Tutorial on Heat Transfer

Example 2.1

The temperature of the inner surface of an industrial furnace wall is 1100°C and that of the outer one is 850°C. The wall is made of bricks having thermal conductivity of 0.71 W/m.K. If the wall is 18 cm x 50 cm x 1.5 m, calculate the rate of heat loss through the wall, Evaluate the heat flux and the amount of heat lost in one hour?

المثال 2.1

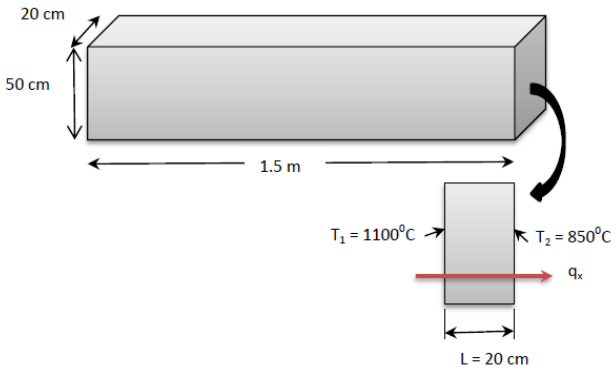
بلغت درجة حرارة سطح الجدار الداخلي لفرن صناعي (1100°C) ودرجة سطحه الخارجي (850°C), وهو مبني من طابوق موصليته الحرارية تساوي (0.71-W/m.K). فاذا كانت ابعاد الجدار (18 cm x 50 cm x 1.5 m), احسب معدل الفقدان الحراري عبر الجدار ثم اوجد مقدار الفيض الحراري ومقدارکمية الحرارة المفقودة خلال ساعة واحدة؟

Solution

الحل

Given:

المعلوم:



Find:

Heat loss q_x and heat flux q''

المطلوب ايجاده:

الفقدان الحراري (q_x) والفيض الحراري (q_x'')

Assumptions:

1. One dimensional-steady conduction.
2. Constant thermal conductivity.
3. No internal heat generation.
4. Constant temperature gradient.

الافتراضات:

1. التوصيل الحراري مستقر احادي البعد.
2. ثبوت مقدار الموصلية الحرارية.
3. عدم وجود توليد حراري في المادة.
4. ثبوت تدرج انتقال الحرارة خلال المادة.

Analysis: **التحليلات:**

Step 1 اولاً

Convert the units of all known quantities to the SI system. نحول وحدات المقادير المعلومة الى نظام (SI)

The height of the wall, ارتفاع الجدار,

$$\frac{50}{100} = 0.5 \text{ m}$$

The width of the wall, عرض الجدار,

$$\frac{20}{100} = 0.2 \text{ m}$$

The temperatures, درجات الحرارة,

$$T1 = 1100 + 273 = 1373 \text{ K}$$
$$T_2 = 850 + 273 = 1123 \text{ K}$$

Step 2 ثانياً

We apply Fourier's law to find the heat loss, نطبق قانون فورير لايجاد الحرارة المفقودة,

$$q_x = - k A \frac{T_2 - T_1}{L} \qquad \text{equation (2.2)}$$

$$q_x = - 0.71 (1.5 \times 0.5) \frac{1123 - 1373}{0.2} = 665.625 \text{ W}$$

Step 3 ثالثاً

We calculate the flux using equation (2.3): نحسب الفيض الحراري باستخدام المعادلة (2.3):

$$q_x'' = \frac{q_x}{A}$$

$$q_x'' = \frac{665.625}{1.5 \times 0.5} = 887.5 \text{ W/m}^2$$

Step 4

We determine the amount of heat lost in one hour which is 3600 s:

رابعاً

نُقدر كمية الحرارة المفقودة في ساعة واحدة اي 3600 ثانية:

Heat lost = 665.625 W (J/s)

Heat lost in 1 hour= 665.625 x 3600 = 2.396 x 10^6 J

= 2369 kJ

Comments:

1. Note of heat quantity is expressed in units of J or kJ, and the heat transfer rate in W or kW which is J/s or kJ/s. The units of the heat flux are W/m^2 or kW/m^2.
2. The temperature difference in Kelvin has the same value in Celsius.

