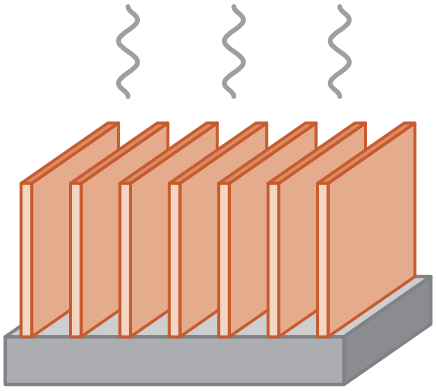
ISI TRANSFERİ

SORU KİTABI

ÖRNEK SAYFALAR

14 ünite · 180 soru · adım adım çözümler



Ertan Sinan Şahin

ertansinansahin.com

Bu kitap nasıl kullanılır?

- Her ünite, soruların dayandığı tanım ve formülleri özetleyen bir hatırlatma kutusuyla açılır.
- Zorluk: ★☆☆ temel ★★☆ orta ★★★ ileri. Her ünitede birkaç çoktan seçmeli kavram sorusu vardır; ünitenin son sorusu, birden çok konuyu birleştiren sınav tipi bir karma sorudur.
- Her sorunun altındaki noktalı alan sizin çözümünüz içindir. Önce kendiniz çözün; takıldığınızda hatırlatma kutusuna ve ders notuna dönün, çözüme en son bakın.
- Bütün çözümler kitabın sonundadır. Sorunun yanındaki Çözüm → bağlantısı çözüme, çözümdeki ← Soru bağlantısı soruya götürür. Kısa cevaplar **CEVAP** kutusundadır. Her çözüm varsayımlarla başlar ve özelliklerin hangi sıcaklıkta okunduğunu yazar.
- **Ek tablolar:** Akışkan ve katı özellikleri, geçici iletim katsayıları, Bessel fonksiyonları, kara cisim ışınım fonksiyonu, yayıcılıklar, taşınım bağıntıları, ısı değiştirici bağıntıları ve görüş faktörleri kitabın sonundaki eklerdedir. Sorular yalnız bu eklerle ve soru metnindeki verilerle çözülür; tablo arasındaki değerler doğrusal enterpolasyonla bulunur.
- **İleri üniteler: 05 ve 11.** İki boyutlu iletim ve sonlu farklar (Ünite 5) ile kaynama ve yoğuşma (Ünite 11) derslerin yaklaşık yarısında işlenir; içindekilerde İLERİ diye işaretlenmiştir. Dersiniz bu konuları kapsamıyorsa bu iki üniteyi atlayabilirsiniz; sonraki üniteler onlara dayanmaz.
- **Vize ve final:** Üniteleri kendi izlencenize göre seçin. Işınımı taşınımdan önce işleyen dersler Ünite 13–14'ü Ünite 7'den önce çalışabilir. Bütün sorular SI birimlerindedir.

İçindekiler

Sayfa numaraları tam kitaba aittir. Renkli üniteler bu örnekte vardır; tıklayınca o üniteye gidersiniz.

