

No :
İsim :

MAK 311 - ISI GEÇİŞİ Final Sınavı (Saat :09:00 – 11:00) 12.01.2009

1- Aynı merkezli iç içe iki borudan oluşan bir ısı değiştiricisinde, iç borunun ısı iletim katsayısı 45 W/mK, iç ve dış çapları 25 mm ve 30 mm, dış borunun iç çapı 40 mm olup dış yüzeyi yalıtılmıştır. İçteki borudan 0.25 kg/s debisinde su akmakta ve 10°C sıcaklıktan 30°C sıcaklığa kadar ısınmaktadır. İki boru arasından suya paralel ve zıt yönde 1200 kg/h debisinde yağ akmakta olup yağın giriş sıcaklığı 70°C tır. Her iki akışın da tam gelişmiş olduğunu kabul ederek,

- Yağın çıkış sıcaklığını hesaplayınız.
- Isı geçişi için gereken boru uzunluğunu hesaplayınız.
- İçteki borunun her bir yüzünde 10^{-4} m²K/W direncinde kirlilik oluşursa boru uzunluğu ne olur.

Su için : $c_p = 4180$ J/kgK, $\rho = 995$ kg/m³, $\mu = 960 \cdot 10^{-6}$ Ns/m², $\alpha = 0.15 \cdot 10^{-6}$ m²/s

Yağ için : $\mu = 0.053$ kg/ms, $k = 0.14$ W/mK, $c_p = 2000$ J/kgK, $\rho = 860$ kg/m³

$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3}$ türbülanslı akış, $Nu = 4$ laminer akış

2- Çapı 2 mm, ısı iletim katsayısı 350 W/mK olan iletken bir telde elektrik direnci nedeniyle $q = 6 \cdot 10^4$ I² (W/m³) hacimsel ısı üretilmektedir. Tel 20°C sıcaklıktaki bir ortamda bulunup ısı taşınım katsayısı 30 W/m²K dir. Telin eksenindeki sıcaklığın 120°C ı aşmaması için geçmesine müsaade edilen akım (I) ne olmalıdır.

3- Çapı 50 cm olan çok uzun silindirik bir depo içerisinde -193°C sıcaklıkta sıvı azot bulunmakta ve depo cidarının ısı iletim direnci ihmal edilmektedir. Depo duvarlarının yüzey sıcaklığı 27°C ve yüzeyleri siyah cisim olarak kabul edilen çok büyük bir odada bulunmaktadır. Deponun ısı kazancını azaltmak için yüzeyinden 5 cm uzaklıkta ince bir ışınım perdesi yerleştirilmektedir. Deponun ve ışınım perdesinin yayma katsayısı 0.2 olup ısı geçişinde iletim ve taşınım etkileri ihmal edilmektedir.

- Deponun çıplak ve perdeli hallerindeki ısı akısı kazancını hesaplayınız.
- İşınım perdesinin sıcaklığını hesaplayınız.

Başarılar...

Silindirik koordinatlarda enerji korunum denklemi,

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(k \frac{\partial T}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

Stefan Boltzman sabiti

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

Prob. 1 (Çözüm)

a)

$$q = \dot{m}_{su} C_{p,su} (T_{\zeta,su} - T_{g,su}) = 0.25 \times 4180 (30 - 10) = 20900 \text{ W}$$

$$q = \dot{m}_{yağ} C_{p,yağ} (T_{g,yağ} - T_{\zeta,yağ})$$

$$20900 = (1200 / 3600) \times 2000 (70 - T_{\zeta,yağ}) \quad T_{\zeta,yağ} = 38.65 \text{ C}$$

b)