الملاحظات:

1. لاحظ ان كمية الحرارة تتخذ وحدات الجول (J) او الكيلوجول (kJ), ووحدات معدل انتقال الحرارة هي الواط (W) او الكيلوواط (kW), حيث انها تساوي جول/ ثانية (J/s) او كيلوجول/ ثانية (kJ/s). كما ان وحدات الفيض الحراري هي (W/m^2) او (kW/m^2).
2. ان قيمة الفرق بدرجة الحرارة بوحدات الكيلفن يساوي الفرق بوحدات السيليسيوس.

Example 2.4

A refrigerator wall consists of a fiberglass insulating layer sandwiched between two steel sheets. The thickness of the insulation layer is 52-mm and the thermal conductivity of the fiberglass is 0.045 W/m.K. Each steel sheet is 3.2-mm thick having thermal conductivity of 60.5 W/m.K. If the ambient temperature is 26°C and the temperature inside the refrigerator is 4.5°C, how much heat per unit area is transferred across the wall to the inside of the refrigerator? Take the convective heat transfer coefficient on the outside to be 6-W/m^2.K and on the inside 5.5 W/m^2.K.

المثال 2.4

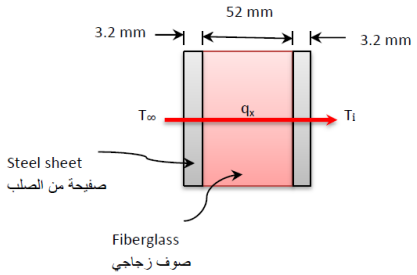
يتركب جدار ثلاجة من طبقة عازلة من الالياف الزجاجية محصورة بين صفيحتين مصنوعتين من الصلب الحديدي. حيث كان سمك الطبقة العازلة (52-mm) ومقدار موصليتها الحرارية (0.045 W/m.K), وكان سمك كل صفيحة (3.2-mm), ومقدار الموصلية الحرارية للصلب (60.5 W/m.K). فاذا كانت درجة حرارة المحيط (26°C), ودرجة الحرارة في داخل الثلاجة (4.5°C), فما مقدار الحرارة المنتقلة الى داخل الثلاجة عبر الجدار لكل وحدة مساحة ؟ علماً ان قيمة معامل انتقال الحرارة بالحمل خارج الثلاجة (6-W/m^2.K) وفي داخلها يساوي (5.5 W/m^2.K).

Solution

Given:

الحل

المعلوم:



Ambient temperature, T_∞	= 24°C = 24 + 273 = 297 K
Inside temperature, Ti	= 4.5°C = 4.5 + 273 = 277.5 K
Outside coefficient, h_o	= 6 W/m^2.K
Inside coefficient, h_i	= 5.5 W/m^2.K
Fiberglass thermal conductivity, k_F	= 0.045 W/m.K Steel
thermal conductivity, k_s	= 60.5 W/m.K
Thickness of insulation, L_1	= 52 mm = 0.052 m
Thickness of steel sheet, L_2	= 3.2 mm = 0.0032 m
Area, A	= 1m^2

Find:

The heat transfer per unit area across the composite wall q_x' in W/m^2

المطلوب ايجاده:

مقدار الحرارة المنتقلة عبر الجدار المركب لكل وحدة مساحة (q_x') بوحدات (W/m^2)

Assumptions:

1. Steady-state conduction across the wall.
2. One dimensional heat transfer.
3. No internal heat generation.
4. Constant thermal conductivity.

الافتراضات:

1. التوصيل الحراري مستقر عبر الجدار.
2. انتقال الحرارة احادي البعد.
3. لايوجد توليد حراري في الجدار.
4. الموصلية الحرارية ثابتة المقدار.

