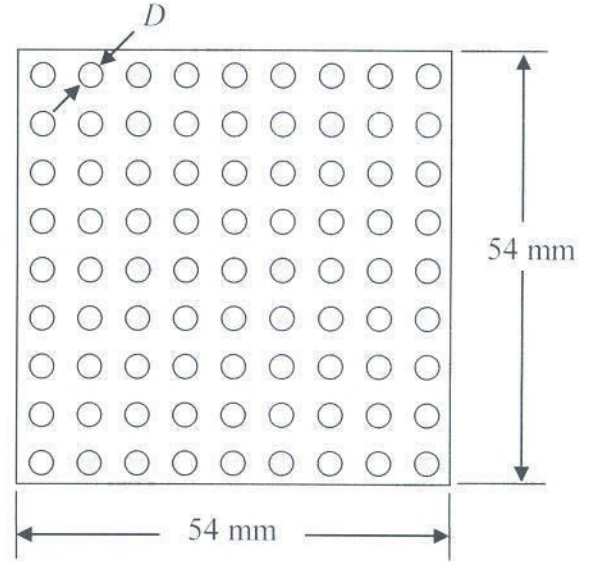


MAK 347 Isı Transferi Genel Sınavı

- 1) İç çapı 12 cm, dış çapı 13 cm olan bir borunun içinden 180 °C sıcaklıkta buhar akmaktadır. Borunun dışına ısı iletim katsayısı 0.04 W/m·K olan bir malzeme ile yalıtım yapılacaktır. Boru cidarı ile buhar arasındaki taşınım katsayısı $h_i = 500 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, yalıtımın dış yüzeyi ile -10 °C sıcaklıktaki atmosferik hava arasındaki taşınım katsayısı $h_o = 25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, boru malzemesi AISI 1010 çeliği olduğuna göre, 200 m'lik boru boyu için;
- Yalıtım kalınlığının 5 cm olması durumunda kaybolan ısı miktarını hesaplayınız. (20 puan)
 - Yalıtım kalınlığı 5 cm yerine 8 cm seçilirse; yalıtım maliyeti birim boy için 2 TL artmaktadır. Isı birim maliyeti ~~0,012~~ TL/kJ olduğuna ve sistem yılda 4320 saat çalıştığına göre 8 cm yalıtım yapılması durumunda fazladan harcanan para kaç yılda geri kazanılır? (05 puan)

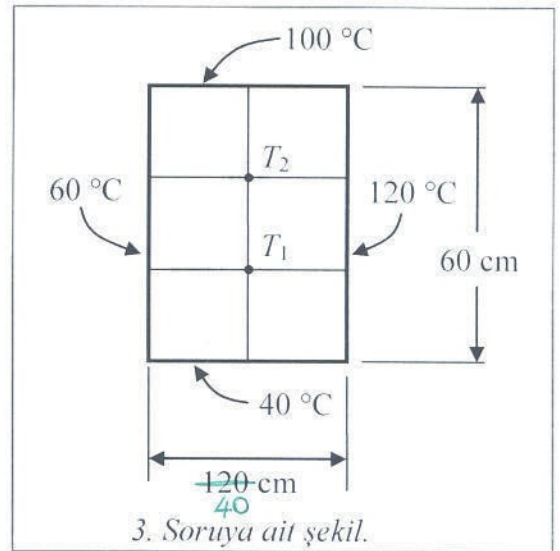
0,000012 TL/kJ

- 2) Kenarları 54×54 mm olan kare şeklindeki bir levha üzerine, çapı $D = 3 \text{ mm}$, boyu 12 mm olan 81 adet dairesel kesitli kanatçık yerleştirilmiştir (Şekile bakınız). Bir elektronik elemanı soğutacak olan bu kanatlı yüzeyin, 40 °C sıcaklıktaki yaz koşullarında dahi elemanı yanmaktan koruması istendiğine göre elektronik cihazın elektriksel güç sarfiyatı en çok kaç W olmalıdır? Elektronik elemanın dayanabileceği sıcaklık en fazla 85 °C olup bu değer kanatların bulunduğu tabanın sıcaklığı olarak kabul edilebilir. Kanatlar ve taban ile ortam arasında doğal taşınım varsayımı ile $h = 20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ alınabilir. Kanat malzemesi duralumin olup ısı iletim katsayısı $k = 177 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 'dir. (25 puan)



2. Soruya ait şekil.

- 3) Yandaki şekilde gösterildiği gibi karesel alanlara bölünmüş kesitteki T_1 ve T_2 sıcaklıklarını, tüm işlem adımlarını yazarak hesaplayınız. (25 puan)



