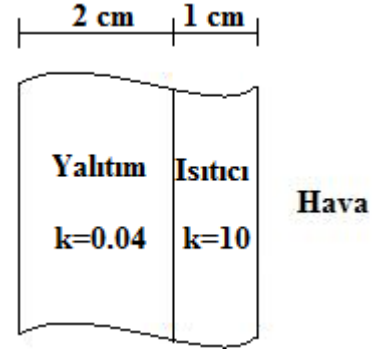


MAK 311 ISI GEÇİŞİ
YARIYIL SONU SINAVI

13.01.2010

Soru 1) (25p) Kalınlığı 1 cm, yüksekliği 0.5 m ve genişliği 1 m olan metalik düzlemsel elektrikli bir panel ısıtıcının gücü 750 W olup bir tarafına ısı iletim katsayısı 0.04 W/mK, kalınlığı 2 cm olan bir yalıtım levhası yapııştırılmıştır. Isıtıcının diğer yüzü 20°C sıcaklığındaki ortamla temastadır. Isıtıcıda üretilen ısının % 15'i yalıtım levhasına geçmekte, % 85'i ise üniform yüzey ısı akısı (q'') ile doğal taşınım ile ortama geçmektedir. Isıtıcının etkin ısı iletim katsayısı 10 W/mK olduğuna göre :



- Panel ısıtıcının yüzeyindeki ısı taşınım katsayısını
- Panel ısıtıcının yüzey sıcaklığını
- Yalıtım levhasının sol yüzey sıcaklığını hesaplayınız.

Hava : $k = 0.032$ W/mK, $\nu = 22 \times 10^{-6}$ m²/s, Pr = 0.7, $\beta = 0.0027$ K⁻¹

$$Nu = 0.57 (Gr^* Pr)^{0.22} \quad Gr^* = \frac{g \beta q'' x^4}{k \nu^2}$$

Soru 2 (20p) Çapı 2 cm olan uzun bakır çubuklar, iç yüzeyinde elektrikli direnç ısıtıcısı bulunan 6 m uzunluğundaki silindirik bir fırın içersinden geçirilmek suretiyle 20°C sıcaklıktan 600°C sıcaklığa kadar ısıtılmak istenmektedir. Fırın iç yüzeyinden çubuk yüzeyine 120000 W/m² net ısı akısı ile ısı ışınımı gelmektedir. Çubuk yoğunluğu 8900 kg/m³, özgül ısısı 385 J/kgK olduğuna göre, ısıtma için çubuk hızı ne olmalıdır.

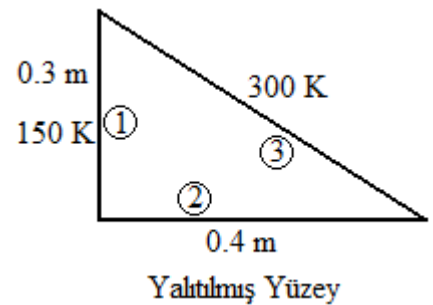
(Bakır çubuğun her hangi bir anda radyal yönde sıcaklığının değişmediği kabul edilebilir.)

Soru 3) (30p) Eş eksenli iç içe iki borulu ters akışlı bir ısı değiştiricisinde, her iki akışkan da sudur. Bu ısı değiştiricisinde sıcak su içteki boruya 10000 kg/h debi ve 90°C sıcaklıkta, soğuk su ise iki boru arasındaki halkasal kanala 20000 kg/h debi ve 10 C sıcaklıkta girmektedir. Isı değiştiricisinin etkenliği %60'dır. (a) soğuk suyun çıkış sıcaklığını bulun. (b) Logaritmik sıcaklığı ve UA değerini hesaplayın. (c) Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı 20 W/mK et kalınlığı 2 mm iç çapı 5 cm'dir. Dış borunun iç çapı 10 cm'dir. Buna göre boru uzunluğunu hesaplayın.

