มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2548

วันที่ 2 มีนาคม 2549 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 216-332 Heat Transfer ห้อง หัวหุ่น

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ และให้เขียนได้ทั้ง 2 หน้า
3. ห้ามนำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
4. ให้เขียนชื่อ และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น

กำหนดให้

1. Stefan-Boltzmann constant $\sigma = 5.6697 \text{x} 10^{-8}\ \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

ผศ.ดร.ชูเกียรติ คุปตานนท์

อ.พุทธิพงศ์ แสนสบาย

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20	
2	25	
3	25	
4	20	
5	35	
คะแนนรวม	125	

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

สังกัดหลักสูตรวิศวกรรม.....

ตอน.....

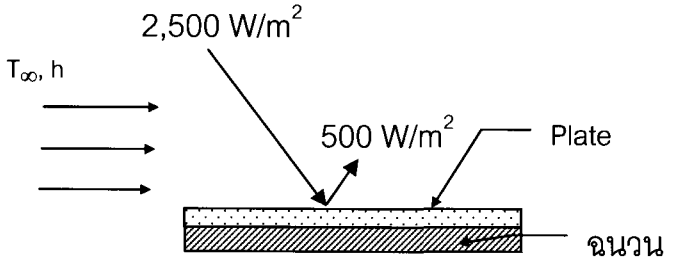
ข้อ 1) พิจารณาแผ่นโลหะทึบแสง ซึ่งด้านหลังของแผ่นโลหะหุ้มด้วยฉนวนเป็นอย่างดี รังสีความร้อนตกกระทบบนผิวหน้าโลหะด้วยอัตรา 2,500 W/m^2 โดย 500 W/m^2 ถูกสะท้อนออกไปจากโลหะ อุณหภูมิของแผ่นโลหะเท่ากับ 227^{O}C และแผ่รังสีความร้อนในอัตรา 1200 W/m^2 ด้านบนของแผ่นโลหะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการพาความร้อน อากาศมีอุณหภูมิ T_∞ = 127 ^{O}C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 15 W/m^2K จงหาค่าต่อไปนี้

1.1) Emissivity

1.2) Absorptivity

1.3) Radiosity, J, (ปริมาณรังสีความร้อนรวมที่ออกจากแผ่นโลหะ)

1.4) อัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิ



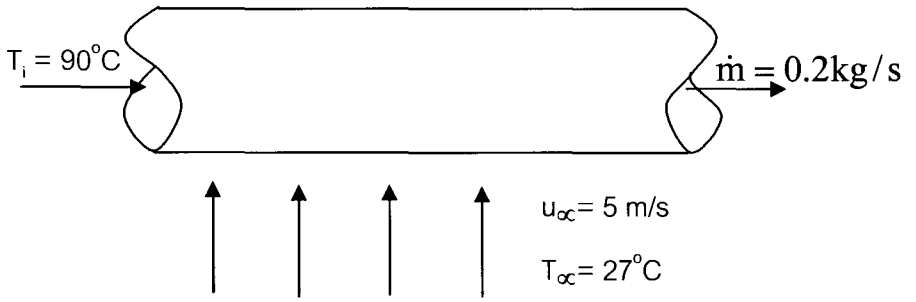
ข้อ 2) ในการทดลอง เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อน โดยการใช้ท่อทองแดง (k = 386 W/m^{o}C) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน, ID= 25mm และเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก, OD= 28 mm มีความยาว 4 m ซึ่งมีน้ำไหลด้วยอัตรา 0.1 kg/s ในท่อ โดยอุณหภูมิของน้ำไหลเข้าที่ 90^{o}C อากาศที่อุณหภูมิ 27^{o}C ไหลผ่านท่อในแนวตั้งฉากกับท่อด้วยความเร็ว 5 m/s ดังรูป จงหา

2.1) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

2.2) อุณหภูมิของน้ำไหลออกจากท่อ

2.3) อัตราการถ่ายเทความร้อน

สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนให้ใช้สมการที่แนบในท้ายข้อสอบ