3. Soruya ait şekil.

- 4) Bir fırının çok kalın olan duvarı ateş tuğlasından yapılmıştır. Duvar sıcaklığı başlangıçta 25 °C sıcaklıkta olan fırın içinden ortalama 550 °C sıcaklıkta yanma gazı geçirilmeye başlanmıştır. Duvar iç yüzeyinden dış yüzeye doğru 14 cm uzaklığa yerleştirilen bir ısıl-çift termometresi 4 saat sonra 130 °C sıcaklık göstermiş ve bu sırada duvarın dış yüzeyinde sıcaklık artışı olmamıştır. Buna göre fırın içindeki gazlar ile duvar arasındaki ısı taşınım katsayısının değeri kaçtır? Ateş tuğlası için $\alpha = 5.1 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $k = 1.1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ alınabilir. (25 puan)

(25 puan)

Mustafa Eyriboyun

1) a)

$d_i = 12 \text{ cm}$ $r_1 = 6 \text{ cm}$

$d_o = 13 \text{ cm}$ $r_2 = 6,5 \text{ cm}$

$\delta = 5 \text{ cm}$ $r_3 = 6,5 + 5 = 11,5 \text{ cm}$

$k_b = 63,9 \text{ W/mK}$ (300K/dk)

$k_i = 0,04 \text{ W/m.K}$

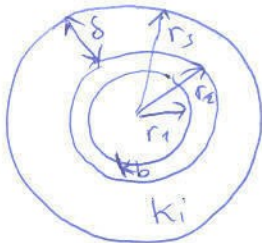
$h_i = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$

$h_o = 25 \text{ "}$

$T_{\infty,i} = 180^\circ\text{C}$

$T_{\infty,o} = -10^\circ\text{C}$

$L = 200 \text{ m}$



$r_1 = 0,06 \text{ m}$

$r_2 = 0,065 \text{ m}$

$r_3 = 0,115 \text{ m}$

$$q = \frac{2\pi L (T_{\infty,i} - T_{\infty,o})}{\frac{1}{r_1 h_i} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{k_b} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_i} + \frac{1}{r_3 h_o}}$$

$$q = \frac{2\pi \cdot 200 (180 + 10)}{\frac{1}{0,06 \cdot 500} + \frac{\ln(\frac{0,065}{0,060})}{63,9} + \frac{\ln(\frac{0,115}{0,065})}{0,04} + \frac{1}{0,115 \cdot 25}}$$

$$q = \frac{238761,0417}{0,03333 + 1,2526 \times 10^{-3} + 14,2636 + 0,3478} = \frac{238761}{14,646}$$

$q = 16302,13 \text{ W}$

$q = 16302 \text{ W}$

b)

$$q = \frac{238761}{0,03333 + 1,2526 \times 10^{-3} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{k_i} + 0,3478} = \frac{238761}{0,3824 + \frac{\ln(\frac{0,145}{0,065})}{0,04}}$$

$r_3 = 14,5 \text{ cm}$
 $r_3 = 0,145 \text{ m}$

$$q = \frac{238761}{0,3824 + 20,05866} = \frac{238761}{20,44106} = 11870,27 \text{ W}$$

$q \approx 11870 \text{ W}$

1-Devam)

5 cm yerine 8 cm kalınlıkta yalıtım yapılmasıyla kazanılan ek ısı miktarı :

$$\Delta q = q_1 - q_2 = 16302 - 11870 = 4432 \text{ W}$$

Yani 1 sn'de 4432 joule ısı kazanılmış olacak.

Yılda 4320 saat = $4320 \times 3600 = 15552000$ s çalışacak
0 halde yılda

$$4432 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 15552000 \text{ s} = 6,8926464 \times 10^{10} \text{ joule.}$$
$$= 68926464 \text{ kJ}$$

1 kJ $1,2 \times 10^{-5}$ TL olduğuna göre :

Toplam kazanç :

$$68926464 \times 1,2 \times 10^{-5} = 827,12 \text{ TL}$$

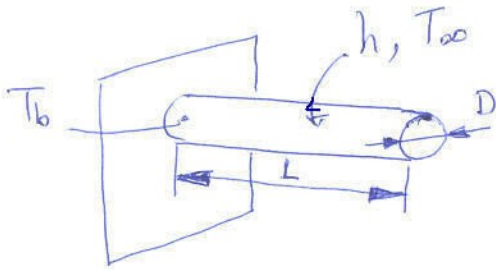
8 cm yalıtım yapmanın ek maliyeti = $200 \times 2 = 400$ TL

$$\text{Geri kazanma süresi} = \frac{400}{827,12} = 0,4836 \text{ yıl}$$

Geri kazanma süresi $\approx 0,5$ yıl

NOT : Sınav sorularında ısı birim maliyeti $0,012$ TL/kJ verilmiştir. Doğrusu $1,2 \times 10^{-5}$ TL/kJ olmalıydı. Gözüm bu değere göre yapılmıştır. Ancak değerlendirme sorudaki değere göre yapılacaktır.