Boru içindeki akış için : Laminer $Nu = 3.66$, Türbülanslı $Nu = 0.023(Re)^{0.8} (Pr)^{1/3}$

Suyun özellikleri: $k = 0.65$ W/mK, $\mu = 489 \times 10^{-6}$ kg/s-m, Pr = 3.15, $\rho = 980$ kg/m³ $c_p = 4.185$ kJ/kgK,

Soru 4) (25p) Şekilde gösterilen dik üçgen kesitli uzun kanalın dik ve yatay kenarı sırasıyla 0.3 m ve 0.4 m uzunluğundadır. Dik kenarın yayma katsayısı 0.4 ve sıcaklığı 150 K'dir. Uzun kenar siyah cisim olup sıcaklığı 300 K'dir. Yatay yüzey yayma oranı 0.8 olup bu yüzey yalıtılmış yüzey kabul edilebilir. $F_{21} = 0.25$ olarak,



- Kanalın elektrik devre benzetimini çizin, dirençleri ve potansiyelleri şekil üzerinde gösteriniz.

b) Dik kenara kanalın birim uzunluğu başına ışınlama ile geçen ısıyı hesaplayınız.

c) Yalıtılmış yüzey sıcaklığını bulunuz.

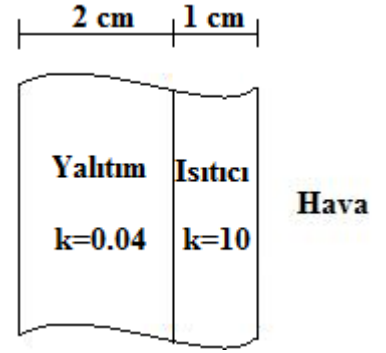
d) Kanalın uzun kenarı kaldırılıp ve 300 K sıcaklığında atmosferik ortama maruz kalırsa, dik kenara kanalın birim uzunluğu başına ışınlama ile geçen ısı miktarında bir değişiklik olur mu?

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

Süre : 120 Dakika

Başarılar...

Soru 1 Kalınlığı 1 cm, yüksekliği 0.5 m ve genişliği 1 m olan metalik düzlemsel elektrikli bir panel ısıtıcının gücü 750 W olup bir tarafına ısı iletim katsayısı 0.04 W/mK, kalınlığı 2 cm olan bir yalıtım levhası yapıştırılmıştır. Isıtıcının diğer yüzü 20 C sıcaklığındaki ortamla temastadır. Isıtıcıda üretilen ısıların % 15 i yalıtım levhasına geçmekte, % 85'i ise üniform yüzey ısı akısı (q'') ile doğal taşınım ile ortama geçmektedir. Isıtıcının etkin ısı iletim katsayısı 10 W/mK olduğuna göre :



- Panel ısıtıcının yüzeyindeki ısı taşınım katsayısını
- Panel ısıtıcının yüzey sıcaklığını
- Yalıtım levhasının sol yüzey sıcaklığını hesaplayınız.

Hava : $k = 0.032$ W/mK, $\nu = 22 \times 10^{-6}$ m²/s, $Pr = 0.7$, $\beta = 0.0027$ K⁻¹

$$Nu = 0.57 (Gr^* Pr)^{0.22} \quad Gr^* = \frac{g \beta q'' x^4}{k \nu^2}$$

Çözüm:

a)

$$q_3'' = \frac{0.85q}{A} = \frac{0.85 \times 750}{1 \times 0.5} = 1275 \text{ W/m}^2$$

$$Gr^* = \frac{g \beta q_3'' H^4}{k \nu^2} = \frac{9.81 \times 0.0027 \times 1275 \times (0.5)^4}{0.032 \times (22 \times 10^{-6})} = 13.628 \times 10^{10}$$

$$Nu = 0.57 (Gr^* Pr)^{0.22} = 0.57 (13.628 \times 10^{10} \times 0.7)^{0.22} = 148.38$$

$$h = \frac{k}{H} Nu = \frac{0.032}{0.5} (148.38) = 9.50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$b) \quad q_3'' = h(T_3 - T_\infty) \quad T_3 = T_\infty + \frac{q_3''}{h} = 20 + \frac{1275}{9.50} = 154.2 \text{ C}$$

c)

$$\dot{q} = \frac{q}{V} = \frac{q}{AL} = \frac{750}{0.5 \times 1 \times 0.01} = 150000 \text{ W/m}^3 \quad \frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{\dot{q}}{k} = 0 \quad \frac{dT}{dx} = -\frac{\dot{q}}{k} x + C_1, \quad T = -\frac{\dot{q}}{2k} x^2 + C_1 x + C_2$$

$$x = 0.03 \quad q_3'' = -k \frac{dT}{dx} = 1275 \quad \frac{dT}{dx} = -\frac{1275}{k} = -\frac{1275}{10} = -127.5$$