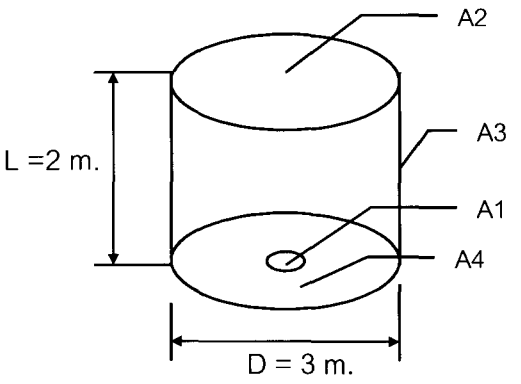
ข้อ3) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิด shell and tube แบบ one tube pass ถูกใช้ควบแน่นไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 150°C (h_{fg} = 2,114.3 kJ/kg) โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เป็นสารหล่อเย็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนยาว 5 m ท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลาง D = 2.5 cm (ท่อผนังบางมาก) จำนวนท่อเท่ากับ 80 ท่อ อัตราการไหลของน้ำ 50 kg/s ไหลภายในท่อ ส่วนไอน้ำไหลภายใน shell มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน 4,500 $W/m^2{}^\circ C$ หากต้องการควบแน่นไอน้ำเป็นน้ำทั้งหมด จงหาค่าต่อไปนี้ (กำหนดให้ใช้ LMTD Method)

3.1) อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (อยู่ในช่วง 55-85°C)

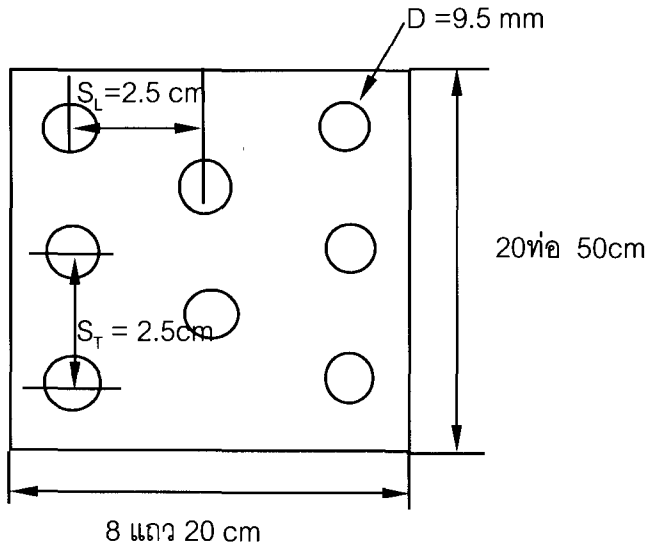
3.2) อัตราการถ่ายเทความร้อน

3.3) อัตราการไหลของไอน้ำ

ข้อ 4) พิจารณาระนาบทึบ (opaque) 3 ระนาบดังรูป จงหาค่า view factor , F_{13} และอัตราการถ่ายเทความร้อนจากระนาบ A1สู่ระนาบ A3 หาก A1 = 0.5 m^2, T_1 = 500 K และ T_3 = 300 K, โดยมีค่า $\varepsilon = \alpha$ = 0.8 เท่ากันทุกระนาบ โดยค่า view factor F_{12} หาได้จากสมการดังนี้ $F_{12} = D^2/(D^2+4L^2)$



ข้อ 5) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (compact heat exchanger) ชนิด fin-tube ทำจากท่อทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลาง D = 9.5 mm (ผนังท่อบางมาก) ยาว W = 1.5 m ครีบทำจากอะลูมิเนียมแผ่น(k = 206 W/m°C) หนา 1 mm ลึก L = 20 cm, สูง H = 50cm เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมี 8 แถวๆละ 20 ท่อ โดยมีระยะต่างๆดังรูป เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ ถูกใช้เพิ่มอุณหภูมิของอากาศจาก 25°C เป็น 55 °C โดยอากาศมีอัตราการไหล 3.75 kg/s แหล่งความร้อนได้จากน้ำร้อน 100°C ซึ่งน้ำมีอัตราการไหล 1.25 kg/s ไหลภายในท่อ ให้พิจารณา fin เป็น circular disk fin มีรัศมีเทียบเท่าเป็น $r_o = \sqrt{\frac{S_T S_L}{\pi}}$ และไม่ต้องคำนึงถึง thermal contact resistance ระหว่าง fin กับ ท่อทองแดง สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศและน้ำให้ใช้สมการที่แนบในท้ายข้อสอบ จงหาจำนวน ครีบต่อเมตรของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (กำหนดให้ใช้ ε-NTU method และให้ประมาณ A_f/A_{total} เป็น 0.94)



