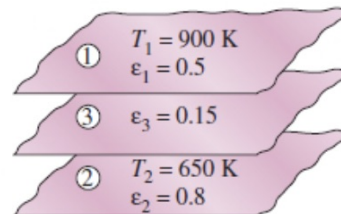


Øving 12

En tynn aluminiumsplate med en emissivitet på 0,15 på begge sider er plassert mellom to veldig store parallelle plater. Disse blir holdt ved uniforme temperaturer $T_1 = 900$ K og $T_2 = 650$ K og har emissivitet på henholdsvis 0,5 og 0,8.

Finn nettrotaten av strålingsvarmeoverføringen mellom de to platene per enhetsoverflateareal av platene.

Gi svaret ditt i W/m^2 og som et heiltall.



Får et varmeskjold fra Al platen $\Rightarrow$ Ny faktor under brøkstreken i formelen for å ta hensyn til varmeoverføringen til og fra skjoldet:

$$q_{1 \rightarrow 2} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1\right) + \left(\frac{1}{\epsilon_{3,1}} + \frac{1}{\epsilon_{3,2}} - 1\right)} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (900^4 - 650^4)}{\left(\frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,8} - 1\right) + \left(\frac{1}{0,15} + \frac{1}{0,15} - 1\right)} = 1857 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Hva vil varmeoverføringen være uten aluminiumsplatene mellom platene?

$$q_{1 \rightarrow 2} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} (900^4 - 650^4)}{\left(\frac{1}{0,5} + \frac{1}{0,8} - 1\right)} = 12035 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Et termoelement som blir brukt til å måle temperaturen av en varm luftstrøm i en kanal med vegger som holder $T_w = 500$ K, viser temperaturen $T_{th} = 850$ K. Anta at emissiviteten av termoelementet sin forbindelse er 0,6 og konveksjonsvarmeoverføringen er $h_c = 60 \text{ W/m}^2\text{K}$. Finn den faktiske lufttemperaturen.

Oppgi svaret i K og som et heiltall.

Steady state: $q_{conv} = q_{rad}$

$$A \cdot h_c (T_g - T_{th}) = A \cdot \sigma \cdot \epsilon (T_{th}^4 - T_w^4)$$

$$T_g = T_{th} + \frac{\sigma \epsilon (T_{th}^4 - T_w^4)}{h_{conv}} = 850 + \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 0,6 \cdot (850^4 - 500^4)}{60}$$

$$T_g = 1111 \text{ K}$$

En kubisk ovn med sidelengder på 6 m inneholder forbrenningsgasser ved 1000 K og et totaltrykk på 1 atm. Komposisjonen av forbrenningsgassene er 75% N_2 , 9% H_2O , 6% O_2 og 10% CO_2 .

Table 10.5 The Equivalent Length L_e for Several Gas Volume Shapes*

Shape of Gas Volume	Actual Dimension	Equivalent Length
Sphere, radiation to internal surface	Diameter D	$L_e \approx 0,60D$
Infinite cylinder, radiation to entire internal surface	Diameter D	$L_e \approx 0,95D$
Circular cylinder with height $= D$, radiation to entire surface	Diameter D	$L_e \approx 0,6D$
Circular cylinder with height $= D$, radiation to spot in the center of base	Diameter D	$L_e \approx 0,77D$
Semi-infinite circular cylinder, radiation to entire base	Diameter D	$L_e \approx 0,65D$
Semi-infinite cylinder, radiation to spot in the center of base	Diameter D	$L_e \approx 0,9D$
Cube, radiation to one face	Side a	$L_e \approx 0,67a$
Space between two infinite parallel planes, radiation to both planes	Spacing s	$L_e \approx 1,8s$
Space between tubes in an infinite tube bundle with tube diameter $=$ clearance between two closest tube walls, radiation to a single tube, tube centers on		
Equilateral triangles	Tube diameter D	$L_e \approx 2,8D$
Squares	Tube diameter D	$L_e \approx 3,5D$
Arbitrary volume V surrounded by surface A , radiation to A	V, A	$L_e \approx 3,6 \frac{V}{A}$

* L_e replaces L in Figs. 10.26–10.29 (after Hottel [15]).

$$L = 0,67 \cdot 6 \text{ m} = 4,02 \text{ m}$$

Finn p_{cL} .

Gi svaret ditt i $\text{m}^* \text{atm}$ og med tre desimaler.

$$p_c = 1 \text{ atm} \cdot 0,1 = 0,1 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow p_{cL} = 4,02 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ atm} = 0,402 \text{ m} \cdot \text{atm}$$

Se oppgaveteksten i oppgave 3 a). Finn p_{wL} .