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{\dot{q}}{k} x + C_1 \quad -127.5 = -\frac{150000}{10} (0.03) + C_1 \quad C_1 = 322.5$$

$$x = 0.03 \quad T_3 = 154.2 \quad 154.2 = -\frac{150000}{2 \times 10} (0.03)^2 + 22.5(0.03) + C_2 \quad C_2 = 160.3$$

$$T = -\frac{150000}{2 \times 10} x^2 + 322.5x + 160.3 \quad 0.02 \leq x \leq 0.03$$

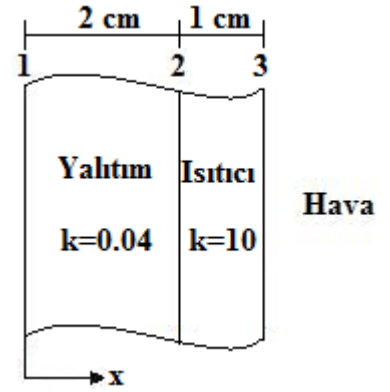
$$x = 0.02 \quad T_2 = -\frac{150000}{2 \times 10} (0.02)^2 + 22.5(0.02) + 160.3 = 157.7 \text{ C}$$

$$T = C_3 x + C_4 \quad 0 \leq x \leq 0.02, \quad q_2'' = \frac{0.15q}{A} = \frac{0.15 \times 750}{1 \times 0.5} = 225 \text{ W/m}^2$$

$$x = 0.02 \quad q_2'' = k \frac{dT}{dx} = 225 \quad \frac{dT}{dx} = \frac{225}{k} = \frac{225}{0.04} = 5625 = C_3$$

$$x = 0.02 \quad T_2 = 157.7 \quad 157.7 = 5625(0.02) + C_4 \quad C_4 = 45.2$$

$$x = 0 \quad T_1 = C_4 = 45.2$$



Soru 2 Çapı 2 cm olan uzun bakır çubuklar, iç yüzeyinde elektrikli direnç ısıtıcısı bulunan 6 m uzunluğundaki silindirik bir fırın içersinden geçirilmek suretiyle 20 C sıcaklıktan 600 C sıcaklığa kadar ısıtılmak istenmektedir. Fırın iç yüzeyinden çubuk yüzeyine 120000 W/m² net ısı akısı ile ısı ışınımı gelmektedir. Çubuk yoğunluğu 8900 kg/m³, özgül ısısı 385 J/kgK olduğuna göre, ısıtma için çubuk hızı ne olmalıdır.

Bakır çubuğun her hangi bir anda radyal yönde sıcaklığının değişmediği kabul edilebilir.

Çözüm:

Enerji dengesi

$$mC \frac{dT}{dt} = q''A$$

$$(\rho A_c L)C \frac{dT}{dt} = q''(\pi DL)$$

$$\left(\rho \pi \frac{D^2}{4} L\right)C \frac{dT}{dt} = q''(\pi DL)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{4q''}{\rho CD}$$

$$T = \frac{4q''}{\rho CD}t + T_0$$

$$600 = \frac{4 \times 120000}{8900 \times 385 \times 0.02}t + 20 \quad t = 82.8 \text{ s}$$

$$V = \frac{x}{t} = \frac{6}{82.8} = 0.072 \text{ m/s} = 4.32 \text{ m/dak}$$

Soru 3 Eş eksenli iç içe iki borulu ters akışlı bir ısı değiştiricisinde, her iki akışkan da sudur. Bu ısı değiştiricisinde sıcak su içteki boruya 10000 kg/h debi ve 90 C sıcaklıkta, soğuk su ise iki boru arasındaki halkasal kanala 20000 kg/h debi ve 10 C sıcaklıkta girmektedir. Isı değiştiricisinin etkinliği %60'dır. (a) soğuk suyun çıkış sıcaklığını bulun. (b) Logaritmik sıcaklığı ve UA değerini hesaplayın. (c) Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı 20 W/mK et kalınlığı 2 mm iç çapı 5 cm'dir. Dış borunun iç çapı 10 cm'dir. Buna göre boru uzunluğunu hesaplayın.