Analysis:

We first find the total resistance for the composite wall arrangement using equation (2.17),

التحليلات:

نحسب اولاً المقاومة الاجمالية باستخدام المعادلة (2.17),

$$R_{total} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_2 A} \qquad \text{(Eqn. 2.17)}$$

Applying the equation to the fridge wall

ويتطبيق المعادلة على جدار الثلاجة

$$R_{total} = \frac{1}{h_o A} + \frac{L_2}{k_s A} + \frac{L_1}{k_F A} + \frac{L_2}{k_s A} + \frac{1}{h_i A}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_o A} + \frac{L_2}{k_s A} + \frac{L_1}{k_F A} + \frac{L_2}{k_s A} + \frac{1}{h_i A}$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_o A} + \frac{L_1}{k_F A} + 2\frac{L_2}{k_s A} + \frac{1}{h_i A}$$

$$\therefore R_{total} = \frac{1}{6 \times 1} + \frac{0.052}{0.045 \times 1} + 2\frac{0.0032}{60.5 \times 1} + \frac{1}{5.5 \times 1}$$

$$R_{total} = 0.166 + 1.155 + 0.0001 + 0.181 = 1.502$$

To evaluate the heat transfer rate, we use equation (2.15)

والآن نستخدم المعادلة (2.15) لايجاد قيمة معدل انتقال الحرارة

$$q_x = \frac{\Delta T_{overall}}{R_{total}} \qquad \text{(Eqn. 2.15)}$$

$$q_x = \frac{T_\infty - T_i}{R_{total}} = \frac{297 - 277.5}{1.502} = 12.982 \text{ W}$$

q_x' in $W/m^2 = q_x/A = 12.982/1 = \underline{12.982 \text{ W/m}^2}$

Example 2.5

A wall, 3-m high and 4-m wide, is made up of bricks having thermal conductivity of 1.3 W/m.K. Each brick is 230-mm long and 110-mm wide, laid longitudinally across the width of the wall. The bricks are fixed by 20-mm thick layer of cement in between. The wall is covered with a 15-mm layer of cement on each side. The indoor temperature is 17°C and the outdoor is 35°C. The convection heat transfer coefficient on the inside of the wall is 11 W/m^2K and on the outside 30 W/m^2K. If the thermal conductivity of the cement is 0.72 W/m.K, calculate the rate of heat transfer across the wall.

المثال 2.5

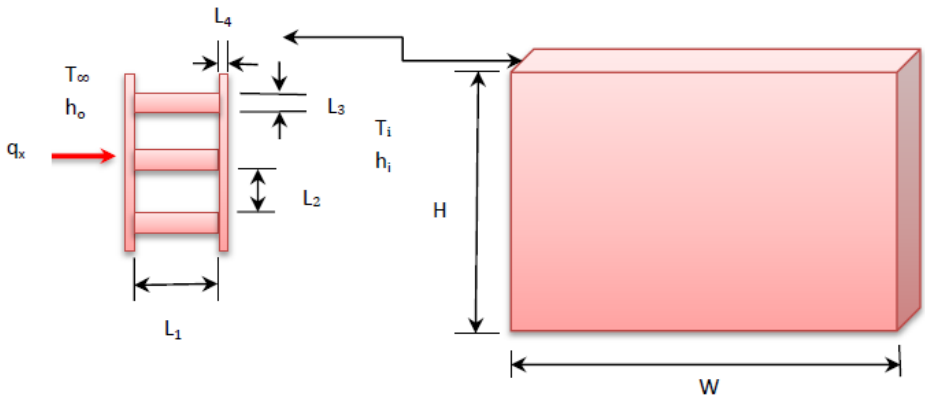
حائط مبني من طابوق موصليته الحرارية (1.3 W/m.K), ارتفاعه (3-m) وعرضه (4-m). وكان طول طابوقة البناء (230-mm) وعرضها (110-mm), وان كل طابوقة مثبتة طولياً عبر عرض الجدار بطبقة بينية من الاسمنت سمكها (20-mm). كما ويغطي سطحي الجدار من الداخل ومن الخارج طبقتان من الاسمنت, سمك كل طبقة (15-mm). فاذا كانت درجة الحرارة في الداخل (17°C), وفي الخارج (35°C), وكان معامل انتقال الحرارة بالحمل داخل الجدار (11 W/m^2K) وخارجه (30 W/m^2K), فما مقدار معدل انتقال الحرارة عبر الجدار؟ علماً ان قيمة الموصلية الحرارية للاسمنت (0.72 W/m.K).

