

## MAK 347 Isı Transferi Bütünleme Sınavı Soruları

### SINAVDA UYMANIZ GEREKEN KURALLAR:

- 1) Her ne amaçla ve hangi düzeyde olursa olsun konuşmak kesinlikle yasaktır.
- 2) Kalem, kalem ucu, silgi, hesap makinesi, kitap, defter vb. şeylerin aranızda alış-verişi kesinlikle yasaktır.
- 3) Cep telefonları kesinlikle kapalı (hatsız) olarak, çantanızda veya cebinizde olacaktır.
- 4) Kopya çektiğiniz tespit edildiği takdirde uyarılacak ancak sınav sırasında dışarı çıkartılmayacaksınız. Gerekli işlemler tutanakla sınav sonrasında yapılacaktır.
- 5) Sadece bir kitap açık olabilir. Bunun dışında hiç not açık olmayacaktır.

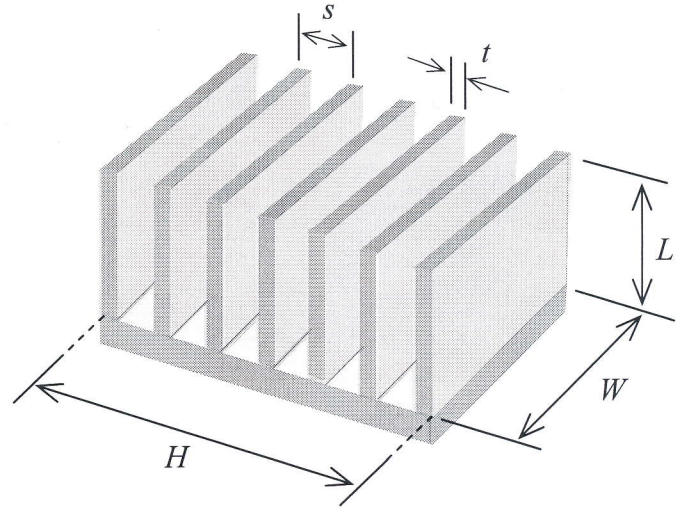
### SORULAR:

- 1) Bir kaynar su kazanının duvarı 3 mm kalınlığında çelik sac (58 W/m·K), 5 cm kalınlığında cam yünü (0.04 W/m·K) ve 0.7 mm kalınlığında alüminyum levhadan (231 W/m·K) oluşmaktadır. Kazan içinde 120 °C sıcaklıkta su ile çelik cidar arasında taşınım ile ısı geçiş katsayısı 475 W/m<sup>2</sup>·K ve dış yüzeyde ise 25 W/m<sup>2</sup>·K'dir. Kazanın bulunduğu ortam sıcaklığı 20 °C olduğuna göre, sürekli rejim şartları altında,
  - a) Kazan duvarının (düzlem duvar) birim alanından geçen ısıyı, (15 puan)
  - b) Alüminyum levhanın dış yüzey sıcaklığını hesaplayınız. (10 puan)

- 2) Bir elektronik elemanı soğutmak üzere kanatçıklı yüzey (soğutucu eleman = *heat sink*) kullanılmaktadır. Şekli yanda görülen soğutucu elemanın ölçüleri aşağıda verilmiştir. Taban sıcaklığının 75 °C olması durumunda, soğutucu elemandan çıkan ısıyı hesaplayınız. (25 puan)

$$\begin{aligned} H &= 36 \text{ mm} & h &= 35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \\ W &= 22 \text{ mm} & T_{\infty} &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ L &= 18 \text{ mm} \\ t &= 2 \text{ mm} \\ s &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Malzeme: Alüminyum alaşımı 2024-T6

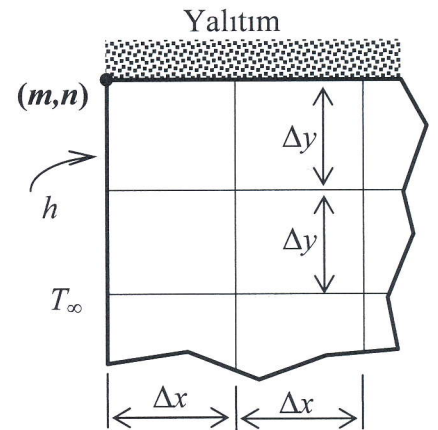


- 3) Yandaki şekilde görülen, yalıtılmış bir yüzey ile taşınım olan bir yüzeyin kesiştiği köşedeki (m,n) noktası için sonlu fark eşitliğini çıkarınız. (25 puan)

- 4) 20 mm kalınlığında çok geniş lastik bir düzlem levha, başlangıçta 30 °C homojen sıcaklıkta iken birden 220 °C sıcaklıkta buhar dolu bir ortama sokulmaktadır. Lastik levha ile buhar arasında ısı taşınım katsayısı  $h = 210 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  olduğuna göre,

- a) Levhanın orta eksen sıcaklığının 150 °C'ye yükselmesi ne kadar süre alır? (20 puan)
- b) Bu süre sonunda levha yüzey sıcaklığı kaç °C'ur? (5 puan)