Boru içindeki akış için : Laminer $Nu=3.66$, Türbülanslı $Nu = 0.023(Re)^{0.8} (Pr)^{1/3}$

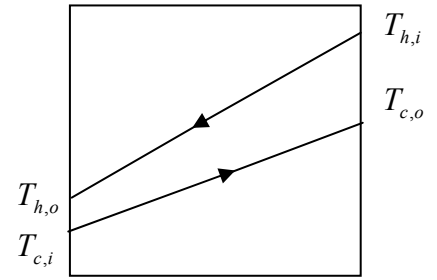
Suyun özellikleri: $k=0.65$ W/mK, $\mu=489 \times 10^{-6}$ kg/s-m, $Pr=3.15$, $\rho=980$ kg/m³ $c_p=4.185$ kJ/kgK,

Çözüm: (a)

$$\varepsilon = \frac{(\dot{m}c)_c (T_{c,o} - T_{c,i})}{(\dot{m}c)_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} = \frac{(20000)(T_{c,o} - 10)}{(10000)(90 - 10)} = 0.6 \rightarrow T_{c,o} = 10 + 0.6 \times 40 = 34^\circ C$$

$$q = (\dot{m}c)_c (T_{c,o} - T_{c,i}) = (\dot{m}c)_h (T_{h,i} - T_{h,o}) \rightarrow T_{h,o} = 90 - 2 \times (34 - 10) = 42^\circ C$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln \frac{(T_{h,i} - T_{c,o})}{(T_{h,o} - T_{c,i})}} = \frac{(90 - 34) - (42 - 10)}{\ln \frac{90 - 34}{42 - 10}} = 42.89^\circ C$$



$$q = (\dot{m}c)_c (T_{c,o} - T_{c,i}) = UA \Delta T_{lm}$$

$$UA = \frac{q}{\Delta T_{lm}} = \frac{(\dot{m}c)_h (T_{h,i} - T_{h,o})}{\Delta T_{lm}} = \frac{(10000/3600)(4185)(90 - 42)}{42.89} = \frac{558000}{42.89} = 13011.07 \text{ W / K}$$

İç boru içinde akış (sıcak akışkan)

$$Re = \frac{Ud_1}{\nu} = \frac{4\dot{m}_h}{\pi d_1 \mu} = \frac{4(10000/3600)}{\pi(0.05)(489 \times 10^{-6})} = 144653.44, \quad Nu = 0.023(144653.44)^{0.8} (3.15)^{1/3} = 452.996$$

$$h_1 = Nu \frac{k}{d_1} = 452.996 \frac{0.65}{0.05} = 5888.95 \text{ W / m}^2 K$$

Halkasal kesit içinde akış

$$D_h = \frac{4A}{P} = 4 \frac{\pi(D^2 - d_2^2)/4}{\pi(D + d_2)} = D - d_2 = 100 - 54 = 46 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{UD_h}{\nu} = \frac{4\dot{m}_c}{\pi(D + d_2)\mu} = \frac{4(20000/3600)}{\pi(0.10 + 0.054)(489 \times 10^{-6})} = 93930.80,$$

$$Nu = 0.023(93930.8)^{0.8} (3.15)^{1/3} = 320.684, \quad h_2 = Nu \frac{k}{D_h} = 320.684 \frac{0.65}{0.046} = 4531.41 \text{ W / m}^2 K$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_b L} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_2} = \frac{1}{2\pi L} \left[\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k_b} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{r_2 h_2} \right]$$

$$L = \frac{UA}{2\pi} \left[\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k_b} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{r_2 h_2} \right] = \frac{13011.07}{2\pi} \left[\frac{1}{0.025 \times 5888.95} + \frac{\ln(27/25)}{20} + \frac{1}{0.027 \times 4531.41} \right] = 38.96 \text{ m}$$

Soru 4 (?? Puan) Şekilde gösterilen dik üçgen kesitli uzun kanalın dik ve yatay kenarı sırasıyla 0.3 m ve 0.4 m uzunluğundadır. Dik kenarın yayma katsayısı 0.4 ve sıcaklığı 150 K'dir. Uzun kenar siyah cisim olup sıcaklığı 300 K'dir. Yatay yüzey yayma oranı 0.8 olup bu yüzey yalıtılmış yüzey kabul edilebilir. $F_{21}=0.25$ olarak,

