มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2547

วันที่ 21 ธันวาคม 2547 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 216-332 Heat Transfer ห้อง

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ ให้ใช้การเขียนแบบ 2 หน้าได้
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	20	
3	20	
4	20	
5	20	
6	20	
คะแนนรวม	120	

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

สังกัดหลักสูตรวิศวกรรม.....

ตอน.....

ข้อ 1) ผนังของเตาอบชนิดหนึ่งหนา L= 0.05 m โดยผนังด้านนอกสัมผัสกับอากาศและสิ่งแวดล้อมที่ใหญ่มากๆ อากาศและสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิ 27°C หากว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของผนังเตาอบเท่ากับ 127°C และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (convection heat transfer coefficient) และสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (emissivity) คือ h = 20 W/(m^2.°C) และ ε = 0.8 ตามลำดับ จงหา อุณหภูมิที่ผนังด้านในของเตาอบ และ อัตราการถ่ายเทความร้อน, ค่าการนำความร้อนของผนัง (thermal conductivity, $k = 0.7\,W/(m \cdot {}^{o}C)$)

ข้อ 2) จงเขียนสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาการนำความร้อนต่อไปนี้

ก.) ทรงกระบอกตัน มีรัศมีภายนอก r = b และสูง z = c มีอุณหภูมิเริ่มต้นเป็น T_i ทันทีที่เวลา t = 0 ผิวด้านนอก r = b ได้รับ heat flux จากขดลวดความร้อนไฟฟ้าในอัตรา q_0 (W/m^2) ผิวหน้าตัดที่ระนาบ z = 0 ถูกหุ้มฉนวน และที่ผิวหน้าตัดระนาบ z = c ถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่มีอุณหภูมิ T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (W/m^2 K)

ข.) การนำความร้อน 2 ทิศทาง ของผนังสี่เหลี่ยม $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$ มีอุณหภูมิเริ่มต้นสม่ำเสมอ T_i ที่เวลา t = 0 ขอบทั้งสี่ด้านของผนังมีเงื่อนไขต่อไปนี้

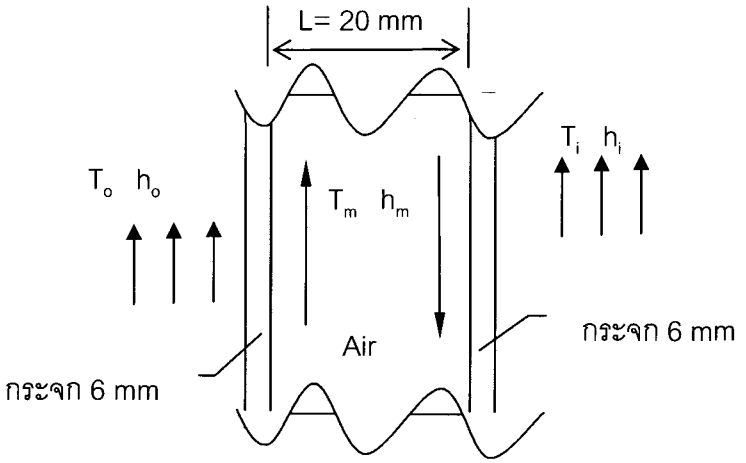
1. ที่ระนาบ x = 0 ได้รับ heat flux ในอัตรา q_0 ,W/m^2
2. ที่ระนาบ x = a มีอุณหภูมิคงที่ T_0
3. ที่ระนาบ y = 0 หุ้มฉนวนไว้
4. ที่ระนาบ y = b ถ่ายเทความร้อนกับตัวกลางที่มีอุณหภูมิ T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (W/m^2 K)

ข้อ 3) หน้าต่างของอาคารในประเทศที่มีอากาศหนาว มักจะเป็นกระจกชนิดพิเศษ คือเป็นกระจกสองชั้น มีช่องว่างตรงกลาง โดยกระจกแต่ละชั้นหนา 6 mm (k_g = 0.78 W/m$^{\circ}$C) และช่องว่างตรงกลางหนา 20 mm มีอากาศบรรจุอยู่ หากสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ภายในและภายนอกอาคารเป็น h_i = 10 และ h_o = 60 W/(m^2 $^{\circ}$C) ตามลำดับ ในฤดูหนาวอุณหภูมิภายนอกอาคารจะลดลงเหลือ -15°C ในขณะที่ภายในจะได้รับความร้อนจากเครื่องทำความร้อน ทำให้มีอุณหภูมิ 25°C