1 Temel Kavramlar ve Isı Transferi Mekanizmaları ..... 12 soru 4

2 Isı İletim Denklemi ..... 10 soru 12

3 Kararlı Tek Boyutlu Isı İletimi ..... 16 soru 20

4 Kanatçıklar ..... 12 soru 32

5 İki Boyutlu İletim: Şekil Faktörü ve Sonlu Farklar İLERİ ..... 10 soru 40

6 Geçici Isı İletimi ..... 16 soru 48

7 Taşınımın Temelleri ..... 10 soru 58

8 Dış Zorlanmış Taşınım ..... 14 soru 64

9 İç Zorlanmış Taşınım ..... 16 soru 72

10 Doğal Taşınım ..... 12 soru 83

11 Kaynama ve Yoğuşma İLERİ ..... 10 soru 91

12 Isı Değiştiricileri ..... 16 soru 98

13 Işınımın Temelleri ..... 12 soru 108

14 Yüzeyler Arası Işınım ..... 14 soru 117

Çözümler 126

2. ÜNİTE

ISI İLETİM DENKLEMİ

düzlem duvar	$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\dot{e}_{\text{ür}}=\rho c_p\frac{\partial T}{\partial t}$	belirli sıcaklık	$T(0,t)=T_1$
sabit k	$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\dot{e}_{\text{ür}}}{k}=\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$	belirli ısı akısı	$-k\frac{\partial T(0,t)}{\partial x}=\dot{q}_0$
silindir	$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\dot{e}_{\text{ür}}}{k}=\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$	yalıtılmış, simetri	$\frac{\partial T(0,t)}{\partial x}=0$
küre	$\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\dot{e}_{\text{ür}}}{k}=\frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t}$	taşınım ($x=L$)	$-k\frac{\partial T(L,t)}{\partial x}=h\left[T(L,t)-T_\infty\right]$
değişken k	$k=k_0(1+\beta T):\ \dot{q}=k_{\text{ort}}\frac{T_1-T_2}{L}$	arayüz	$T_A=T_B,\quad k_A\frac{\partial T_A}{\partial x}=k_B\frac{\partial T_B}{\partial x}$
		başlangıç koşulu	$T(x,0)=T_i(x)$

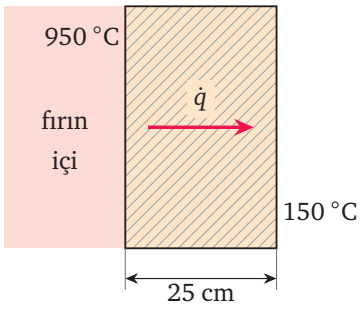
Taşınım ve ışınım sınır koşullarında yüzeyden iletimle gelen akı, yüzeyden akışkana ve çevreye giden akıya eşittir; ışınım için $\varepsilon\sigma[T(L)^4-T_{\text{çev}}^4]$ terimi eklenir. x ekseninin yönü işaretleri belirler: $x=0$'daki yüze soldan akışkan değiyorsa koşul $-k\,\partial T/\partial x=h[T_\infty-T(0)]$ olur. Değişken k için verilen bağıntıda $k_{\text{ort}}=k_0[1+\beta(T_1+T_2)/2]$'dir. Kararlı durumda zamana bağlı terim sıfırdır.

Kararlı tek boyutlu problemlerin çözümü

2.6

★★☆ Çözüm →

Bir ısıl işlem fırınının 25 cm kalınlığındaki şamot tuğla duvarının iç yüzü 950 °C'de, dış yüzü 150 °C'dedir. Tuğlanın ısıl iletkenliği sıcaklıkla doğrusal değişir: $k=0.90(1+5.0\times10^{-4}\,T)$ W/(m·K) (T °C). Isı iletimi kararlı ve tek boyutludur; ısı üretimi yoktur.



a. Duvardan geçen ısı akısını bulunuz.

b. Isı iletim denklemini çözerek duvarın ortasındaki sıcaklığı bulunuz. Bu sıcaklık 550 °C'den neden farklıdır?

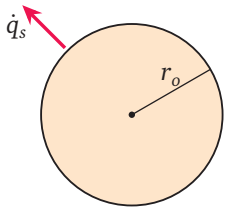
c. Isıl iletkenlik 25 °C'deki değeriyle sabit alınsaydı akı yüzde kaç hatalı bulunurdu?

Karma sorular

2.10

★★★ Çözüm →

Bir kimyasal reaktörde çapı 8 mm olan küresel gözenekli katalizör tanelerinin içinde ekzotermik bir tepkime düzgün $\dot{e}_{\text{ür}} = 4.0 \times 10^6\ \text{W/m}^3$ ısı üretiyor. Tanenin etkin ısıl iletkenliği 0.40 W/(m·K)'dir. Taneler 250 °C'deki gazla $h = 150\ \text{W/(m}^2\text{·K)}$ katsayısıyla ısı alışverişi yapar. Isı iletimi kararlı ve radyaldir.



küre kesiti

a. Küresel koordinatlarda ısı iletim denklemini sınır koşullarıyla çözerek tanedeki sıcaklık dağılımını bulunuz.

b. Tanenin yüzey ve merkez sıcaklıklarını bulunuz.

c. Katalizörün bozulmaması için merkez sıcaklığı 320 °C'yi aşmamalıdır. Aynı koşullarda tane çapı en çok kaç mm olabilir?

