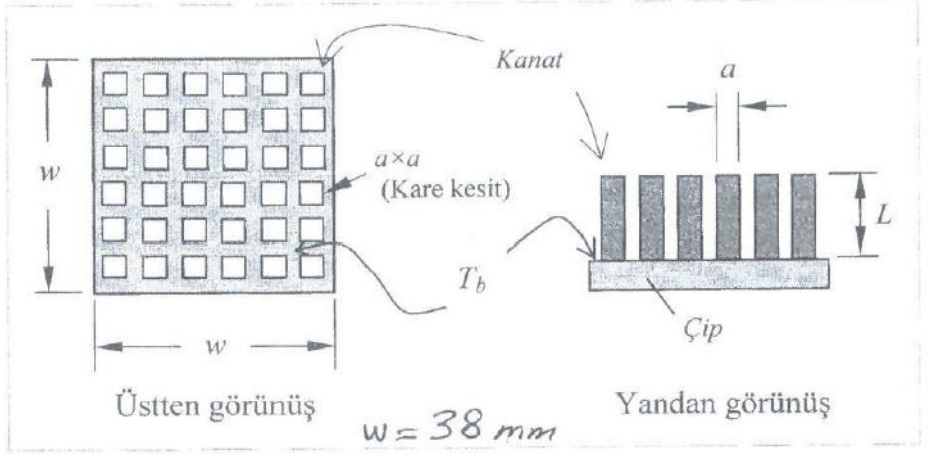


KANATLI YÜZEYLERDE ISI TRANSFERİ ÇÖZÜMLÜ SORULAR

Soru 1:

Elektronik devre elemanı soğutmak amacıyla üzerinde, kare kesitli 36 adet kanat bulunan bir yüzey kullanılacaktır. Kanatçıklar alüminyum alaşımından (Alaşım 2024-T6) yapılmış olup; kare kesitin bir kenarı $a = 4 \text{ mm}$, boyu ise $L = 20 \text{ mm}$ 'dir (Şekile bakınız). Kanatların bulunduğu levha da aynı malzemeden ve kare

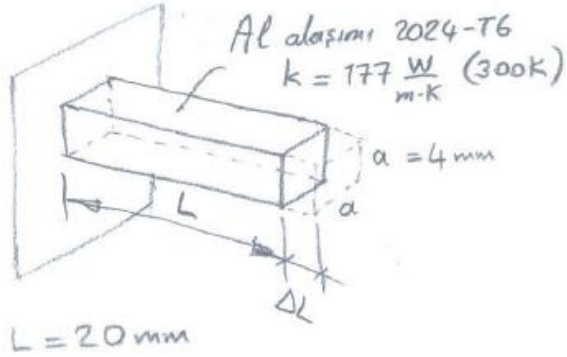


şeklinde olup bir kenarı 38 mm 'dir. Kanat taban sıcaklığı (levha yüzey sıcaklığı ile aynı) $T_b = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ortam sıcaklığı da $T_\infty = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Taban yüzeyi ile ortam ve kanatçık yüzeyleri ile ortam arasında ısı taşınım katsayısı aynı olup, $h = 50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ olarak verilmiştir. Buna göre kanatlı yüzeyin tamamından transfer olan ısı miktarını hesaplayınız.

Çözüm 1:

Kanatlı yüzey, 36 kanat ve tabandan geçen ısının toplamı?

Bir kanattan geçen ısı:



Kare kesitli kısa kanat, ΔL kadar uzatarak ucu yalıtılmış kanat formülleri uygulanabilir.