- 2) Kanatlı yüzeyden transfer olan ısı hesaplanacak.
 (81 Kanat + Tabandaki kanatlar hariç yüzeyden akan ısı)
 Bir kanattan akan ısı:



$$\begin{aligned} L &= 12 \text{ mm} \\ D &= 3 \text{ mm} \\ k &= 177 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \\ h &= 20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_b &= 85^\circ\text{C} \\ T_\infty &= 40^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Kısa kanat kabulüyle çözülebilir. Ancak kısa kanat yerine ucu yalıtılmışa dönüştürülürse çözüm kolaylaşmış olur.

Düzeltilmiş boy $L_c = L + \frac{D}{4}$
 $L_c = 12 + \frac{3}{4} = 12,75 \text{ mm} \quad L_c = 0,01275 \text{ m}$

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL)}{(mL)} \quad (\text{Ucu yalıtılmış kanat için verim ifadesi})$$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}} = \sqrt{\frac{h \cdot \pi D}{k \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}} = \sqrt{\frac{4h}{kD}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20}{177 \cdot 0,01275}} = 12,27$$

$$m = 12,27 \frac{1}{\text{m}}$$

$$\eta_f = \frac{\tanh(12,27 \times 0,01275)}{(12,27 \times 0,01275)} = \frac{0,15518}{0,15644} = 0,9919 \Rightarrow \eta_f \approx 0,99$$

$$q_f = \eta_f \cdot q_{\max} = \eta_f [hA_f(T_b - T_\infty)] = \eta_f [h(\pi D L_c)(T_b - T_\infty)]$$

$$q_f = 0,99 [20(\pi \cdot 0,003 \cdot 0,01275)(85 - 40)] = 0,10707 \quad q_f = 0,1071 \text{ W}$$

81 Kanattan transfer olan ısı $q_{f,t} = 81 \cdot 0,1071 = 8,6727 \text{ W}$

$$q_{f,t} = 8,6727 \text{ W}$$

Kanatlız taban alanı, $A_b = (54 \times 54) \times 10^{-6} - 81 \frac{\pi D^2}{4}$

$$A_b = (54 \times 54) \times 10^{-6} - 81 \frac{\pi \cdot 0,003^2}{4} = 2,3434 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Tabandan transfer olan ısı $q_b = hA_b(T_b - T_\infty)$

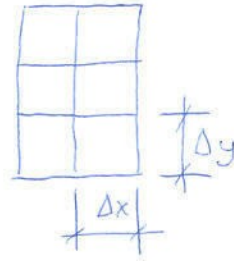
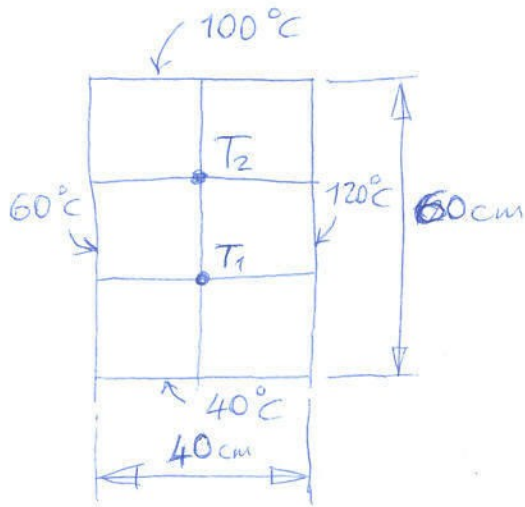
$$q_b = 20 \cdot 2,3434 \times 10^{-3} (85 - 40) \Rightarrow q_b = 2,1091 \text{ W}$$

Kanatlı yüzeyin tamamından transfer olan ısı

$$q_t = q_{f,t} + q_b = 8,6727 + 2,1091 = 10,7818 \text{ W}$$

$$q_t \approx 10,78 \text{ W}$$

3)



$$\Delta x = \Delta y$$

$$T_{m,n} = \frac{1}{4} (T_{m-1,n} + T_{m+1,n} + T_{m,n-1} + T_{m,n+1})$$

$$T_1 \text{ için: } T_1 = \frac{1}{4} (60 + 120 + 40 + T_2)$$

$$T_1 = 55 + 0,25 T_2 \Rightarrow \boxed{T_1 - 0,25 T_2 = 55} \quad \text{--- ①}$$

$$T_2 \text{ için: } T_2 = \frac{1}{4} (60 + 120 + T_1 + 100)$$

$$T_2 = 70 + 0,25 T_1 \Rightarrow \boxed{-0,25 T_1 + T_2 = 70} \quad \text{--- ②}$$

iki bilinmeyenli iki denklemler olduğu. Bunların çözümü:

②'den $T_2 = 70 + 0,25 T_1$ → ①'de yerine konursa:

$$T_1 - 0,25(70 + 0,25 T_1) = 55$$

$$T_1 - 0,0625 T_1 - 17,5 = 55$$

$$T_1(1 - 0,0625) = 37,5$$

$$0,9375 T_1 = 72,5 \Rightarrow$$

$$\boxed{T_1 = 77,33 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$T_2 = 70 + 0,25 \cdot 77,33$$

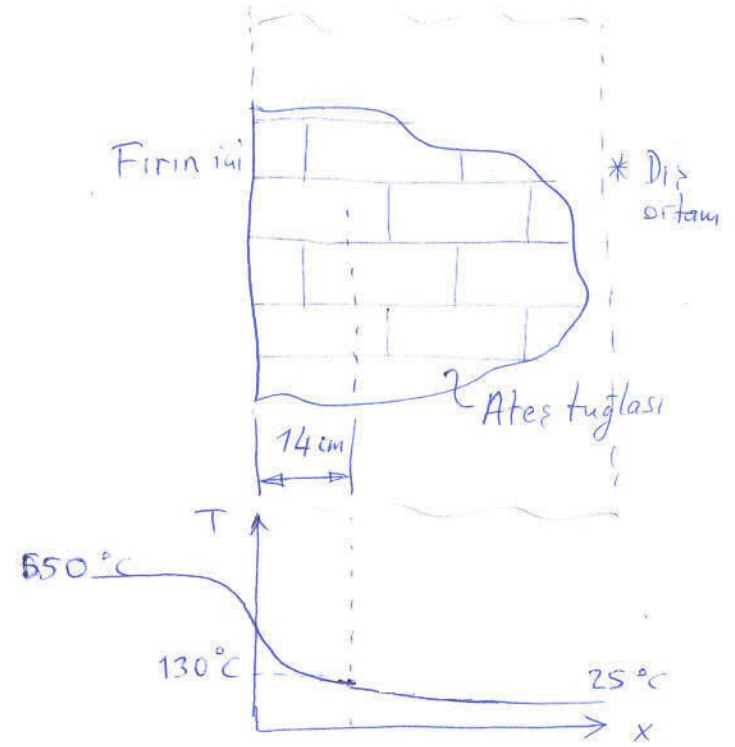
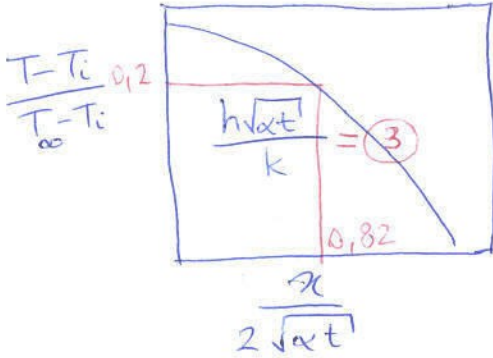
$$T_2 = 70 + 19,33 \Rightarrow$$

$$\boxed{T_2 = 89,33 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

4)

Yarı-Sonsuz Katı
Sınır kosulu (3) hali:

Formül (5-60) karmaşık
olduğu için Şekil 5.8'i
kullanmak daha kolay.



$$\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} = \frac{0,14}{2\sqrt{5,1 \times 10^{-7} \cdot 4 \cdot 3600}} \approx 0,82$$

$$\frac{T - T_i}{T_\infty - T_i} = \frac{130 - 25}{550 - 25} = 0,2$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \approx 0,82 \\ \frac{T - T_i}{T_\infty - T_i} = 0,2 \end{array} \right\} \frac{h\sqrt{\alpha t}}{k} \approx 3$$

(Şekil 5.8'den)

$$\frac{h\sqrt{\alpha t}}{k} = 3 \Rightarrow h = \frac{3 \cdot k}{\sqrt{\alpha t}}$$

$$h = \frac{3 \cdot 1,1}{\sqrt{5,1 \times 10^{-7} \times 4 \cdot 3600}} = 35,507 \Rightarrow$$

$$h = 35,5 \frac{W}{m^2 K}$$