3. ÜNİTE

KARARLI TEK BOYUTLU ISI İLETİMİ

düzlem duvar $R_{duv} = \dfrac{L}{kA}$

silindirik katman $R_{sil} = \dfrac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL}$

küresel katman $R_{kür} = \dfrac{r_2 - r_1}{4\pi k\, r_1 r_2}$

taşınım $R_{taş} = \dfrac{1}{hA}$

ışınım $R_{ışn} = \dfrac{1}{h_{ışn}A}$

$h_{ışn} = \varepsilon\sigma\,(T_s^2 + T_{çev}^2)(T_s + T_{çev})$

temas $R_c = \dfrac{R_A}{A}$

seri $\dot{Q} = \dfrac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{top}}, \quad R_{top} = \sum R_i$

paralel $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \cdots$

toplam ısı geçiş katsayısı $UA = \dfrac{1}{R_{top}}$

kritik yarıçap $r_{kr} = \dfrac{k}{h}$ (silindir), $r_{kr} = \dfrac{2k}{h}$ (küre)

ısı üretimli duvar

$T_0 - T_s = \dfrac{\dot{e}_{ür} L^2}{2k}, \quad T_s = T_\infty + \dfrac{\dot{e}_{ür} L}{h}$

ısı üretimli silindir

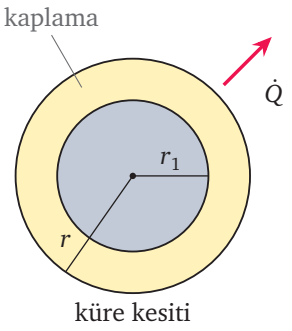
$T_0 - T_s = \dfrac{\dot{e}_{ür} r_o^2}{4k}, \quad T_s = T_\infty + \dfrac{\dot{e}_{ür} r_o}{2h}$

Dirençler K/W birimindedir. R_A, 1 m^2 için dirençtir (m^2·K/W); alana bölünerek $R = R_A/A$ bulunur. Işınım katsayısında sıcaklıklar kelvin cinsindendir; $T_{çev}$ çevre yüzeylerin sıcaklığıdır ve taşınım ile ışınım dirençleri aynı yüzeyde paralel bağlanır. Seri devrede her dirençteki sıcaklık düşüşü $\dot{Q}R$'dir. Isı üretimli düzlem duvarda L yarı kalınlık, T_0 orta düzlemin sıcaklığıdır; silindirde r_o dış yarıçap, T_0 eksenin sıcaklığıdır; iki bağıntıda da bütün yüzey, sıcaklığı T_∞ olan aynı akışkana açıktır. Dış yarıçapı r_{kr}'den küçük olan bir silindire ya da küreye ince yalıtım eklemek ısı kaybını artırır.

Kritik yalıtım yarıçapı

3.12 ★★☆ Çözüm →

Yarıçapı 2 cm olan bir kürenin yüzeyi, içindeki bir ısıtıcıyla 80 °C'de tutuluyor. Küre 20 °C'deki havaya birleşik ısı geçiş katsayısı $h = 16$ W/(m^2·K) ile ısı verir. Küreyi ısıl iletkenliği 0.24 W/(m·K) olan bir malzemeyle kaplamak düşünülüyor; kaplamanın dış yüzeyinde de aynı h geçerlidir ve kürenin yüzey sıcaklığı değişmez.



küre kesiti

a. Kaplamasız kürenin ısı kaybını ve kaplama için kritik yarıçapı bulunuz.

