

### BÜTÜNLEME SINAVI SORULARI:

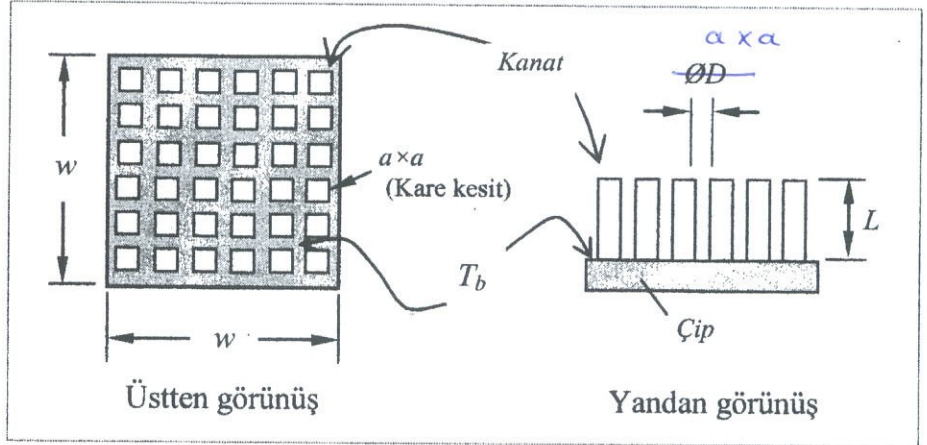
- 1) İç çapı 5 cm, dış çapı 5.5 cm olan bir borudan  $T_{\infty,1} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta buhar akmaktadır. Boru malzemesinin ısı iletim katsayısı  $60 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 'dir. Bu borunun dış yüzeyine yapılacak cam yünü yalıtım ile birim boydan geçen ısının  $100 \text{ W/m}^2$ 'yi geçmemesi istenmektedir. Buna göre yalıtım kalınlığı kaç mm olmalıdır?

$$T_{dış} = T_{\infty,2} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Cam yünü ısı iletim katsayısı  $k = 0.05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , boru iç yüzeyinde taşınım ile ısı transfer katsayısı  $h_i = 50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , dış yüzeyinde  $h_o = 20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  alınabilir.

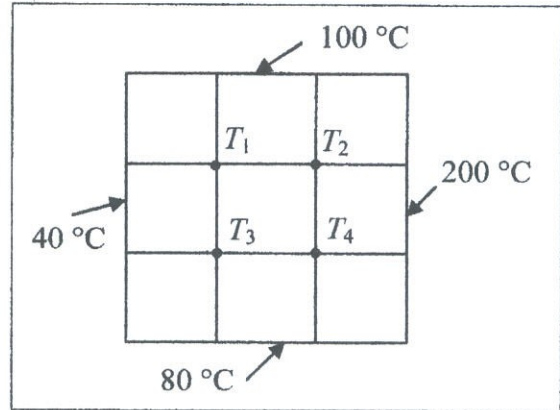
- 2) Elektronik devre elemanı soğutmak amacıyla üzerinde, kare kesitli 36 adet kanat bulunan bir yüzey kullanılacaktır.

Kanatçıklar saf bakırdan olup; kare kesitin bir kenarı  $a = 3 \text{ mm}$ , boyu ise  $L = 16 \text{ mm}$  olacaktır. Kanatların bulunduğu levha da kare şeklinde olup bir kenarı  $30 \text{ mm}$ 'dir. Kanat taban



sıcaklığı ile levha yüzey sıcaklığı aynı olup  $T_b = 85 \text{ }^\circ\text{C}$  ve ortam sıcaklığı da  $T_\infty = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Taban yüzeyi ve kanatçık yüzeyleri ile ortam arasında ısı taşınım katsayısını  $h = 50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  alarak, bu kanatlı yüzey ile elektronik elemandan atılabilecek ısı miktarını hesaplayınız.

- 3) Uzun bir slabın yüzey sıcaklıkları şekilde verildiği gibi belli olduğuna göre slab içindeki 4 noktaya ait sıcaklıkları ( $T_1, T_2, T_3, T_4$ ) sonlu farklar yöntemiyle bulmak için gerekli katsayılar matrisini ve sağ yan vektörünü çözüme uygun bir şekilde oluşturunuz.