$$a^2 = 4a(\Delta L) \Rightarrow \Delta L = \frac{a^2}{4a} = \frac{a}{4}$$

$$L_c = L + \Delta L = 20 + \frac{4}{4} = 21 \text{ mm}$$

Adyabatik uclu (yalıtılmış uclu) kanattan geçen ısı:

$$q_f = M \tanh(mL) = \sqrt{hPkA_c} \theta_b \tanh(mL_c) \quad \left(\text{Denklemler 3.76 Sayfa 125} \right)$$

$$m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$$

$$P = 4a \quad A_c = a^2$$

$$\frac{P}{A_c} = \frac{4a}{a^2} = \frac{4}{a}$$

$$m = \sqrt{\frac{50 \cdot 4}{177 \cdot 0,004}} = \sqrt{282,49} = 16,81$$

$$q_f = \sqrt{50 \cdot (4 \cdot 0,004) \cdot 177 \cdot (0,004)^2} \cdot (85 - 35) \cdot \tanh\left(\frac{16,81 \cdot 0,021}{0,33904}\right)$$

0,35301

$$q_f = \sqrt{2,2656 \times 10^{-3}} \cdot 50 \cdot 0,33904 = 0,807 \text{ W}$$

0,0476

36 kanattan geçen ısı : $36 \cdot 0,807 \Rightarrow q_{f,36} = 29,05 \text{ W}$

Kanatlı taban alanından geçen ısı :

$$q_b = h A_b (T_b - T_{\infty}) = h (w^2 - 36a^2) \theta_b \quad (A_b = w^2 - 36a^2)$$

$$q_b = 50 (0,038^2 - 36 \cdot 0,004^2) \cdot (85 - 35) = 50 \cdot (8,68 \times 10^{-4}) \cdot 50$$

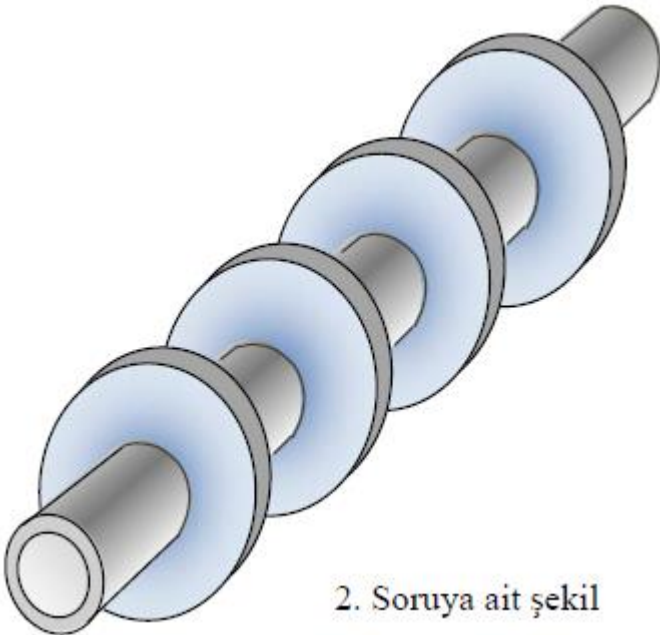
$$q_b = 2,17 \text{ W}$$

Kanatlı yüzeyden geçen toplam ısı $q_t = q_{f,36} + q_b = 29,05 + 2,17$

$$q_t = 31,22 \text{ W}$$

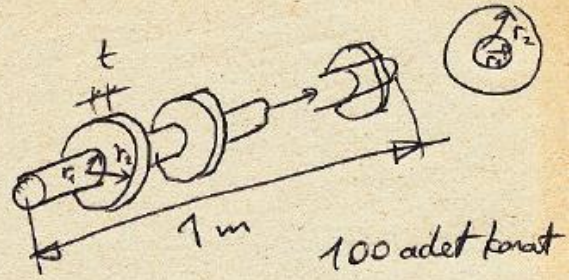
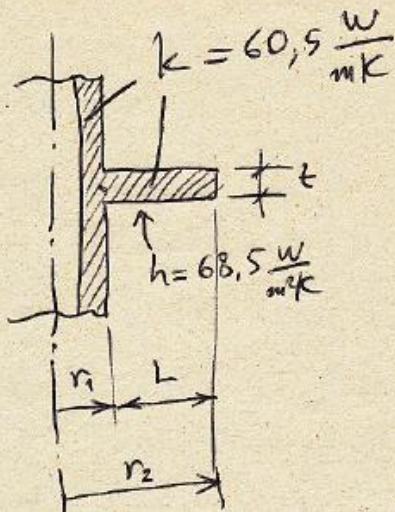
Soru 2:

Dış çapı 32 mm, boyu 1 m olan bir boru üzerine 100 adet dikdörtgen kesitli dairesel kanatçık yerleştirilmiştir (Şematik şekli yanda). Kanatçıkların dış çapı 72 mm ve kalınlıkları ise 2 mm'dir. Borunun içinde 100 °C'de buhar yoğunlaşmaktadır. Kanat taban sıcaklığı, yaklaşık olarak buharın yoğunlaşma sıcaklığı alınabilir. Kanatçıkların ve borunun dış yüzeyi ile ortam havası arasında ısı taşınım katsayısı 68.5 W/m²·K olduğuna göre bu kanatlı borudan 20 °C'lik ortama verilen ısıyı hesaplayınız. (Kanat malzemesi karbon çeliğidir, k=60.5 W/m·K)



2. Soruya ait şekil

2)
 $T_b = 100^\circ\text{C}$
 $T_\infty = 20^\circ\text{C}$



$r_1 = 16 \text{ mm}$ $t = 2 \text{ mm}$
 $r_2 = 36 \text{ mm}$ $L = 20 \text{ mm}$

Bir konaktan transfer olan isi: $q_f = \eta_f \cdot q_{\max}$

$$q_{\max} = h A_f (T_b - T_\infty)$$

$$A_f = 2(\pi r_2^2 - \pi r_1^2) + 2\pi r_2 L$$

$$= 2\pi [(r_2^2 - r_1^2) + r_2 L]$$

$$A_f = 6760,707 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$= 2\pi [(36^2 - 16^2) + 36 \cdot 20] = 6760,707 \text{ mm}^2$$

$$q_{\max} = 68,5 \cdot 6760,707 \times 10^{-6} (100 - 20) = 37,04867 \text{ W}$$

$$\eta_f = ? \left\{ \frac{3/2 \left(\frac{h}{k A_p} \right)^{1/2} \text{ ve } \frac{r_{2c}}{r_1}}{L_c \left(\frac{h}{k A_p} \right)^{1/2}} \right\}^{1/2}$$

$$L_c \left(\frac{h}{k A_p} \right)^{1/2} = 0,021 \left(\frac{68,5}{60,5 \cdot 42 \times 10^{-6}} \right)^{1/2}$$

$$= 0,4997 \approx 0,5$$

$$\frac{r_{2c}}{r_1} = \frac{37}{16} = 2,31 \approx 2,3$$

$\eta_f = 0,80$
 (setil 3.19'dan)
 Sayfa: 132

$$r_{2c} = r_2 + \frac{t}{2}$$

$$r_{2c} = 36 + \frac{2}{2} = 37 \text{ mm}$$

$$L_c = L + \frac{t}{2} = 20 + \frac{2}{2} = 21 \text{ mm}$$

$$A_p = L_c \cdot t = 21 \cdot 2 = 42 \text{ mm}^2$$

$$q_f = \eta_f \cdot q_{\max} = 0,80 \cdot 37,04867$$

$$q_f \approx 29,64 \text{ W}$$

100 konaktan cıkarısı : ~~9~~

$$q_{f.t} = 100 \times 29,64 = 2964 \text{ W}$$

Konatsız baru yüzündeki cıkarısı :

$$\text{Konatsız baru boyu} = 1000 - 100 \times 2 = 800 \text{ mm}$$

$$A_b = 2\pi r_i \cdot L_{\text{konatsız}} = 2\pi \cdot 0,016 \cdot 0,8 = 0,08042 \text{ m}^2$$