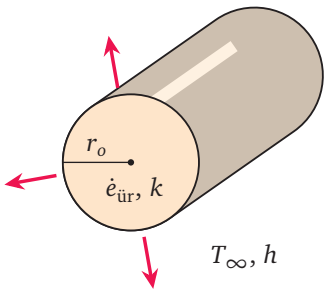
b. Kaplamanın dış yarıçapı kritik yarıçapa eşitse ısı kaybı kaç olur? Kaplamasız duruma göre yüzde kaç artar?

c. Aynı küre için kaplamanın hiçbir kalınlıkta ısı kaybını artırmaması isteniyor. Kaplama malzemesinin ısıl iletkenliği en çok ne olabilir?

Isı üretimli iletim

3.14 ★★☆ Çözüm →

Isıl iletkenliği 1.5 W/(m·K) olan uzun bir katı silindirde birim hacimde 3×10^6 W/m^3 düzgün ısı üretilir. Silindir 25 °C'deki bir akışkanla $h = 500$ W/(m^2·K) ile soğutulur. Malzemenin hiçbir noktasının sıcaklığı 175 °C'yi aşmamalıdır.



a. Silindirin çapı en çok ne olabilir?

b. Bu çapta yüzey sıcaklığını ve birim uzunluk başına ısı geçişini bulunuz.

c. Çap a'daki değerin yarısı alınırsa en yüksek sıcaklık kaç olur?

14. ÜNİTE

YÜZEYLER ARASI IŞINIM

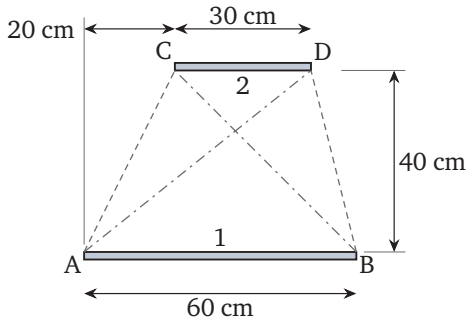
karşılıklılık	$A_i F_{ij} = A_j F_{ji}$	paralel levhalar	$\dot{q} = \dfrac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1}$
toplama kuralı	$\sum_j F_{ij} = 1$	eş eksenli silindir	$\dot{Q} = \dfrac{A_1\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{1/\varepsilon_1 + (1/\varepsilon_2 - 1)\, r_1/r_2}$
çapraz ip	$F_{12} = \dfrac{\sum \text{çapraz} - \sum \text{düz}}{2L_1}$	eş merkezli küre	$\dfrac{r_1}{r_2} \to \left(\dfrac{r_1}{r_2}\right)^2$
kara yüzeyler	$\dot{Q}_{12} = A_1 F_{12}\,\sigma(T_1^4 - T_2^4)$	büyük ortamda küçük cisim	$\dot{Q} = \varepsilon_1 A_1 \sigma(T_1^4 - T_2^4)$
yüzey direnci	$\dfrac{1-\varepsilon_i}{A_i\varepsilon_i}, \quad \dot{Q}_i = \dfrac{E_{bi} - J_i}{(1-\varepsilon_i)/(A_i\varepsilon_i)}$	yeniden ışıyan yüzey	$\dot{Q}_R = 0, \quad J_R = E_{bR}$
uzay direnci	$\dfrac{1}{A_i F_{ij}}, \quad \dot{Q}_{ij} = A_i F_{ij}(J_i - J_j)$	N eş kalkan	$\dot{Q}_N = \dfrac{\dot{Q}_0}{N+1}$

Görüş faktörü bağıntıları Ek G-1'de, yayıcılıklar Ek D-2'dedir. Yüzeyler aksi söylenmedikçe opak, yayınık, gri ve izotermaldir; aradaki ortam ışınımı soğurmaz. Işınım devresinde $E_b = \sigma T^4$ (sıcaklık kelvin) ve J ışınım yoğunluğu (radyozite) potansiyel, $\dot{Q}$ akım gibidir; N kalkan formülünde bütün yüzeylerin yayıcılığı aynıdır. Büyük bir ortam ya da açıklık, ortam sıcaklığında kara yüzey sayılır.