Su için hesaplamalar;

$$k = \alpha \rho C_p = 0.15 \times 10^{-6} \times 995 \times 4180 = 0.62$$

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho A} = \frac{0.25}{995 \left[\pi (0.025)^2 / 4 \right]} = 0.51 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{VD_i}{\nu} = \frac{VD_i \rho}{\mu} = \frac{0.51 \times 0.025 \times 995}{960 \times 10^{-6}} = 13215 \quad \text{Türbülanslı akış}$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu}{\rho \alpha} = \frac{960 \times 10^{-6}}{995 \times 0.15 \times 10^{-6}} = 6.43$$

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.3} = 0.023 (13215)^{0.8} (6.43)^{0.3} = 79.62$$

$$h = \frac{k}{D_i} Nu = \frac{0.62}{0.025} (79.62) = 1974.58 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Yağ için hesaplamalar;

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho A} = \frac{\dot{m}}{\rho (\pi/4) (D_{yağ}^2 - D_{su,dış}^2)} = \frac{1200 / 3600}{860 (\pi/4) \left[(0.040)^2 - (0.030)^2 \right]} = 0.71 \text{ m/s}$$

$$D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4(\pi/4) (D_{yağ}^2 - D_{su,dış}^2)}{\pi (D_{yağ} + D_{su,dış})} = D_{yağ} - D_{su,dış} = 0.040 - 0.030 = 0.010 \text{ m}$$

$$Re = \frac{VD_h}{\nu} = \frac{VD_h \rho}{\mu} = \frac{0.72 \times 0.010 \times 860}{0.053} = 116.83 \quad \text{Laminer akış}$$

$$Nu = 4$$

$$h = \frac{k}{D_h} Nu = \frac{0.14}{0.01} (4) = 56 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Isı değiştirici için hesaplamalar;

$$\Delta T_1 = 38.65 - 10 = 28.65 \text{ C}$$

$$\Delta T_2 = 70 - 30 = 40 \text{ C}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} = \frac{28.65 - 40}{\ln(28.65 / 40)} = 34.01 \text{ C}$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(D_o / D_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{1974.58 (\pi \times 0.025 \times L)} + \frac{\ln(30/25)}{2\pi (45) L} + \frac{1}{56 (\pi \times 0.030 \times L)} \quad UA = 5.0848 L$$

$$q = UA \Delta T_{lm}$$

$$20900 = 5.0848 L (34.01) \quad L = 120.86 \text{ m}$$

c)

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{R''_{f,i}}{A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k L} + \frac{R''_{f,o}}{A_o} + \frac{1}{h_o A_o}$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{1974.58(\pi \times 0.025 \times L)} + \frac{10^{-4}}{\pi \times 0.025 L} + \frac{\ln(30/25)}{2\pi(45)L} + \frac{10^{-4}}{\pi \times 0.030 L} + \frac{1}{56(\pi \times 0.030 \times L)}$$

$$UA = 5.0252L$$

$$q = UA\Delta T_{lm}$$

$$20900 = 5.0252L(34.01) \quad L = 122.29 \text{ m}$$

Prob. 2 (Çözüm)

Isı denklemi: $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) + \frac{\dot{q}}{k} = 0 \rightarrow T = -\frac{\dot{q}}{4k} r^2 + C_1 \ln r + C_2$

Sınır şartları;

Merkezde simetriden dolayı $\left. \frac{dT}{dr} \right|_{r=0} = 0 \rightarrow C_1 = 0$

Dış yüzeyde taşınım $\dot{q}(\pi R^2)L = h(2\pi RL)(T_R - T_\infty) \rightarrow T_R = T_\infty + \frac{\dot{q}R}{2h}$

$$T = -\frac{\dot{q}}{4k} r^2 + C_2 \rightarrow T_\infty + \frac{\dot{q}R}{2h} = -\frac{\dot{q}}{4k} R^2 + C_2 \rightarrow C_2 = T_\infty + \frac{\dot{q}R}{2h} + \frac{\dot{q}R^2}{4k}$$

$$T_0 = T(r)|_{r=0} = C_2 \rightarrow C_2 = T_\infty + \frac{\dot{q}R}{2h} + \frac{\dot{q}R^2}{4k}$$