Solution

الحل

Given:

المعلوم:



47

Data from the schematic

المعلومات من الشكل التخطيطي

$H = 3\ m$, $W = 4\ m$

$L_1 = 230\ mm = 0.23\ m$ $L_2 = 110\ mm = 0.11\ m$

$L_3 = 20\ mm = 0.02\ m$ $L_4 = 15\ mm = 0.015\ m$

$T_\infty = 35^\circ C = 308\ K$ $T_i = 17^\circ C = 290\ K$

$h_o = 30\ W/m^2K$ $h_i = 11\ W/m^2K$

$k_{brick} = 1.3\ W/m.K$ $k_{cement} = 0.7\ W/m.K$

Find:

المطلوب ايجاده:

The rate of heat transfer across the wall q_x

معدل انتقال الحرارة عبر الجدار (q_x)

Assumptions:

الافتراضات:

1. Steady state conduction.
2. One dimensional heat transfer.
3. No heat generation inside the wall.
4. Constant thermal conductivity values.

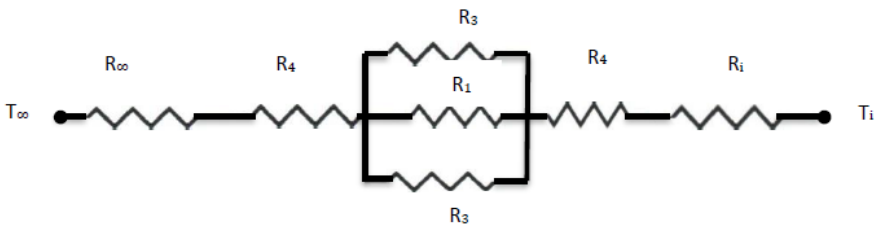
1. التوصيل الحراري مستقر عبر الجدار.
2. انتقال الحرارة احادي البعد.
3. لايوجد توليد حراري في الجدار.
4. قيم الموصلية الحرارية ثابتة.

Analysis:

التحليلات:

Let us first draw the resistance network for the composite wall,

دعنا نرسم اولاً شبكة المقاومات الحرارية للجدار المركب,



$$R_{total} = R_\infty + R_4 + R_{313} + R_4 + R_i$$

R_{313} is the equivalent resistance to R_3 , R_1 and R_3 which are connected in parallel. These are the resistances of the two cement layers holding the bricks, plus the resistance of the bricks in between.

(R_{313}) هي المقاومة المكافئة للمقاومات (R_3 و R_1 و R_3) المربوطة على التوازي, وهي مقاومات طبقتي الاسمنت المثبتة للطابوق بالاضافة الى مقاومة الطابوق بينهما.