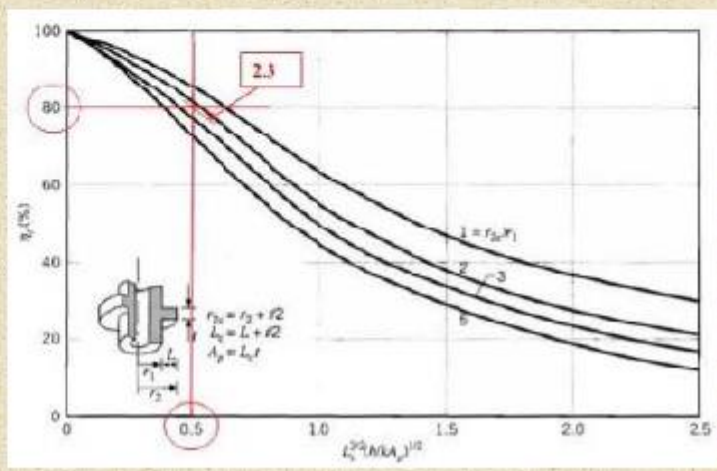
$$q_b = h A_b (T_b - T_{\infty}) = 68,5 \cdot 0,08042 \text{ m}^2 (100 - 20)$$

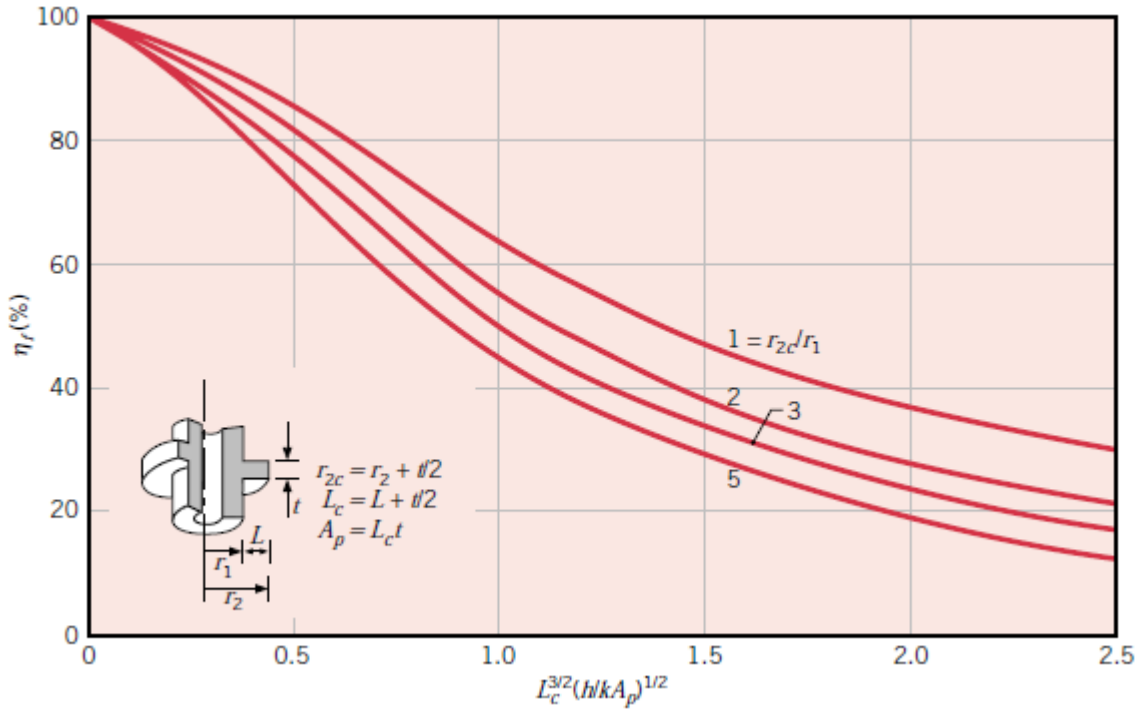
$$q_b = 440,07 \text{ W}$$

$$q_t = q_{f.t} + q_b = 2964 + 440,07$$

$$q_t = 3404,7$$

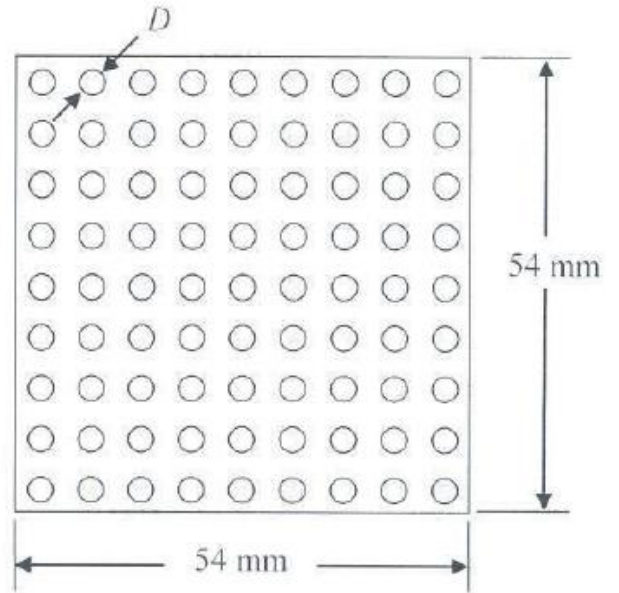
$$q_t \approx 3405 \text{ W}$$



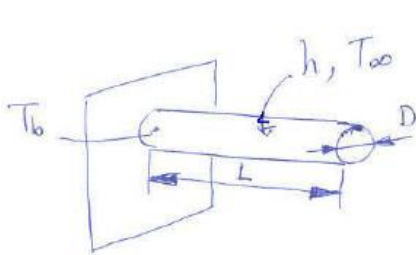


Soru 3:

Kenarları 54×54 mm olan kare şeklindeki bir levha üzerine, çapı $D = 3$ 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 $h = 20$ W/m²·K alınabilir. Kanat malzemesi duralumin olup ısı iletim katsayısı $k = 177$ W/m·K'dir. (25 puan)



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



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

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

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

$$\text{Düzeltilmiş boy } L_c = L + \frac{D}{4}$$

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