Görüş faktörü

14.4 ★★☆ Çözüm →

Şekilde kesiti görülen iki uzun şerit birbirine paraleldir. Şerit 1 (AB) 60 cm, şerit 2 (CD) 30 cm genişliğindedir ve şerit 1'in 40 cm yukarısındadır; C noktası A'dan yatayda 20 cm içeridedir. Şeritler sayfa düzlemine dik doğrultuda çok uzundur.



a. Çapraz ip yöntemiyle F_{12}'yi bulunuz.

b. F_{21} kaçtır?

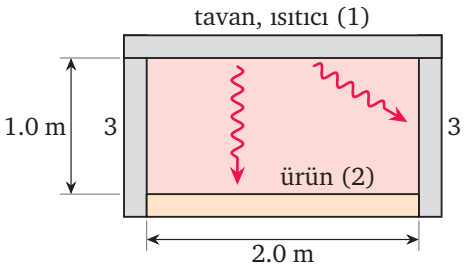
c. İki şeridin birbirine bakan yüzlerinin ışınımının yüzde kaçı çevreye gider?

Kara yüzeyler arasında ışınım

14.6

★★☆ Çözüm →

Sürekli çalışan uzun bir tünel fırının kesiti 2.0 m genişliğinde, 1.0 m yüksekliğinde bir dikdörtgendir. Tavandaki ısıtıcılar tavan yüzeyini (1) 1200 K'de tutar; tabanı kaplayan ürünler (2) 520 K'dedir; iki yan duvar (3) 900 K'dedir. Bütün yüzeyleri kara kabul ediniz; fırın boyunca 1 m'lik bir kesim için:



a. Tavandan tabana ve tavandan yan duvarlara görüş faktörlerini bulunuz.

b. Tavanın ışınımla verdiği net ısıyı ve ürünlerin aldığı net ısıyı bulunuz.

c. Yan duvarların sıcaklığı sabit kalıyorsa duvarlardan dışarıya ne kadar ısı geçmektedir?

ÇÖZÜMLER

2 ISI İLETİM DENKLEMİ

2.6

← Soru

Varsayımlar: kararlı, tek boyutlu iletim; üretim yok; $k(T)$ verildiği gibi.

a. $\frac{d}{dx}(k\frac{dT}{dx})=0$ olduğundan $\dot q = -k\,dT/dx$ sabittir; 0'dan L'ye integrallenir:

$$\dot q L = \int_{T_2}^{T_1} k\,dT = k_{\text{ort}}(T_1 - T_2)$$

$$k_{\text{ort}} = 0.90\big[1 + 5.0\times10^{-4}(550)\big] = 1.1475\ \text{W/(m·K)}$$

$$\dot q = \frac{1.1475(800)}{0.25} = 3672\ \text{W/m}^2$$

b. 0'dan x'e integrallenirse, $F(T) = T + \frac{\beta}{2}T^2$ ile:

$$F(T) = F(T_1) - \big[F(T_1) - F(T_2)\big]\frac{x}{L}$$

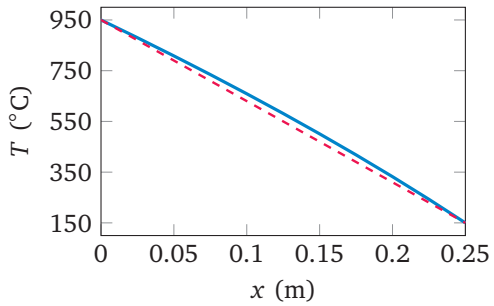
$$F(950) = 1175.6, \quad F(150) = 155.6$$

Ortada $(x = L/2)$ $F = 665.6$:

$$2.5\times10^{-4}\,T^2 + T - 665.6 = 0$$

$$T = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4(2.5\times10^{-4})(665.6)}}{2(2.5\times10^{-4})} = 581.2\ ^\circ\text{C}$$

Akı sabit olduğundan eğim k ile ters orantılıdır: sıcak tarafta k büyük (1.328), eğim küçük; soğuk tarafta k küçük (0.968 W/(m·K)), eğim büyük. Profil doğrusal değildir ve ortası doğrusal değerin (550 °C) üstündedir.