สมการที่จำเป็น

1. สัมประสิทธิ์การพาความร้อน สำหรับการไหลในท่อแบบ turbulent

$$Nu = 0.023\,Re^{0.8}\,Pr^{n}$$ n = 0.4 for heating และ n= 0.3 for cooling

Fluid properties are evaluated at the bulk mean temperature T_b.

2. Heat transfer coefficient for flow across a single circular cylinder

$$Nu = (0.4\,Re^{0.5} + 0.06\,Re^{2/3})\,Pr^{0.4},$$

Fluid properties are evaluated at the free temperature T_∞

3. Heat transfer coefficient for free convection in enclosed spaces

$$Nu_\delta = c(Ra_\delta)^n\left(\frac{H}{\delta}\right)^m; \qquad c = 0.197,\ n = 1/4,\ m = -1/9$$

where $Ra_\delta = \dfrac{g\beta(T_h - T_c)\delta^3}{\nu^2}Pr,$

$$Nu_\delta = h\delta/k$$

δ = thickness of fluid layer; H = height of fluid layer;

Fluid properties are evaluated at the mean temperature $(T_h+T_c)/2$.

4. สัมประสิทธิ์การพาความร้อน สำหรับการไหลด้าน fin ของ compact heat exchanger

$$h_a = 0.195C_p\rho U_\infty\,Pr^{-2/3}\,R^{-0.35} \quad W/m^2{}^\circ C$$

$$R = \frac{\rho U_\infty S_L}{\mu}$$, C_p มีหน่วยเป็น J/kg °C

Fluid properties are evaluated at the bulk mean temperature T_b.

5. Fin efficiency $\eta_f = \dfrac{\tanh(mL)}{mL}$, $mL = L\sqrt{\dfrac{2h}{kt}}$ For circular fin, $L = R_o - R_i$ and t = fin thickness, area-weighted fin efficiency $\eta' = \beta\eta_f + 1 - \beta$ where $\beta = A_f / A_{total}$

6. Compact heat exchanger $G = M/A_{min}$ (kg/m^2.s) เมื่อ A_{min} = minimum free-flow cross-sectional area $D_h = \dfrac{4LA_{min}}{A_{total}}$, $Re = \dfrac{GD_h}{\mu}$,

$$N = NTU = \frac{A_{total}U}{C_{min}},$$

$$U = \frac{1}{\frac{A_{total}}{A_i h_i} + \frac{1}{\eta' h_a}},$$

$$\varepsilon = 1 - \exp\left(\frac{N^{0.22}\{\exp[-CN^{0.78}] - 1\}}{C}\right)$$

Table B-1 Physical properties of gases at atmospheric pressure

T, K	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$	μ, $\frac{kg}{m \cdot s}$	ν, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^6$	k, $\frac{W}{m \cdot K}$	α, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^4$	Pr
Air							
100	3.6010	1.0266	0.6924×10^{-5}	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	9.49	0.02227	0.13161	0.722
300	1.1774	1.0057	1.983	15.68	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	28.86	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680

Physical properties of water

t, C	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$	ν, $\frac{m^2}{s}$	k, $\frac{W}{m \cdot K}$	α, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^7$	Pr
0	1,002.28	4.2178	1.788×10^{-6}	0.552	1.308	13.6
20	1,000.52	4.1818	1.006	0.597	1.430	7.02
40	994.59	4.1784	0.658	0.628	1.512	4.34
60	985.46	4.1843	0.478	0.651	1.554	3.02
80	974.08	4.1964	0.364	0.668	1.636	2.22
100	960.63	4.2161	0.294	0.680	1.680	1.74
120	945.25	4.250	0.247	0.685	1.708	1.446
140	928.27	4.283	0.214	0.684	1.724	1.241
160	909.69	4.342	0.190	0.680	1.729	1.099
180	889.03	4.417	0.173	0.675	1.724	1.004