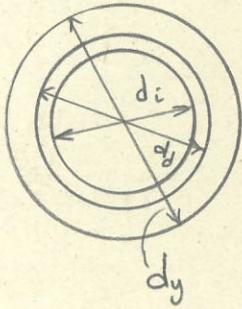


- 4) 0.12 m çapında karbon çelik (AISI 1010) millere, gaz sıcaklığının  $1100 \text{ K}$ , ısı taşınım katsayısının  $130 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  olduğu bir gaz fırınında ısıl işlem yapılacaktır. Eğer miller fırına  $298 \text{ K}$  sıcaklıkta girerlerse, eksen sıcaklığının  $750 \text{ K}$  sıcaklığa erişmesi için ne kadar süre fırında kalmalıdır. (Çelik için gerekli özellikleri  $400 \text{ K}$  sıcaklık değeri için alabilirsiniz.)

Her soru 25 puandır.

Ulluyribay

1)



$$d_i = 5 \text{ cm} \quad r_i = 2,50 \text{ cm}$$

$$d_d = 5,5 \text{ cm} \quad r_d = 2,75 \text{ cm}$$

$$d_y : \text{Yalıtım çapı} \quad r_y : \text{Yalıtım yarıçapı}$$

$$r_y - r_d = \delta_y : \text{Yalıtım kalınlığı (SORULUYOR)}$$

$$T_{\infty,1} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

$$k_b = 60 \text{ W/m}\cdot\text{K} \quad (\text{Boru malzemesine ait } k)$$

$$k_{cy} = 0,05 \text{ ''} \quad (\text{Cam yününe ait } k)$$

$$h_i = 50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

$$h_o = 20 \text{ ''}$$

$q' \leq 100 \text{ W/m}$  olması için yalıtım kalınlığı kaç mm olmalıdır?

$$q' = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{\frac{1}{2\pi r_i h_i} + \frac{\ln(r_d/r_i)}{2\pi k_b} + \frac{\ln(r_y/r_d)}{2\pi k_{cy}} + \frac{1}{2\pi r_y h_o}} \leq 100 \text{ W/m}$$

$q' = 100 \text{ W/m}$  yapan  $r_y$  hesaplanabilir:

$$100 = \frac{300 - 10}{\frac{1}{2\pi \cdot 0,025 \cdot 50} + \frac{\ln(2,75/2,50)}{2\pi \cdot 60} + \frac{\ln(r_y/0,0275)}{2\pi \cdot 0,05} + \frac{1}{2\pi r_y \cdot 20}}$$

$\frac{1}{0,12732} + \frac{\ln(2,75/2,50)}{0,00025} + \frac{\ln(r_y/0,0275)}{2\pi \cdot 0,05} + \frac{1}{2\pi r_y \cdot 20}$

$$100 = \frac{290}{0,12757 + 3,1831 \ln\left(\frac{r_y}{0,0275}\right) + 0,007958/r_y}$$

$$12,757 + 318,31 \ln(36,36 r_y) + 0,7958/r_y = 290$$

1- Devam)

$$\underbrace{318,31 \text{ km} (36,36 r_y)}_{Y_1} = \underbrace{277,243 - 0,7958/r_y}_{Y_2}$$

$r_y$ 'nin değişik değerleri için  $Y_1$  ve  $Y_2$  hesaplanır.  
 $Y_1 \approx Y_2$  yapan  $r_y$  değeri aranan değerdir.

$r_y$ (cm)	$Y_1$	$Y_2$
4	119,24	277,21
6	248,30	277,20
7	297,37	277,19
8	339,87	277,18
6,5	273,78	277,19

$Y_1 =$   
 $Y_2 =$

$r_y$ (m)	Y1	Y2	(Y1-Y2)
0.0625	261.2945	264.5102	-3.2157
0.0630	263.8308	264.6113	-0.7804
0.0635	266.3471	264.7107	1.6364
0.0640	268.8437	264.8086	4.0351

$r_y \approx 0.0635$  alınırsa,  
 $q' \leq 100 \frac{W}{m}$  olması  
 garanti edilmiş olur.