(Mavi: gerçek profil; kırmızı kesikli: sabit k ile doğrusal profil.)

c. $k(25) = 0.90[1 + 5.0\times10^{-4}(25)] = 0.9113$ W/(m·K):

$$\dot q = \frac{0.9113(800)}{0.25} = 2916\ \text{W/m}^2$$

Akı $1 - 2916/3672 = 0.206$, yani %20.6 küçük bulunurdu.

CEVAP **a.** 3672 W/m² **b.** 581.2 °C **c.** %20.6 az

2.10

← Soru

Varsayımlar: kararlı, radyal iletim; düzgün ısı üretimi; k ve h sabit; ışınım ihmal.

a. Denklem ve sınır koşulları:

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\Big(r^2\frac{dT}{dr}\Big) = -\frac{\dot e_{\text{ür}}}{k}$$

$$\frac{dT(0)}{dr} = 0, \qquad -k\frac{dT(r_o)}{dr} = h\big[T(r_o) - T_\infty\big]$$

Bir kez integrallenir; merkezde eğimin sonlu (sıfır) olması sabiti sıfır yapar:

$$\frac{dT}{dr} = -\frac{\dot e_{\text{ür}}\,r}{3k}$$

Yüzey koşulundan $T_s = T_\infty + \dot e_{\text{ür}} r_o/(3h)$; ikinci integral:

$$T(r) = T_\infty + \frac{\dot e_{\text{ür}} r_o}{3h} + \frac{\dot e_{\text{ür}}}{6k}(r_o^2 - r^2)$$

b. $r_o = 0.004$ m:

$$T_s = 250 + \frac{4.0\times10^6(0.004)}{3(150)} = 285.6\ ^\circ\text{C}$$

$$T(0) - T_s = \frac{4.0\times10^6(0.004)^2}{6(0.40)} = 26.67\ ^\circ\text{C}$$

$$T(0) = 285.6 + 26.67 = 312.2\ ^\circ\text{C}$$

Yüzeydeki akı $\dot e_{\text{ür}} r_o/3 = 5333$ W/m²'dir.

c. $T(0) - T_\infty = 70$ °C koşulu r_o için ikinci derece denklemdir:

$$\frac{\dot e_{\text{ür}}}{6k}r_o^2 + \frac{\dot e_{\text{ür}}}{3h}r_o - 70 = 0$$

$$1.667\times10^6\,r_o^2 + 8889\,r_o - 70 = 0$$

$$r_o = \frac{-8889 + \sqrt{8889^2 + 4(1.667\times10^6)(70)}}{2(1.667\times10^6)}$$

$$r_o = 4.341\times10^{-3}\ \text{m}, \qquad D = 8.68\ \text{mm}$$

Büyük tanede üretilen ısı hacimle (r_o^3), dışarı verildiği

ertansinansahin.com

yüzey ise r_o^2 ile artar; bu yüzden merkez sıcaklığı çapla hızla yükselir.

CEVAP **a.** $T(r) = T_\infty + \frac{\dot{e}_{\text{ür}} r_o}{3h} + \frac{\dot{e}_{\text{ür}}}{6k}(r_o^2 - r^2)$ **b.** $T_s = 285.6\,^\circ\text{C}$, $T(0) = 312.2\,^\circ\text{C}$ **c.** 8.68 mm

3 KARARLI TEK BOYUTLU ISI İLETİMİ

3.12

← Soru

Varsayımlar: kararlı, radyal iletim; özellikler sabit; kaplama ile küre arasında temas direnci yok; h ışınımı içerir ve kaplamadan etkilenmez.

a. Kaplamasız küre:

$$\dot{Q}_0 = h(4\pi r_1^2)(T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_0 = 16(4\pi)(0.02)^2(60) = 4.825\ \text{W}$$

$$r_{\text{kr}} = \frac{2k}{h} = \frac{2(0.24)}{16} = 0.030\ \text{m} = 30\ \text{mm}.$$

$r_1 = 20\ \text{mm} < r_{\text{kr}}$ olduğundan ince kaplama kaybı artırır.