The value of R_{313} will be

نحسب قيمة (R_{313}) كالاتي

$$\frac{1}{R_{313}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{313}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_3 = R_{cement,\ center} = \frac{L_1}{k_{cement}\, A} = \frac{0.23}{0.7 \text{ x } (3 \text{ x } 4)} = 0.0273$$

$$R_1 = R_{brick} = \frac{L_1}{k_{brick}\, A} = \frac{0.23}{1.3 \text{ x } (3 \text{ x } 4)} = 0.0147$$

$$\therefore \frac{1}{R_{313}} = \frac{1}{0.0273} + \frac{1}{0.0147} + \frac{1}{0.0273}$$

$$\frac{1}{R_{313}} = 36.630 + 68.027 + 36.630 = 141.69$$

$$R_{313} = 7.057 \text{ x } 10^{-3}$$

$$R_{total} = R_\infty + R_4 + R_{313} + R_4 + R_i$$

$$R_{total} = \frac{1}{h_o\, A} + \frac{L_4}{k_{cement}\, A} + R_{313} + \frac{L_4}{k_{cement}\, A} + \frac{1}{h_i\, A}$$

$$A = 3 \text{ x } 4 = 12 \text{ m}^2$$

$$\therefore R_{total} = \frac{1}{30 \text{ x } 12} + \frac{0.015}{0.7 \text{ x } 12} + 7.057 \text{ x } 10^{-3} + \frac{0.015}{0.7 \text{ x } 12} + \frac{1}{11 \text{ x } 12}$$

$$R_{total} = 2.777 \text{ x } 10^{-3} + 1.785 \text{ x } 10^{-3} + 7.057 \text{ x } 10^{-3} + 1.785 \text{ x } 10^{-3} + 7.575 \text{ x } 10^{-3}$$

$$R_{total} = 20.972 \text{ x } 10^{-3}$$

$$q_x = \frac{\Delta T_{overall}}{R_{total}} \qquad \text{(Eqn. 2.15)}$$

$$\Delta T_{overall} = T_\infty - T_i = 308 - 290 = 18 \text{ K}$$

$$q_x = \frac{18}{20.972 \text{ x } 10^{-3}}$$

$$q_x = \underline{858.287 \text{ W}}$$

EXAMPLE 1-1 Conduction Through Copper Plate

One face of a copper plate 3 cm thick is maintained at 400°C, and the other face is maintained at 100°C. How much heat is transferred through the plate?

Solution

From Appendix A, the thermal conductivity for copper is 370 W/m · °C at 250°C. From Fourier's law

$$\frac{q}{A} = -k\frac{dT}{dx}$$

Integrating gives

$$\frac{q}{A} = -k\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{-(370)(100-400)}{3\times 10^{-2}} = 3.7\ \text{MW/m}^2 \quad [1.173\times 10^6\ \text{Btu/h}\cdot\text{ft}^2]$$

Convection Calculation **EXAMPLE 1-2**

Air at 20°C blows over a hot plate 50 by 75 cm maintained at 250°C. The convection heat-transfer coefficient is 25 W/m^2 · °C. Calculate the heat transfer.

Solution

From Newton's law of cooling

$$\begin{aligned} q &= hA\,(T_w - T_\infty) \\ &= (25)(0.50)(0.75)(250-20) \\ &= 2.156\ \text{kW} \quad [7356\ \text{Btu/h}] \end{aligned}$$

1-1 If 3 kW is conducted through a section of insulating material 0.6 m^2 in cross section and 2.5 cm thick and the thermal conductivity may be taken as 0.2 W/m · °C, compute the temperature difference across the material.

Solution

$$\Delta T = \frac{(3000)(0.025)}{(0.2)(0.6)} = 625°\text{C}$$

validity of this statement.

1-9 A 5-cm layer of loosely packed asbestos is placed between two plates at 100 and 200°C. Calculate the heat transfer across the layer.

$$\frac{q}{A} = \frac{(0.161)(200-100)}{0.05} = 322 \text{ W/m}^2$$

1-10 A certain insulation has a thermal conductivity of 10 W/m · °C. What thickness is necessary to effect a temperature drop of 500°C for a heat flow of 400 W/m^2?