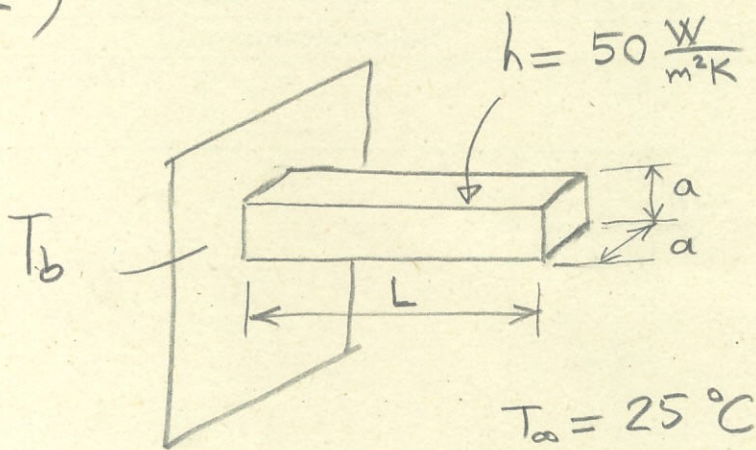
Buna göre yalıtım kalınlığı

$$\delta_y = r_y - r_d = 6,35 - 2,75 \text{ cm} = 3,60 \text{ cm}$$

$\delta_y = \underline{36} \text{ mm}$

bulunur.

2)



$$L = 16 \text{ mm}$$

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$T_b = 85^\circ\text{C}$$

$$N = 36 \text{ adet}$$

$$w = 30 \text{ mm}$$

$$k = 401 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

(300 K için bakırın ısı iletim katsayısı)

Önce bir kanattan transfer olan ısı:

$$q_f = \eta_f q_{\max}$$

$$q_{\max} = h A_f \theta_b$$

$$4a$$

$$A_f = P \cdot L + a^2 = P \cdot L_c$$

$$= 4 \cdot 3 \cdot 16 + 3^2 = 201 \text{ mm}^2$$

$$q_{\max} = 50 \cdot 201 \times 10^{-6} \cdot (85 - 25) = 0,603 \text{ W}$$

$$\eta_f = \frac{\tanh mL_c}{mL_c}$$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}} = \sqrt{\frac{h \cdot 4a}{k \cdot a^2}} = \sqrt{\frac{4h}{k \cdot a}}$$

$$m = \sqrt{\frac{4 \cdot 50}{401 \cdot 0,003}} = 12,89$$

$$L_c = L + \frac{a}{4} = 16 + \frac{3}{4} = 16,75 \text{ mm}$$

$$m \cdot L_c = 12,89 \cdot 16,75 \times 10^{-3} = 0,2159$$

$$\eta_f = \frac{\tanh 0,2159}{0,2159} = \frac{0,2126}{0,2159} = 0,9847 \quad \eta_f \approx \%98$$

$$q_f = 0,98 \cdot 0,603 = 0,59094$$

$$q_f \approx 0,591 \text{ W}$$

2 - Devam)