b. $r = 0.030$ m için dirençler (K/W):

$$R_{\text{kap}} = \frac{1/0.02 - 1/0.03}{4\pi(0.24)} = 5.526$$

$$R_{\text{taş}} = \frac{1}{16(4\pi)(0.03)^2} = 5.526$$

$$\dot{Q} = \frac{60}{11.052} = 5.429\ \text{W}, \qquad \frac{5.429}{4.825} = 1.125$$

Kayıp %12.5 artar; bu, kaplamayla ulaşılabilecek en büyük kayıptır.

c. Toplam direnç $r > r_{\text{kr}}$ için dış yarıçapla artar, $r < r_{\text{kr}}$ için azalır. Kaplamanın hiçbir kalınlıkta kaybı artırmaması için kürenin yarıçapı kritik yarıçaptan küçük olmamalıdır:

$$r_1 \geq r_{\text{kr}} = \frac{2k}{h} \Rightarrow k \leq \frac{hr_1}{2}$$

$$k \leq \frac{16(0.02)}{2} = 0.16\ \text{W/(m·K)}.$$

Bu değerde $r_{\text{kr}} = r_1 = 20$ mm olur; her kaplama toplam direnci artırır. Verilen $k = 0.24$ W/(m·K)'lik malzemeyle ise kayıp, ancak kaplama 40 mm'den kalın olunca ($1/r = h/k - 1/r_1$ ile $r = 60$ mm) kaplamasız değerin altına iner.

CEVAP **a.** $\dot{Q}_0 = 4.825$ W, $r_{\text{kr}} = 30$ mm **b.** 5.429 W, %12.5 **c.** $k \leq 0.16$ W/(m·K)

3.14

← Soru

Varsayımlar: kararlı, radyal (tek boyutlu) iletim; k sabit; ısı üretimi düzgün. En yüksek sıcaklık eksendedir (T_0).

a. Yüzey enerji dengesi $h(2\pi r_o)(T_s - T_\infty) = \dot{e}_{\text{ür}}\pi r_o^2$ ve silindir içindeki fark birlikte:

$$T_0 - T_\infty = \frac{\dot{e}_{\text{ür}} r_o}{2h} + \frac{\dot{e}_{\text{ür}} r_o^2}{4k}.$$

$\dot{e}_{\text{ür}}/(2h) = 3000$ K/m, $\dot{e}_{\text{ür}}/(4k) = 5.0 \times 10^5$ K/m^2 ve $T_0 - T_\infty = 150$ K:

$$5.0 \times 10^5 r_o^2 + 3000 r_o - 150 = 0$$

$$r_o = \frac{-3000 + \sqrt{3000^2 + 4(5.0 \times 10^5)(150)}}{2(5.0 \times 10^5)}$$

$$r_o = \frac{-3000 + 17\,578}{10^6} = 0.01458\ \text{m}.$$

En büyük çap $D = 2r_o = 29.2$ mm'dir.

b. Yüzey sıcaklığı ve birim uzunluk başına ısı geçişi:

$$T_s = 25 + 3000(0.01458) = 68.7\,^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}/L = \dot{e}_{\text{ür}}\pi r_o^2 = 3 \times 10^6 \pi (0.01458)^2 = 2003\ \text{W/m}.$$

Kontrol: $T_0 - T_s = 5.0 \times 10^5 (0.01458)^2 = 106.3$ K; $68.7 + 106.3 = 175\,^\circ$C.

c. $r_o = 0.00729$ m:

$$T_0 = 25 + 3000(0.00729) + 5.0 \times 10^5 (0.00729)^2$$

$$T_0 = 25 + 21.87 + 26.57 = 73.4\,^\circ\text{C}.$$

Çap yarıya inince taşınım farkı yarıya, iç fark dörtte bire iner; en yüksek sıcaklık 175 °C'den 73.4 °C'ye düşer.