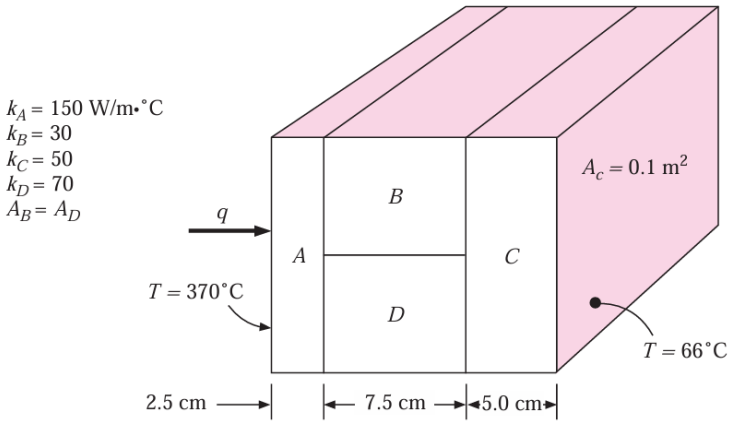
$$\Delta x = \frac{kA\Delta T}{q}$$

$$= \frac{\left(10 \times 10^{-3} \ \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot°\text{C}}\right)(500)}{400 \ \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$= 0.0125 \text{ m} = 1.25 \text{ cm}$$

2-4 Find the heat transfer per unit area through the composite wall in Figure P2-4. Assume one-dimensional heat flow.

Figure P2-4



$$R = \frac{\Delta x}{kA}$$

$$R_A = \frac{0.025}{(150)(0.1)} = 1.667 \times 10^{-3}$$

$$R_B = \frac{0.075}{(30)(0.05)} = 0.05$$

$$R_C = \frac{0.05}{(50)(0.1)} = 0.01$$

$$R_D = \frac{0.075}{(70)(0.05)} = 0.02143$$

$$R = R_A + R_C + \frac{1}{\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_D}} = 2.667 \times 10^{-2}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{370 - 66}{2.667 \times 10^{-2}} = 11{,}400 \text{ W}$$

3–19 Consider a 1.2-m-high and 2-m-wide double-pane window consisting of two 3-mm-thick layers of glass (k = 0.78 W/m · °C) separated by a 12-mm-wide stagnant air space (k = 0.026 W/m · °C). Determine the steady rate of heat transfer through this double-pane window and the temperature of its inner surface for a day during which the room is maintained at 24°C while the temperature of the outdoors is −5°C. Take the convection heat transfer coefficients on the inner and outer surfaces of the window to be h_1 = 10 W/m² · °C and h_2 = 25 W/m² · °C, and disregard any heat transfer by radiation.

Answers: 114 W, 19.2°C

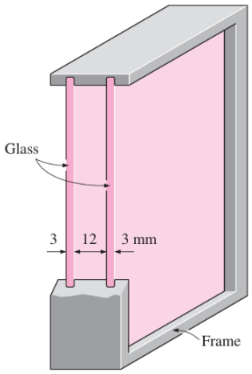


FIGURE P3–19

Analysis The area of the window and the individual resistances are

$$A = (1.2\ \text{m}) \times (2\ \text{m}) = 2.4\ \text{m}^2$$

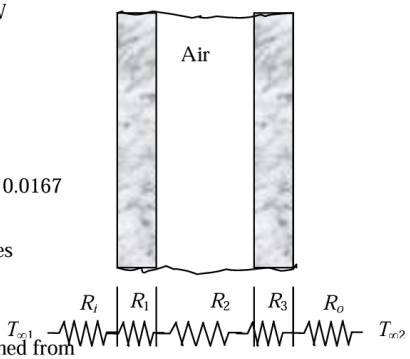
$$R_i = R_{conv,1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10\ \text{W/m}^2.^\circ\text{C})(2.4\ \text{m}^2)} = 0.0417\ ^\circ\text{C/W}$$

$$R_1 = R_3 = R_{glass} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0.003\ \text{m}}{(0.78\ \text{W/m.°C})(2.4\ \text{m}^2)} = 0.0016\ ^\circ\text{C/W}$$

