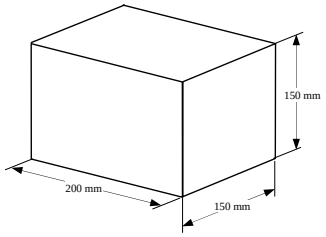
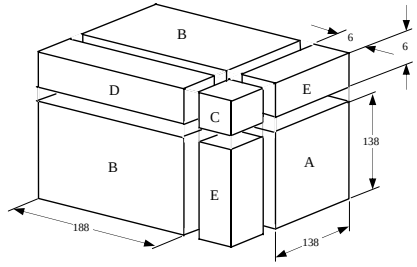
Problem 4.1

A heat-treating furnace has outside dimensions of 150 mm ×150 mm×200 mm. The walls are 6 mm thick and made of fireclay brick. For an inside wall temperature of 550°C and an outside wall temperature of 30°C, determine the heat lost through the walls, by using shape factor method.





ผนังแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกัน

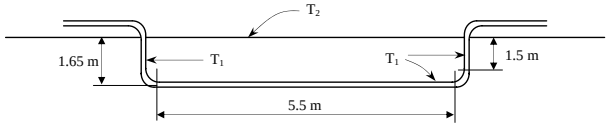
ผนัง A และ B ให้ใช้ $q_x = \dfrac{T_2 - T_1}{R_k}$

ผนัง D และ E ให้ใช้ $q_x = k \cdot S \cdot (T_1 - T_2)$ เมื่อ $S = 0.54\ W$

ผนัง C ให้ใช้ $q_x = k \cdot S \cdot (T_1 - T_2)$ เมื่อ $S = 0.15\ L$

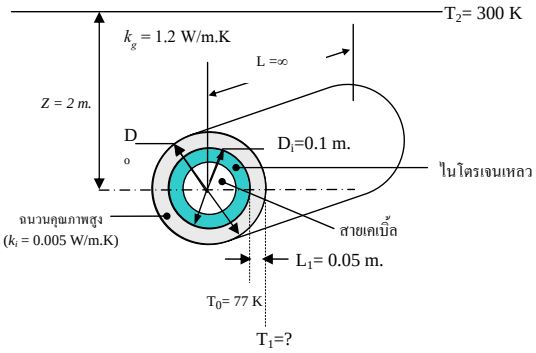
Problem 4.2

It is proposed to cool a certain volume of air by piping it underground. The cooled air would then supplement the air-condition system of a dwelling and reduce costs. Determine the conduction shape factor for the underground portion of the configuration if the pipe is 4 nominal , schedule 40.



Problem 4.3

สายเคเบิ้ลยาวมากถูกฝังในดิน (k_g=1.2 W/m.K) ที่ระดับความลึก 2 เมตร วัดจากผิวดินถึงแนวเส้นผ่าศูนย์กลางสายเคเบิ้ล กำหนดให้ที่ผิวดินมีอุณหภูมิคงที่ที่ 300 K จากรูปสายเคเบิ้ลดังกล่าวถูกร้อยอยู่ในท่อบางมากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 0.1 เมตร โดยระหว่างสายเคเบิ้ล กับผิวท่อ ถูกเว้นให้เป็นช่องว่างวงแหวน สำหรับบรรจุไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วทั้งช่องว่างดังกล่าวที่ 77 K หากที่ผิวนอกของท่อร้อยสายเคเบิ้ลยังถูกหุ้มด้วยฉนวนคุณภาพสูง (k_i = 0.005 W/m.K) หนา 0.05 เมตร จงคำนวณหาขนาดความร้อนที่จะผ่านจากผิวดินเข้าสู่ฉนวนของท่อร้อยสายเคเบิ้ลดังกล่าวต่อหน่วยความยาวท่อ และอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของฉนวนคุณภาพสูง (T_1)



<u>วิธีทำ</u> จากรูปให้พิจารณาการนำความร้อนแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

- ส่วนแรกเป็นการนำความร้อนจากผิวดินมาสู่ผิวท่อด้านนอกที่หุ้มเคเบิ้ลอยู่ โดยในส่วนนี้จะพิจารณาให้เป็นการนำความร้อนที่สภาวะคงที่ ใน 2 มิติ เมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนนี้คือ $q_s = k_g \cdot S \cdot (T_1 - T_2)$
- ส่วนที่สองเป็นการนำความร้อนจากผิวท่อด้านนอกที่หุ้มเคเบิ้ล เข้าไปสู่ไนโตรเจนเหลว ในส่วนนี้ให้ถือเป็นการนำความร้อนที่สภาวะคงที่ ใน1 มิติ เมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนส่วนนี้คือ $q_r = \dfrac{(T_0 - T_1)}{R_{k-\text{ฉนวน}}}$

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้: k_g = 1.2 W/m.K, $k_{\text{ฉนวน}}$ = 0.005 W/m.K, T_0 = 77 K, T_2 = 300 K, Z =2 m., D_i =0.1 m., D_o =0.1+(2×0.05) = 0.2 m.

สมมติฐาน:

เนื่องจากโจทย์ไม่ได้กำหนดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของฉนวนคุณภาพสูง (T_1) มาให้ดังนั้นจึงต้องหาค่า T_1 โดยการสมดุลย์พลังงานเมื่อคิดว่าความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวดินมาสู่ผิวท่อด้านนอกที่หุ้มเคเบิ้ล มีค่าเท่ากับความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวท่อด้านนอกที่หุ้มเคเบิ้ล เข้าไปสู่ไนโตรเจนเหลว ดังนี้

$$q_s = q_r = q$$

สมการใช้งาน:

$$k_g \cdot S \cdot (T_1 - T_2) = \frac{(T_0 - T_1)}{R_{k-\text{ฉนวน}}}$$

การวิเคราะห์: เมื่อค่า conduction shape factor (S) จากตารางที่ 4.1 (1) คำนวณจากสมการ $S = \frac{2\pi L}{\ln(4Z/D)}$

ดังนั้น $$S = \frac{2\pi L}{\ln(4\times 2.[m]/0.2.[m])} = 1.703.L$$

และ $R_{k-\text{ขนาน}}$ คำนวณจาก $$R_{k-\text{ขนาน}} = \frac{\ln\ (r_o/r_i)}{2\cdot\pi\cdot k_{\text{-ขนาน}}\cdot L}$$

ดังนั้น

$$R_{k-\text{ขนาน}} = \frac{\ln\ (0.1/0.05)}{2\cdot\pi\cdot 0.005[W/m.K]\times L} = \frac{22.06}{L}[m.K/W]$$

แทนค่าต่างๆลงในสมการเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของฉนวนคุณภาพสูง (T_1)

$$1.2[W/m.K]\times(1.703\times L)\cdot(T_1-300)[K] = \frac{(77-T_1)[K]}{(22.06/L)[m.K/W]}$$

แก้สมการได้ $T_1 = 295.2$ [K]

ตอบ (1)

นำค่า T_1 กลับไปแทนค่าในสมการ $q_s = k_g\cdot S\cdot(T_1-T_2)$ เพื่อหาค่า อัตราการถ่ายเทความร้อน q ต่อหน่วยความยาวท่อ

$$q = q_s = 1.2[W/m.K]\times(1.703\times L)\cdot(295.2-300)[K]$$

$$\frac{q}{L} = -9.89\ [W/m]$$

แสดงว่ามีการถ่ายเทความร้อนจากผิวดินเข้าสู่สายเคเบิ้ลด้วยอัตรา 9.89 W ต่อหน่วยความยาวท่อ

ตอบ (2)