Gi svaret ditt i $\text{m}^* \text{atm}$ og med to desimaler.

$$p_w = 0,09 \cdot 1 \text{ atm} = 0,09 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow p_{wL} = 0,362 \text{ m} \cdot \text{atm}$$

Se oppgaveteksten i oppgave 3 a). Finn den effektive emissiviteten til forbrenningsgassene.

$$l = 3,24 \text{ ft} \Rightarrow P_w L = 1,19 \text{ ft} \cdot \text{atm}$$

$$P_c L = 1,32 \text{ ft} \cdot \text{atm}$$

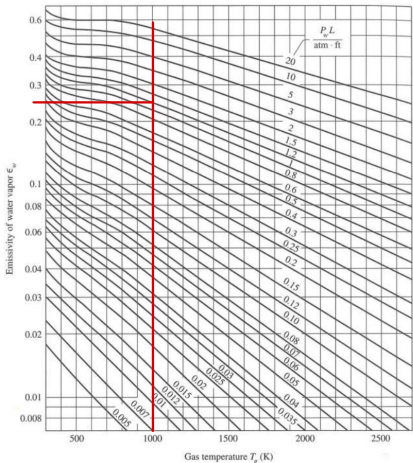


Figure 10.28 The emissivity of water vapor in a mixture with nonparticipating gases at a mixture pressure of 1 atm. The length L is defined in Fig. 10.25 or in Table 10.5. (Hottel [15], with permission from McGraw-Hill Book Company.)

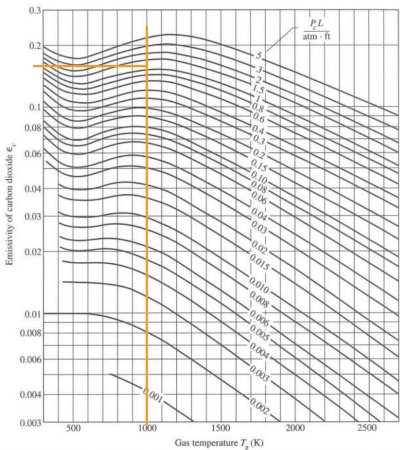


Figure 10.26 The emissivity of carbon dioxide in a mixture with nonparticipating gases at a mixture pressure of 1 atm. The length L is defined in Fig. 10.25 or in Table 10.5. (Hottel [15], with permission from McGraw-Hill Book Company.)

$$\epsilon_w \approx 0,26$$

$$\epsilon_c \approx 0,17$$

1000 K $\Rightarrow$ $\approx$ Snitt av disse

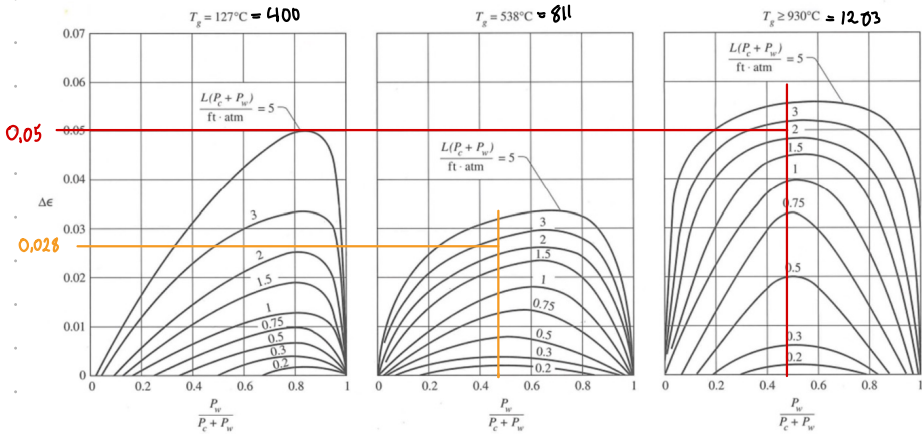


Figure 10.30 Correction for gas emissivity when carbon dioxide and water vapor are present simultaneously in a mixture with nonparticipating gases. (Hottel [15], with permission from McGraw-Hill Book Company.)

$$P_w L + P_c L = 2,51$$

$$\frac{P_w}{P_c + P_w} = \frac{0,09}{0,1+0,09} = 0,474$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_{811} \epsilon = 0,028 \\ \Delta_{1203} \epsilon = 0,05 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta_{1000} \epsilon \approx 0,039$$

$$\text{Ved } P_{\text{tot}} = 1 \text{ atm er } C_c = C_w = 1$$

$$\epsilon_g = C_c \epsilon_c + C_w \epsilon_w - \Delta \epsilon = 1 \cdot 0,17 + 1 \cdot 0,26 - 0,039$$

$$\epsilon_g = 0,391$$

Et brød med overflatetemperatur 100°C stekes i en ovn med vegg og lufttemperatur 200°C. Brødet ligger på et åpent transportbælte av ståltrådduk og transporteres langsomt gjennom ovnen. Hvert brød kan betraktes som en liggende sylinder med vertikale ender, diameter 100 mm og lengde 300 mm. Emissiviteten er anslått til $\epsilon_b = 0,85$. For ovnsflatene er den anslått til $\epsilon_o = 0,75$. Strålingstallet for et sort legeme, $s = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$.

Varmeoverføringen mellom to overflater kan beskrives med ligning:

$$Q_{12} = \frac{1}{(1 - \epsilon_b)/(A_1 \epsilon_b) + 1/(A_1 F_{12}) + (1 - \epsilon_o)/(A_2 \epsilon_o)} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Hvor ϵ_b er emissiviteten til brød og ϵ_o er emissiviteten til ovn. A_1 er overflatearealet til brød og A_2 er overflatearealet til ovn.