$$R_2 = R_{air} = \frac{L_2}{k_2 A} = \frac{0.012\ \text{m}}{(0.026\ \text{W/m.°C})(2.4\ \text{m}^2)} = 0.1923\ ^\circ\text{C/W}$$

$$R_o = R_{conv,2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(25\ \text{W/m}^2.^\circ\text{C})(2.4\ \text{m}^2)} = 0.0167\ ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{total} = R_{conv,1} + 2R_1 + R_2 + R_{conv,2} = 0.0417 + 2(0.0016) + 0.1923 + 0.0167$$
$$= 0.2539\ ^\circ\text{C/W}$$



The steady rate of heat transfer through window glass then becomes

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{[24 - (-5)]^\circ\text{C}}{0.2539^\circ\text{C/W}} = \mathbf{114\ W}$$

The inner surface temperature of the window glass can be determined from

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{conv,1}} \longrightarrow T_1 = T_{\infty 1} - \dot{Q}R_{conv,1} = 24^\circ\text{C} - (114\ \text{W})(0.0417^\circ\text{C/W}) = \mathbf{19.2^\circ C}$$

2.9 Contact Resistance

2.9 المقاومة الناجمة عن التماس

In the previous analysis, we assumed the surfaces of the composite wall are in perfect contact. In reality, this is not the case and smooth surfaces appear irregular under the microscope. The imperfect contact results in a temperature drop ΔT_{cont} across the ***interface*** as shown in Figure 2.8. This is due to the thermal resistance is formed by the irregular interface. The resistance is actually enhanced by the low thermal conductivity of the air filing the voids between the surfaces. Accordingly, heat transfer occurs across the solid contact areas and through the voids simultaneously. The resistance per unit interface area of the interface is known as the ***thermal contact resistance***.

في التحليلات السابقة للجدار المركب, افترضنا أن اسطح الجدار كانت في تماس تام مع بعضها البعض, الا ان الواقع ليس كذلك, فالاسطح الملساء تظهر غير منتظمة تحت المجهر. وينتج عن هذا التماس غير المنتظم هبوط بدرجة الحرارة (ΔT_{cont}) عبر ***السطح البيني*** كما هو موضح في الشكل 2.8. ويعود سبب ذلك الى نشوء مقاومة اضافية معززة بالموصلية المنخفضة للهواء المتواجد في الفراغات. وبالتالي يتزامن انتقال الحرارة بين نقاط التماس ومن خلال الفراغات المملوءة بالهواء. تسمى مقاومة السطح البيني لوحدة المساحة ***مقاومة التماس الحرارية***.

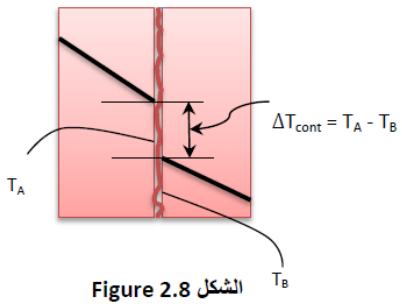


Figure 2.8 الشكل

Temperature drop across interface الهبوط في درجة الحرارة عبر السطح البيني

The rate of heat transfer, q_{cont} across the interface, can be expressed in a similar manner to Newton's law of cooing, thus

تُكتب المعادلة التي تخص معدل انتقال الحرارة (q_{cont}) عبر السطح البيني بصيغة مماثلة لقانون نيوتن للتبريد, اي

$$q_{cont} = h_{cont}\, A\, \Delta T_{cont} \qquad (2.21)$$

$$h_{cont} = \frac{q_{cont}/A}{\Delta T_{cont}} = \frac{q'_{cont}}{\Delta T_{cont}} \qquad (2.22)$$

$$R_{cont} = \frac{\Delta T_{cont}}{q_{cont}/A} = \frac{T_A - T_B}{q'_{cont}} = \frac{1}{h_{cont}} \qquad (2.23)$$

51

Example 2.6

Calculate the heat transfer across two 1.2-cm thick aluminum slabs pressed together. The thermal conductivity of the aluminum is 205 W/m.K. The surface temperature on one side is 20°C and on the other 120°C. Take the value of the contact conductance for the interface 6000 W/m^{2}K and the area each plate 20 cm^2.