CEVAP **a.** $D = 29.2$ mm **b.** $T_s = 68.7\,^\circ$C, $\dot{Q}/L = 2003$ W/m **c.** $T_0 = 73.4\,^\circ$C

ertansinansahin.com

14 YÜZEYLER ARASI IŞINIM

14.4

← Soru

Varsayımlar: iki boyutlu (sonsuz uzun) geometri; şeritler düz.

a. İp uzunlukları (cm):

$$AC = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44.72$$

$$BD = \sqrt{10^2 + 40^2} = 41.23$$

$$AD = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64.03$$

$$BC = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56.57$$

Çapraz ipler AD ve BC, çapraz olmayanlar AC ve BD:

$$F_{12} = \frac{(64.03 + 56.57) - (44.72 + 41.23)}{2(60)} = 0.2887$$

b. Birim uzunluk için $A_1 = 0.60$, $A_2 = 0.30$:

$$F_{21} = \frac{0.60}{0.30}(0.2887) = 0.5775$$

c. Şeritler düzdür; birbirini görmeyen kısım çevreye gider:

$$F_{1\to\text{çev}} = 1 - 0.2887 = 0.7113$$

$$F_{2\to\text{çev}} = 1 - 0.5775 = 0.4225$$

Şerit 1'in ışınımının %71.1'i, şerit 2'ninkinin %42.3'ü çevreye gider.

CEVAP **a.** $F_{12} = 0.2887$ **b.** $F_{21} = 0.5775$ **c.** %71.1; %42.3

14.6

← Soru

Varsayımlar: kara, izotermal yüzeyler; iki boyutlu geometri (fırın uzun, uç etkileri yok); gazlar ışınımı soğurmaz.

a. Çapraz ip yöntemi: çapraz ipler iki köşegen ($\sqrt{5} = 2.236$ m), çapraz olmayanlar iki yan duvar (1 m):

$$F_{12} = \frac{2(2.236) - 2(1)}{2(2)} = 0.6180, \qquad F_{13} = 0.3820$$

b. $E_{b1} = 117\,573$, $E_{b2} = 4146$, $E_{b3} = 37\,201$ W/m^2; $A_1 = A_2 = 2$ m^2, $A_3 = 2$ m^2 (iki duvar):

$$\dot{Q}_{12} = 2(0.6180)(117\,573 - 4146) = 1.402 \times 10^5 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{13} = 2(0.3820)(117\,573 - 37\,201) = 6.140 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_1 = 2.016 \times 10^5 \text{ W}$$

Simetriden $A_3F_{32} = A_2F_{23} = A_1F_{13}$:

$$\dot{Q}_{32} = 2(0.3820)(37\,201 - 4146) = 2.525 \times 10^4 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_2 = 1.402 \times 10^5 + 2.525 \times 10^4 = 1.655 \times 10^5 \text{ W}$$

c. Yan duvarların net ışınım kazancı:

$$\dot{Q}_{13} - \dot{Q}_{32} = 6.140 \times 10^4 - 2.525 \times 10^4 = 3.615 \times 10^4 \text{ W}$$

Bu ısı duvarlardan iletimle dışarı geçer; fırının 1 m'si için tavan 201.6 kW verir, ürün 165.5 kW alır.

CEVAP **a.** $F_{12} = 0.6180$, $F_{13} = 0.3820$ **b.** 2.016×10^5 W; 1.655×10^5 W **c.** 3.615×10^4 W

ertansinansahin.com

KİTABIN TAMAMINDA

- 14 ünite, 180 soru ve hepsinin adım adım çözümü.
- Her ünitenin başında, soruların dayandığı bağıntıları özetleyen hatırlatma kutusu.
- Temel, orta ve ileri düzeyde sorular; her sorunun altında kendi çözümünüz için noktalı alan.
- Sorudan çözüme, çözümden soruya tek tıkla geçiş.
- Kitabın sonunda kendi hazırladığımız 20 sayfalık ek: hava, su, su buharı, gazlar, R-134a, yağ ve glikol çözeltisinin özellikleri, katıların özellikleri, geçici iletim katsayıları, kara cisim ışınım fonksiyonu ve yüzey özellikleri, taşınım, kaynama ve yoğuşma bağıntıları, ısı değiştirici etkinlik bağıntıları ve görüş faktörleri.

ertansinansahin.com