$$\eta_f = \frac{\tanh(mL)}{mL} \quad (\text{Ucu yalıtımlı kanat için verilen ifade})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Tabandan transfer olan ısı } q_b = h A_b (T_b - T_\infty)$$

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

Kanatlı yüzeyin tamamından transfer olan ısı

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

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

Soru 4

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)

$$H = 36 \text{ mm}$$

$$h = 35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$W = 22 \text{ mm}$$

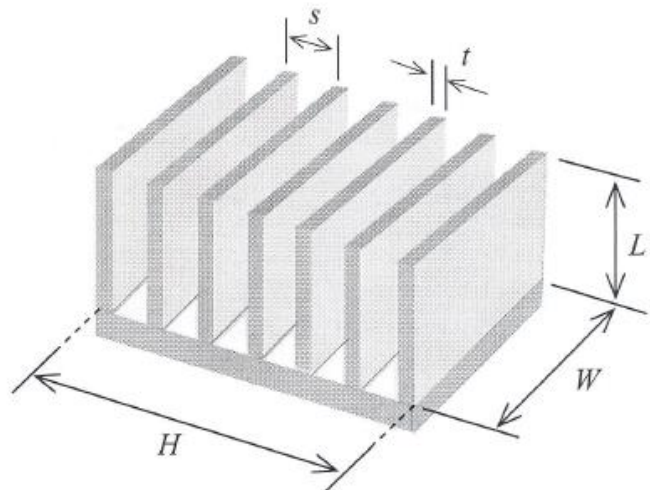
$$T_\infty = 25^\circ\text{C}$$

$$L = 18 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$s = 6 \text{ mm}$$

Malzeme: Alüminyum alaşımı 2024-T6

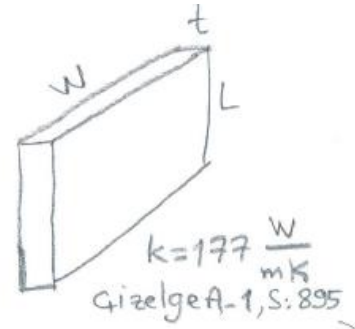


Çözüm 4

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:

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

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

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

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