$$\dot{q} = \frac{T_0 - T_\infty}{\frac{R}{2h} + \frac{R^2}{4k}} = \frac{120 - 20}{\frac{0.001}{2 \times 30} + \frac{(0.002)^2}{4 \times 350}} = 5999743 \text{ W/m}^3$$

$$\dot{q} = 6 \times 10^4 I^2$$

$$5999743 = 6 \times 10^4 I^2 \rightarrow I = 10 \text{ A}$$

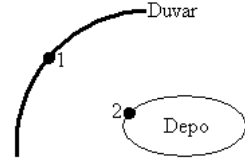
Prob. 3 (Çözüm)

a-1) Çıplak hal (perdesiz)

$$q = A_2 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q'' = \frac{q}{A_2} = \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) \text{ W/m}^2$$

$$q'' = 0.2 \times 5.67 \times 10^{-8} (300^4 - 80^4) = 91.39$$

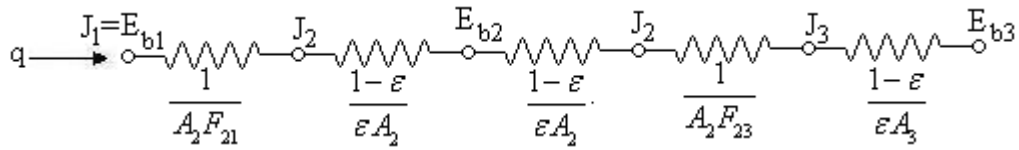
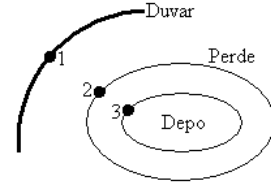


a-2) Perdeli hal

$$F_{21} = 1 \quad F_{32} = 1$$

$$A_3 F_{32} = A_2 F_{23} \rightarrow F_{23} = \frac{A_3}{A_2} F_{32} = \frac{A_3}{A_2}$$

$$D_2 = D_3 + 2(5) = 50 + 2(5) = 60 \text{ cm}$$



$$q = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1}{A_2 F_{21}} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_2} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_2} + \frac{1}{A_2 F_{23}} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_3}}$$

$$q = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1}{A_2} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_2} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_2} + \frac{1}{A_3} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_3}}$$

$$q = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1}{A_3} \left[\frac{A_3}{A_2} + 2 \frac{A_3}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) + 1 + \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) \right]} = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\frac{1}{A_3} \left[\frac{A_3}{A_2} \left(\frac{2}{\varepsilon} - 1 \right) + \frac{1}{\varepsilon} \right]}$$

$$q'' = \frac{q}{A_3} = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\left[\frac{A_3}{A_2} \left(\frac{2}{\varepsilon} - 1 \right) + \frac{1}{\varepsilon} \right]} = \frac{\sigma (T_1^4 - T_3^4)}{\frac{D_3}{D_2} \left(\frac{2}{\varepsilon} - 1 \right) + \frac{1}{\varepsilon}}$$

$$q'' = \frac{5.67 \times 10^{-8} (300^4 - 80^4)}{\frac{50}{60} \left(\frac{2}{0.2} - 1 \right) + \frac{1}{0.2}} = 36.56 \text{ W/m}^2$$

b) Perde sıcaklığı

$$q = A_2 \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$q'' = \frac{q}{A_3} = \frac{A_2}{A_3} \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \frac{D_2}{D_3} \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) \text{ W/m}^2$$

$$q'' = \frac{q}{A_3} = \frac{A_2}{A_3} \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \frac{D_2}{D_3} \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$T_2 = \left(T_1^4 - \frac{D_3}{D_2} \frac{q''}{\varepsilon \sigma} \right)^{1/4} = \left(300^4 - \frac{50}{60} \frac{36.56}{0.2 \times 5.67 \times 10^{-8}} \right)^{1/4} = 271.25 \text{ K}$$