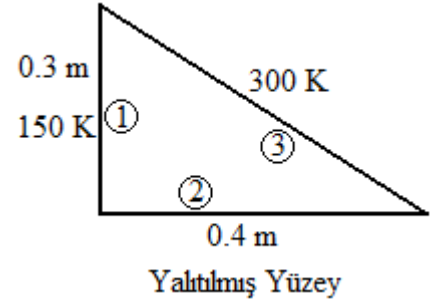
e) Kanalın elektrik devre benzetimini çiziniz, dirençleri ve potansiyelleri şekil üzerinde gösteriniz.

f) Dik kenara kanalın birim uzunluğu başına ışınlama geçen ısıyı hesaplayınız.

g) Yalıtılmış yüzey sıcaklığını bulunuz.

h) Kanalın uzun kenarı kaldırılıp ve 300 K sıcaklığında atmosferik ortama maruz kalırsa, dik kenara kanalın birim uzunluğu başına ışınlama geçen ısı miktarında bir değişiklik olur mu?

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



Çözüm: a) $F_{21} + F_{23} = 1 \rightarrow F_{23} = 1 - 0.25 = 3/4$

$$A_1 F_{12} = A_2 F_{21} \rightarrow F_{12} = \frac{0.4}{0.3} (1/4) = 1/3, \quad F_{12} + F_{13} = 1 \rightarrow F_{13} = 1 - (1/3) = 2/3$$

$$A_3 F_{32} = A_2 F_{23} \rightarrow F_{32} = \frac{0.4}{0.5} (3/4) = 3/5, \quad F_{31} + F_{32} = 1 \rightarrow F_{31} = 1 - (3/5) = 2/5$$

[Not: Ayrıca $F_{12} + F_{13} = 1$, $F_{21} + F_{23} = 1$, $F_{31} + F_{32} = 1$, $A_1 F_{12} = A_2 F_{21}$, $A_2 F_{23} = A_3 F_{32}$, $A_1 F_{13} = A_3 F_{31}$ şeklinde yazılabilen 6 adet denklemden $2F_{21} = 1 + (A_1/A_2) - (A_3/A_2)$ olduğu bulunur ve F_{12} , F_{13} , F_{21} , F_{23} , F_{31} , F_{32} şeklindeki 6 bilinmeyen hesaplanabilirdi.]

$$R_1 = \frac{1 - \epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} = \frac{1 - 0.4}{0.4(0.3 \times 1)} = 5$$

$$R_2 = \frac{1}{A_1 F_{12}} = \frac{1}{(0.3 \times 1)(1/3)} = 10$$

$$R_3 = \frac{1}{A_2 F_{23}} = \frac{1}{(0.4 \times 1)(3/4)} = 10/3 = 3.\bar{3}$$

$$R_4 = \frac{1}{A_1 F_{13}} = \frac{1}{(0.3 \times 1)(2/3)} = 5$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 10 + (10/3) = 40/3 = 10.\bar{3}$$

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{5} + \frac{3}{40} = \frac{11}{40} \rightarrow R_{234} = \frac{40}{11} \quad R_{es} = R_1 + R_{234} = 5 + \frac{40}{11} = \frac{95}{11} = 8.6363$$

$$\text{b) } q_1 = \frac{E_{b1} - E_{b3}}{\sum R} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_3^4)}{95/11} = -49.855 \text{ W/m}$$

$$\text{c) } q_1 = (E_{b1} - J_1)/R_1 \rightarrow J_1 = E_{b1} - q_1 R_1 = 5.67 \times 10^{-8} \times 150^4 - (-49.855 \times 5) = 277.979 \text{ W/m}^2$$

$$\frac{J_1 - J_2}{R_2} = \frac{J_2 - J_3}{R_3} \rightarrow J_2 = \frac{J_3 + (R_3/R_2)J_1}{1 + (R_3/R_2)}, \quad J_3 = E_{b3}$$

$$J_2 = \frac{(5.67 \times 10^{-8})(300^4) + (1/3)(277.979)}{1 + (1/3)} = 413.947 \text{ W/m}^2$$

$$J_2 = E_{b2} \rightarrow T_2^4 = J_2 / \sigma \rightarrow T_2 = 292.308^\circ \text{C}$$

d) Uzun kenarın sıcaklığı atmosfer sıcaklığı ile aynı olduğundan, ayrıca, uzun kenar atmosfer gibi siyah cisim olduğundan, uzun kenarın varlığı veya yokluğu problemde herhangi bir sayısal sonucu değiştirmez.