المثال 2.6

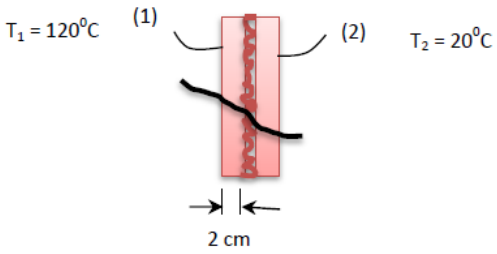
احسب كمية الحرارة العابرة لصفحتين من الالمنيوم مضغوطتين معا, علماً ان سمك كل صفيحة (1.2-cm), ومقدار الموصلية الحرارية للالمنيوم (205 W/m.K). وكانت درجة حرارة احد السطحين (20°C) ودرجة السطح على الجهة الثانية (120°C). يمكنك اتخاذ معامل الموصلية الحرارية للسطح البيني بحدود (6000 W/m^{2}K.) ومساحة كل صفيحة (20 cm^2).

Solution

الحل:

Given:

المعلوم:



$T_1 = 120 + 273 = 393$ K
$T_2 = 20 + 273 = 293$ K
$L_1 = L_2 = 1.2$ cm $= 0.012$ m
$k_1 = k_2 = 205$ W/m.K
$h_{cont} = 6000$ W/m^{2}K
$A = 20$ cm^2 $= 20/10000 = 0.002$ m^2

Find:

المطلوب ايجاده:

Heat transfer rate across the plates

معدل انتقال الحرارة عبر للصفيحتين

Assumptions:

الافتراضات:

1. Steady state conduction.
2. One dimensional heat transfer.
3. No heat generation inside the wall.
4. Constant thermal conductivity.

1. التوصيل الحراري مستقر عبر الجدار.
2. انتقال الحرارة احادي البعد.
3. لايوجد توليد حراري في الجدار.
4. قيمة الموصلية الحرارية ثابتة.

$q_x' = q_x/A$

$$q_x = \frac{\Delta T_{overall}}{R_{total}}$$

$R_{total} = R_1 + R_{cont} + R_2$

$$R_{total} = \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{1}{h_{cont} A} + \frac{L_2}{k_2 A}$$

$$R_{total} = \frac{0.012}{205 \times 0.002} + \frac{1}{6000 \times 0.002} + \frac{0.012}{205 \times 0.002}$$

$R_{total} = 2.926 \times 10^{-2} + 8.333 \times 10^{-2} + 2.926 \times 10^{-2}$

$R_{total} = 14.185 \times 10^{-2}$

$\Delta T_{overall} = T_1 - T_2 = 393 - 293 = 100$ K

$$q_x = \frac{\Delta T_{overall}}{R_{total}} = \frac{100}{14.185 \times 10^{-2}} = \underline{704.970\ W}$$

Comments:

1. We can base the calculations on a unit area to find the flux in W/m^2, and then multiply it by the actual area to find the rate of heat transfer in W.
2. The rate of heat transfer is relatively high due to the high value of thermal conductivity of the aluminum

الملاحظات:

1. يمكننا اجراء الحسابات اعتماداً على وحدة المساحة لايجاد الفيض الحراري بوحدات (W/m^2), ثم ضربه بمقدار المساحة الحقيقية لايجاد معدل الحرارة المنتقلة بوحدات (W).
2. يعزى ارتفاع معدل انتقال الحرارة في هذه الحالة الى قيمة الموصلية الحرارية للالمنيوم المرتفعة نسبياً.