Lastik için:  $k = 0.14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ,  $\alpha = 6.35 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$

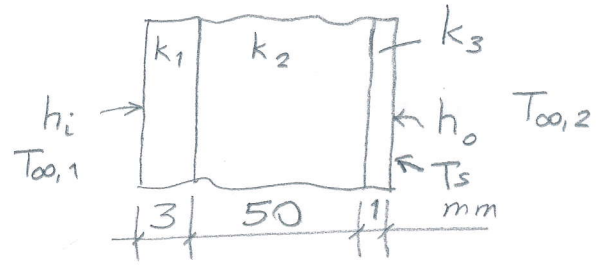


**NOT: Kullandığınız Çizelge, Şekil, Formül, Tablo vs. no.ları ile sayfa numaralarını yazınız.**

MAK 347 Isı Transferi  
Bütünleme Sınavı - Gözümler

07 Şubat 2011  
Pazartesi, 17:30

1)  $k_1 = 58 \frac{W}{mK}$  (Çelik)  
 $k_2 = 0,04$  " (Cam yünü)  
 $k_3 = 231$  " (Alüminyum)



$L_1 = 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m}$   
 $L_2 = 5 \text{ cm} = 50 \text{ mm} = 0,050 \text{ m}$   
 $L_3 = 0,7 \text{ mm} = 0,0007 \text{ m}$

$h_i = 475 \frac{W}{m^2K}$   
 $h_o = 25$  "  
 $T_{\infty,1} = 120^\circ C$   
 $T_{\infty,2} = 20^\circ C$

a) 
$$q'' = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_o}}$$

$$q'' = \frac{120 - 20}{\frac{1}{475} + \frac{0,003}{58} + \frac{0,050}{0,04} + \frac{0,0007}{231} + \frac{1}{25}} = \frac{100}{1,29216}$$

$$q'' = 77,39 \frac{W}{m^2}$$

b) Sürekli rejim olduğundan  $q'' = h(T_s - T_{\infty,2})$

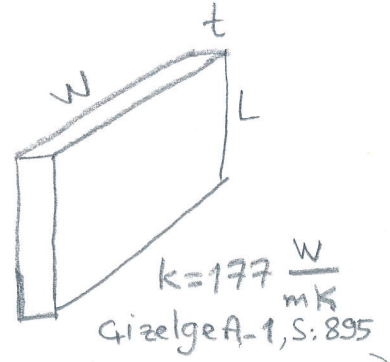
$$T_s = \frac{q''}{h_o} + T_{\infty,2} = \frac{77,39}{25} + 20 = 3,096 + 20$$

$$T_s \approx 23,1^\circ C$$

2) Üzerinde 7 kanataık bulunan bir levha.

Bir kanataıktan transfer olan ısı:

$$\begin{aligned} W &= 22 \text{ mm} \\ L &= 18 \text{ mm} \\ t &= 2 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$q_f = \sqrt{hPkA_c} \Theta_b \tanh(mL_c)$$

(L yerine  $L_c = L + \frac{t}{2}$  kullanılarak adyabatik uçlu kanat gibi alındı.)

$$P = 2(W+t) = 2(0,022+0,002) = 0,048 \text{ m}$$

$$A_c = W \cdot t = 0,022 \cdot 0,002 = 4,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}} = \sqrt{\frac{35 \cdot 0,048}{177 \cdot 4,4 \times 10^{-5}}} = \sqrt{215,716} = 14,6873$$

$$q_f = \sqrt{35 \cdot 0,048 \cdot 177 \cdot 4,4 \times 10^{-5}} (75-25) \tanh(14,6873 \cdot 0,019)$$

$$L_c = L + \frac{t}{2} = 18 + \frac{2}{2} = 19 \text{ mm} = 0,019 \text{ m}$$

$$q_f = \sqrt{0,013084} \cdot 50 \cdot 0,272034 = 1,5558 \text{ W} \quad \boxed{q_f \approx 1,556 \text{ W}}$$

$$q_{f,t} = 7 \cdot q_f = 7 \cdot 1,556 = 10,892 \text{ W} \quad \boxed{q_{f,t} = 10,892 \text{ W}}$$

Kanatsız taban alanından çıkan ısı:

$$q_b = hA_b(T_b - T_\infty) \quad A_b = H \cdot W - 7A_c$$

$$A_b = 0,038 \cdot 0,022 - 7 \cdot 4,4 \times 10^{-5} = 5,28 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$q_b = 35 \cdot 5,28 \times 10^{-4} (75-25) = 0,847 \text{ W} \quad \boxed{q_b = 0,924 \text{ W}}$$

$$q_t = q_{f,t} + q_b = 10,892 + 0,924 \Rightarrow \boxed{q_t = 11,816 \text{ W}}$$

