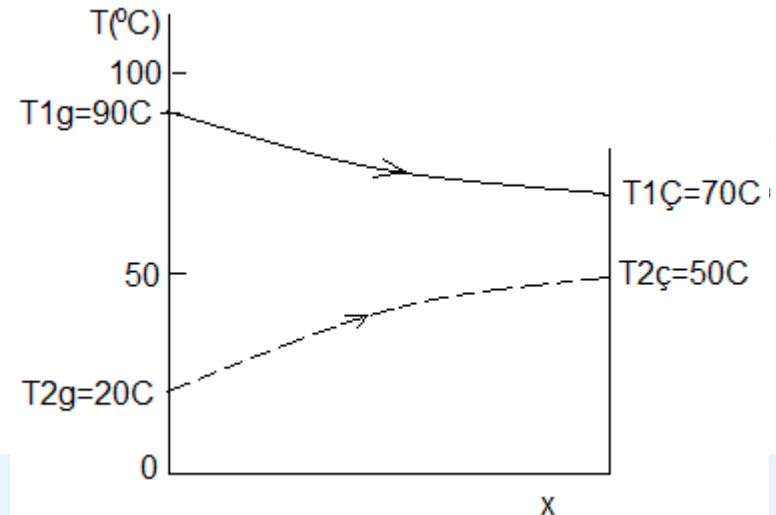
$$\Delta t_g = t_{1g} - t_{2g} = 90 - 20 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

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

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

c) Grafik



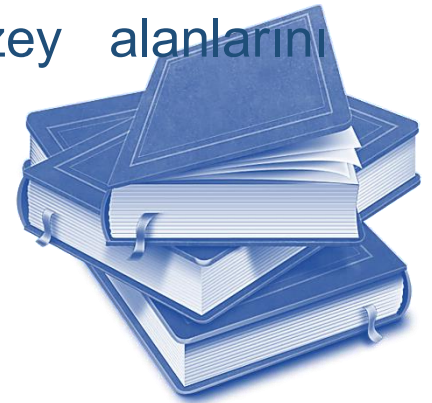
Isı Eşanjörleri

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 10 m³ suyu 1 saatte 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 $K=1,163 \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ olduğuna göre,

a) Aynı yönlü paralel akış

b) Zıt yönlü paralel akış

durumlarında ısı eşanjörünün ısı transfer yüzey alanlarını hesaplayınız.



Isı Eşanjörleri

Veriler:

$$Q_1 = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_2 = 10 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{1g} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{1ç} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

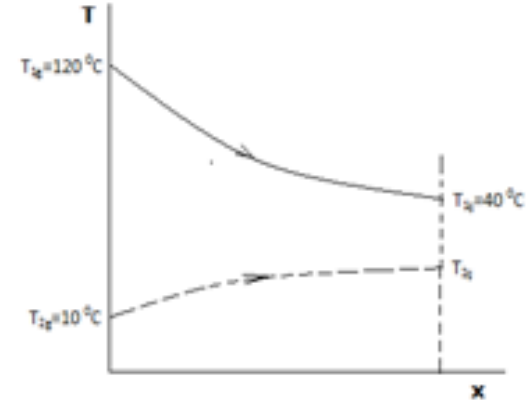
$$T_{2g} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_1 = 1100 \text{ kg/m}^3$$

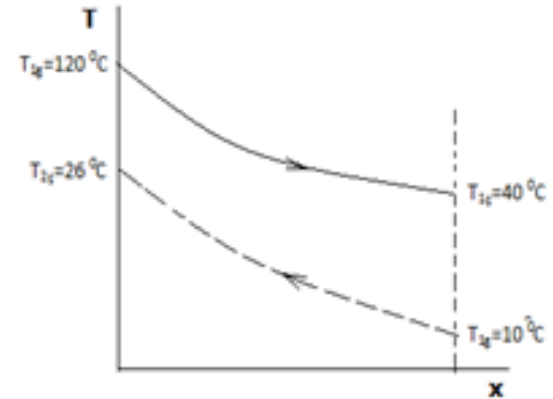
$$\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{p1} = 3,044 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p2} = 4,187 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$



Aynı yönlü paralel akış



Zıt yönlü paralel akış

Isı Eşanjörleri

Çözüm:

a) Aynı yönlü paralel akış durumu

Akışkanların kütleleri/kütlelesel debileri

$$m_1 = \rho_1 Q_1 = 1100 \frac{kg}{m^3} 2,5 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_1 = 0,764 kg/s$$

$$m_2 = \rho_2 Q_2 = 1000 \frac{kg}{m^3} 10 \frac{m^3}{h} \frac{1 h}{3600s} \rightarrow m_2 = 2,78 kg/s$$

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