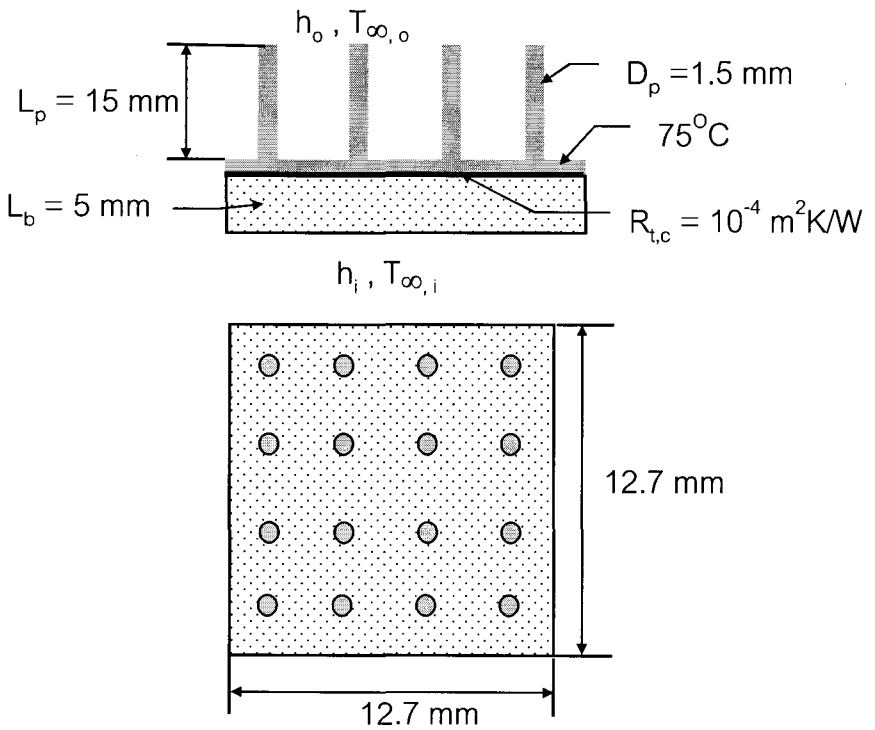
จงหา

ก) อัตราการสูญเสียความร้อน ต่อพื้นที่หน้าต่าง 1 m^2 และอุณหภูมิของอากาศในช่องว่างระหว่างกระจก (T_m) หากว่าอากาศส่วนนี้เกิดการพาความร้อนแบบธรรมชาติด้วยสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย h_m = 10 W/(m^2 $^{\circ}$C) ไหลวนอยู่ระหว่างแผ่นกระจก

ข) อัตราการสูญเสียความร้อน ต่อพื้นที่หน้าต่าง 1 m^2 หากว่าช่องว่างระหว่างกระจกลดลงเป็น 6 mm และอากาศในช่องว่างนี้อยู่นิ่ง (k_a = 0.025 W/m.$^{\circ}$C)



ข้อ 4) เพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน CPU chip ให้ไม่สูงกว่า 75°C จึงมีการใช้ fins ที่ทำมาจากทองแดงซึ่งมีค่าการนำความร้อน 400 W/m K เพื่อระบายความร้อนออกจาก chip โดย fins มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง D_p=1.5 mm และ ยาว L_p = 15 mm เชื่อมติดกับผิวด้านบนของ chip ซึ่งติด fins จำนวน 16 อัน ดังรูป รอยต่อระหว่าง fins กับ chip มีค่า contact resistance, $R_{t,c} = 10^{-4}$ m^2K/W และ chip มีขนาด 12.7 mm X 12.7 mm จงคำนวณหา อัตราการระบายความร้อนสูงสุด หากการพาความร้อนด้านบน chip (ด้านติดครีบ) เป็นแบบบังคับด้วยสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_o = 1,000 W/m^2K ที่อุณหภูมิของอากาศ $T_{\infty,o}$ = 20° C , และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านล่างเป็น h_i = 40 W/m^2K ที่อุณหภูมิของอากาศ $T_{\infty,i}$ = 20° C ความหนาของ chip board คือ L_b = 5 mm และ ค่าการนำความร้อนเป็น k_b = 1 W/m K.



ข้อ 5) ลูกบอลเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm ถูกทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิ 1150 K แล้วปล่อยให้เย็นอย่างช้าๆ ด้วยอากาศ จนมีอุณหภูมิ 400 K หากอากาศมีอุณหภูมิ T_∞ = 325 K และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 20 W/m^2 K และให้เหล็กมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ k = 40W/mK, ρ = 7,800 kg/m^3, และ c_p = 600 J/kg K จงประมาณระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้

ข้อ 6) พิจารณาปัญหาการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady state ต่อไปนี้

$$\frac{d^2T(x)}{dx^2} + \frac{1}{k}g = 0 \qquad \text{in } 0 < x < L$$

$$-k\frac{dT(x)}{dx} = q_0 \qquad \text{at } x = 0$$

$$k\frac{dT(x)}{dx} = h(T_\infty - T(x)) \text{ at } x = L$$

เมื่อ $k = 12$ W/m $^\circ$C, $L = 0.10$ m, $q_0 = 10^5$ W/m^2, $g = 4\times10^7$ W/m^3, $T_\infty = 25^\circ$C และ $h = 20$ W/m^2 $^\circ$C จงเขียนสมการ finite difference โดยแบ่งความยาวของวัตถุออกเป็น 5 ช่วงเท่าๆกัน และคำนวณหาอุณหภูมิที่ตำแหน่งบน Nodes ต่างๆ ด้วยวิธี finite difference