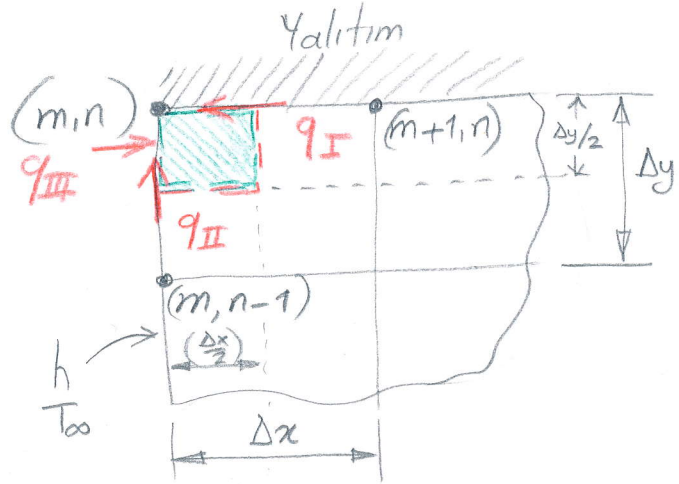


3)

Yeşil renkli tarafları  
alana enerji dengesi  
uygulanırsa :

$$q_I + q_{II} + q_{III} = 0$$

(Kirchhoff kuralı)



$$q_I = k \frac{\Delta y}{2} \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$$

$$q_{II} = k \frac{\Delta x}{2} \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y}$$

$$q_{III} = h \frac{\Delta y}{2} (T_{\infty} - T_{m,n})$$

$$k \frac{\Delta y}{2} \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} + k \frac{\Delta x}{2} \frac{T_{m,n-1} - T_{m,n}}{\Delta y} + h \frac{\Delta y}{2} (T_{\infty} - T_{m,n}) = 0$$

$\Delta x = \Delta y$  alınır ve her terim  $(\frac{2}{k})$  ile çarpılırsa :

$$T_{m+1,n} - T_{m,n} + T_{m,n-1} - T_{m,n} + \frac{h \Delta x}{k} (T_{\infty} - T_{m,n}) = 0$$

$$T_{m+1,n} - T_{m,n} + T_{m,n-1} - T_{m,n} + \frac{h \Delta x}{k} T_{\infty} - \frac{h \Delta x}{k} T_{m,n} = 0$$

$$2 T_{m,n} + \frac{h \Delta x}{k} T_{m,n} = T_{m+1,n} + T_{m,n-1} + \frac{h \Delta x}{k} T_{\infty}$$

$$T_{m,n} \left( 2 + \frac{h \Delta x}{k} \right) = T_{m+1,n} + T_{m,n-1} + \frac{h \Delta x}{k} T_{\infty}$$

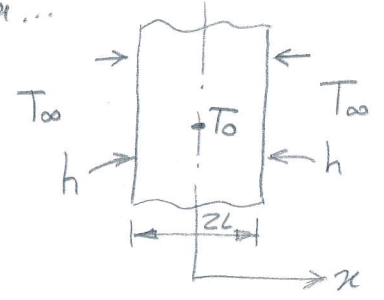
$$T_{m,n} = \frac{1}{\left( 2 + \frac{h \Delta x}{k} \right)} \left( T_{m+1,n} + T_{m,n-1} + \frac{h \Delta x}{k} T_{\infty} \right)$$

4) Zamana bağlı ısı iletimi, taşınımı düz levha...

$$Bi = \frac{hL}{k} = \frac{210 \cdot 0,01}{0,14} = 15 > 0,1$$

Cisim içinde sıcaklık basamağı var.

Heissler grafikleri ya da yaklaşık hesap formülleri ile gözülebilir.



a) Yaklaşık çözüm:  $\theta_0^* = \frac{T_0 - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = C_1 \exp(-\xi_1^2 \cdot Fo)$  (Denk. 5.41 Sayfa 241)

$Fo = \frac{\alpha t}{L^2}$

$Bi = 15$  için  $\xi_1 = 1,4625$ ,  $C_1 = 1,26595$  (Tablo 5.1, s: 242)

$$\frac{150 - 220}{30 - 220} = 1,26595 \exp\left(-1,4625^2 \frac{6,35 \times 10^{-8} \cdot t}{0,010^2}\right)$$

$$0,291 = e^{-1,3582 \times 10^{-3} \cdot t}$$

$$\Rightarrow \ln 0,291 = -1,3582 \times 10^{-3} \cdot t$$

$$t = 908,87 \text{ saniye} \Rightarrow \boxed{t \approx 909 \text{ s}}$$

b)  $t = 909 \text{ s}$  sonra lastik levha yüzey sıcaklığı  $T_s = ?$

$$\theta^* = \frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = C_1 \exp(-\xi_1^2 \cdot Fo) \cos(\xi_1 \cdot x^*)$$

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2} = \frac{6,35 \times 10^{-8} \cdot 909}{(0,01)^2} = 0,5772$$

$$x^* = \frac{x}{L} = 1$$

$$\frac{T - 220}{30 - 220} = 1,26595 \exp(-1,4625^2 \cdot 0,5772) \cdot \cos(1,4625 \cdot 1)$$

$$= 0,03981$$

$$T = 0,03981(-190) + 220 = -7,5639 + 220 = 212,436$$

$$\boxed{T = T_s \approx 212,44 \text{ } ^\circ\text{C}}$$