36 Kanaktan transfer olan ısı  $q_{f,t} = 36 \cdot q_f$ 

$$q_{f,t} = 36 \cdot 0,591 = 21,276$$

$$q_{f,t} = 21,276 \text{ W}$$

Kanatsız taban alanından geçen ısı,  $q_b = ?$ 

$$q_b = h A_b (T_b - T_\infty)$$

$$A_b = w^2 - 36 \cdot a^2 = 30^2 - 36 \cdot 3^2 = 576 \text{ mm}^2$$

$$q_b = 50 \cdot 576 \times 10^{-6} (85 - 25) = 1,728 \text{ W}$$

$$q_t = q_{f,t} + q_b$$

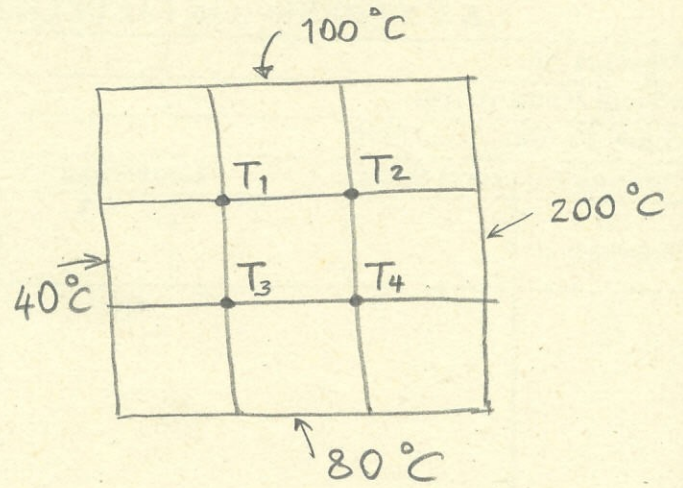
$$q_t = 21,276 + 1,728$$

$$q_t = 23,004 \text{ W}$$

$$q_t \approx 23 \text{ W}$$

3)

Herhangi bir iç düğüm noktası sıcaklığı için sonlu fark ifadesi:  
(Komşu dört düğüm noktası sıcaklıklarının ortalaması) oluyordu.



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

Ya da  $T_{m,n+1} + T_{m+1,n} + T_{m,n-1} + T_{m-1,n} - 4T_{m,n} = 0$

$T_1$  için:

$$100 + T_2 + T_3 + 40 - 4T_1 = 0$$

$$-4T_1 + T_2 + T_3 + 0T_4 = -140 \quad \text{--- (1)}$$

$T_2$  için:  $100 + 200 + T_4 + T_1 - 4T_2 = 0$

$$T_1 - 4T_2 + 0T_3 + T_4 = -300 \quad \text{--- (2)}$$

$T_3$  için:  $T_1 + T_4 + 80 + 40 - 4T_3 = 0$

$$T_1 + 0T_2 - 4T_3 + T_4 = -120 \quad \text{--- (3)}$$

$T_4$  için:  $T_2 + 200 + 80 + T_3 - 4T_4 = 0$

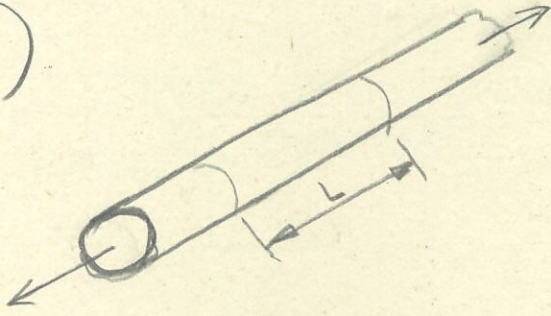
$$0T_1 + T_2 + T_3 - 4T_4 = -280 \quad \text{--- (4)}$$

(1), (2), (3) ve (4) eşitliklerinden:

$$\begin{bmatrix} -4 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -140 \\ -300 \\ -120 \\ -280 \end{bmatrix}$$

bulunur.

4)



$$D = 0,12 \text{ m}$$

$$T_{\infty} = 1100 \text{ K}$$

$$h = 130 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$T_i = 298 \text{ K}$$

$$T_{\text{son}} = 750 \text{ K} \text{ (eksen sıcaklığı)}$$

AISI 1010 için

$$\rho = 7832 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (300 K'de)}$$

$$k = 58,7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \text{ (400 K'de)}$$

$$c_p = 487 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \text{ (400 K'de)}$$

Zamana bağlı sıcaklık değişimini

Sıcaklık basamağı yok kabuğuyla gözülecek:

$$\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = e^{-\frac{hA}{\rho V c_p} t}$$

$$L_c = \frac{V}{A} = \frac{\frac{\pi D^2}{4} \cdot L}{\pi D \cdot L} = \frac{D}{4} = \frac{0,12}{4} = 0,03 \text{ m}$$

$$t = -\frac{\rho V c_p}{hA} \ln\left(\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}\right) = -\frac{\rho L_c c_p}{h} \ln\left(\frac{T - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}}\right)$$

$$t = -\frac{7832 \cdot 0,03 \cdot 487}{130} \ln\left(\frac{750 - 1100}{298 - 1100}\right) = 729,84 \text{ s}$$

$\underbrace{\frac{0,4364}{-0,8292}}$

$$t \approx 730 \text{ s}$$

$$t \approx 12,2 \text{ dakika}$$