Egenskapene til luft:

N_{Pr}	=	0.703	
k	=	0.032954	W/Km
m	=	2.29E-05	kg / s m
ρ	=	0.88624	kg/m ³

a) Du kan anta at brødet er lite sammenlignet med ovnen og at hele overflaten mottar og avgir stråling. Dette betyr at ligningen forenkles til

Brødet er lite: $A_1 \ll A_2 \Rightarrow \frac{1 - \epsilon_o}{A_2 \epsilon_o}$ vil bli mye mindre enn de andre leddene, og er neglisjerbart, ≈ 0

Hele overflaten... $\Rightarrow$ All stråling fra brødet treffer ovnsveggen $\Rightarrow F_{12} = 1$

$$\Rightarrow Q_{12} = \frac{1}{\frac{1 - \epsilon_b}{A_1 \epsilon_b} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1 - \epsilon_o}{A_2 \epsilon_o}} \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \frac{1}{\frac{1 - \epsilon_b}{A_1 \epsilon_b} + \frac{1}{A_1}} \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \frac{A_1 \epsilon_b}{1 - \epsilon_b + \epsilon_b} \sigma (T_1^4 - T_2^4) = \sigma \epsilon_b A_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

Beregn varmeoverføringsraten til brødet ved stråling.

$$Q_{21} = -Q_{12} = -A_1 \epsilon_b \sigma (T_1^4 - T_2^4) = -0,110 \cdot 0,85 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (373^4 - 473^4)$$

$$Q_{21} = 163 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Beregn på neste side: A_{tot}

Strålingsfluksen kan beskrives på samme måte som varmeovergangstall ved konveksjon. Beregn, varmeovergangskoeffisienten ved stråling.

$$Q_{12} = h_r A_1 (T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow h_r = \frac{Q_{12}}{A_1 (T_2 - T_1)} = \frac{163}{0,11 \cdot 100} = 14,81$$

Hva er gjennomsnittlig konvektiv varmeovergangstallet mellom brød og luft?

Antar naturlig konveksjon

$$N_{Nu} = a (N_{Gr} N_{Pr})^m$$

For både ender og sideflate:

$$N_{Gr} = \text{Grashofs tall} = \frac{L^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu^2} = \frac{0,1^3 \cdot 0,88624^2 \cdot 9,81 \cdot 0,002512 \cdot (200 - 100)}{(2,29 \cdot 10^{-5})^2}$$

$$= 3,69 \cdot 10^6$$

$$N_{Gr} N_{Pr} = 2,59 \cdot 10^6$$

$$\text{Sylinder: } a = 0,53, m = 0,25 \Rightarrow N_{Nu} = a (N_{Gr} N_{Pr})^m = 21,3, h = \frac{N_{Nu} \cdot k}{L} = 7,01 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$\text{Sider: } a = 0,59, m = 0,25 \Rightarrow N_{Nu} = 23,7, h = 7,8 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

Egenskapene til luft:

N_{Pr}	=	0.703	
k	=	0.032954	W/Km
μ	=	2.29E-05	kg / s m
ρ	=	0.88624	kg/m ³
β	=	0,002512	1/K

Geometri	$N_{Gr} N_{Pr}$	a	m
Vertikale flate plater og sylinder	$< 10^4$	1.36	1/5
L = Høyden	$10^4 - 10^9$	0.59	1/4
[L < 1m]	$> 10^9$	0.13	1/3
Horisontale sylinder	$< 10^5$	0.49	0
Diameter D brukes for L og D < 0.2m	$10^5 - 10^3$	0.71	1/25
	$10^3 - 1$	1.09	1/10
	$1 - 10^4$	1.09	1/5
	$10^4 - 10^9$	0.53	1/4
	$> 10^9$	0.13	1/3

Ser at $L = 0,1$ for både sylinderflaten og endene

$$A_{\text{syl}} = \pi d \cdot L = \pi \cdot 0,1 \cdot 0,3 = 0,0942 \text{ m}$$

$$A_{\text{ender}} = 2\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,1}{2}\right)^2 = 0,0157 \text{ m}$$

↑
2 ender

$$A_{\text{tot}} = A_{\text{syl}} + A_{\text{ender}} = 0,110 \text{ m}$$

$$\bar{h}_{\text{conv}} = \frac{h_{\text{syl}} \cdot A_{\text{syl}} + h_{\text{ender}} \cdot A_{\text{ender}}}{A_{\text{tot}}} = \frac{0,0942 \cdot 7,01 + 0,0157 \cdot 7,8}{0,110} = 7,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Hva blir den totale varmeoverføringsraten når også naturlig konveksjon tas med?

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{rad}} + Q_{\text{conv}}$$

$$= 163 + A_{\text{tot}} \cdot \bar{h}_{\text{conv}} \cdot (T_2 - T_1)$$

$$= 163 + 78$$

$$Q_{\text{tot}} = 241 \text{ W}$$