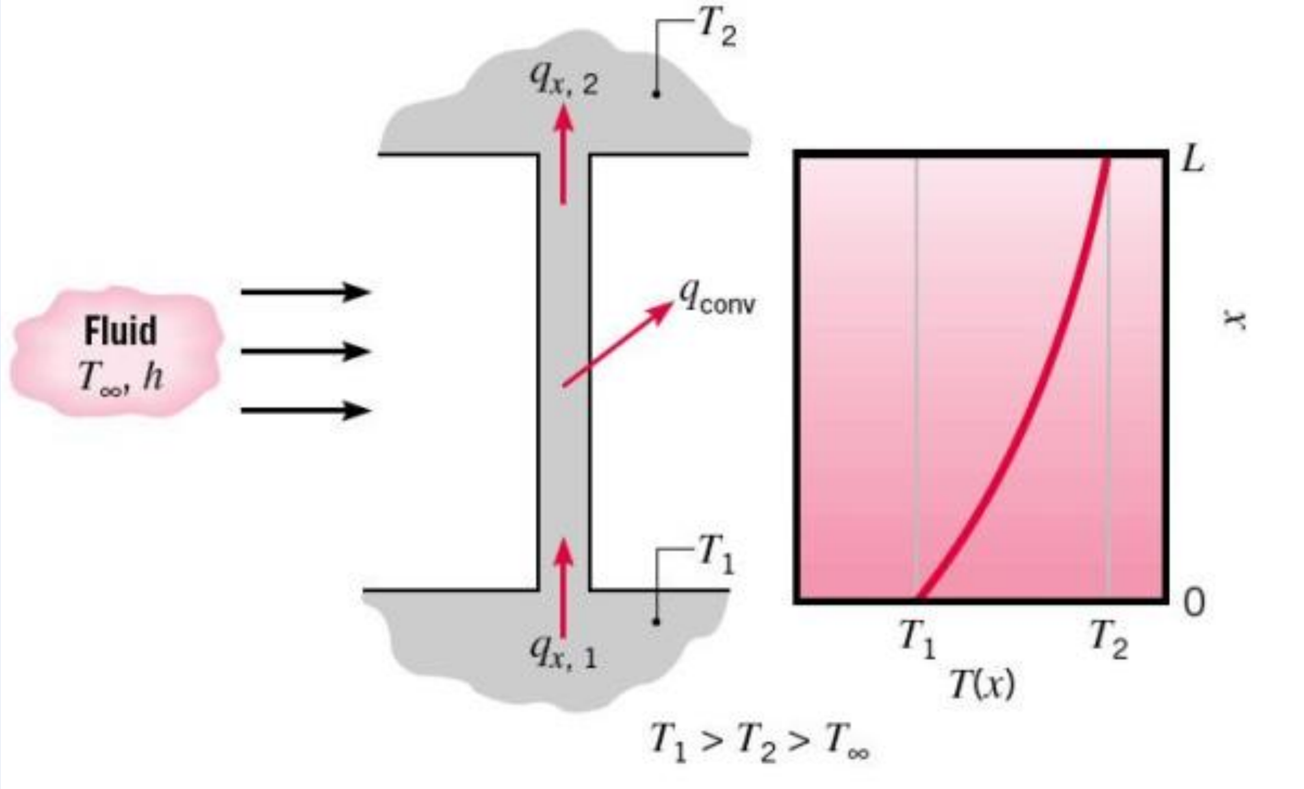
Transferência de calor em superfícies estendidas



Superfície estendida é comumente usado para descrever um caso especial importante envolvendo a transferência de calor por condução no interior de um sólido e a transferência de calor por convecção (e/ou radiação) nas fronteiras do sólido.

Em uma superfície estendida, a direção da transferência de calor nas fronteiras é perpendicular à direção principal da transferência de calor do sólido

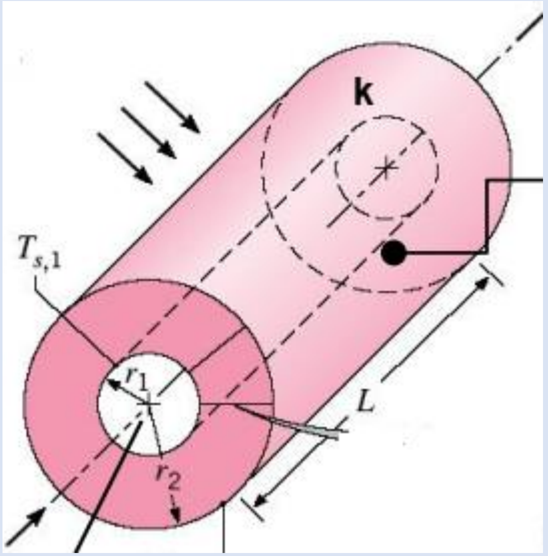
Transferência de calor em superfícies estendidas

Para um melhor entendimento do papel desempenhado pelas aletas na transferência de calor consideremos um exemplo prático. Consideremos um sistema de aquecimento que utiliza água quente que escoa por uma tubulação. O fluxo de calor transferido para o ambiente pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$\dot{q} = \frac{T_i - T_e}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{T_i - T_e}{\dfrac{1}{h_i . A_i} + \dfrac{\ln\left(r_2 / r_1\right)}{k . 2\pi . L} + \dfrac{1}{h_e A_e}}$$

Transferência de calor em superfícies estendidas

Analisando os meios de se aumentar a transferência de calor:



$$R_1 = \frac{1}{h_i . A_i}\begin{cases} \text{aumentar } A_i \rightarrow \text{necessário mudança de dimensões} \\ \text{aumentar } h_i \rightarrow \text{necessário aumento de velocidade de escoamento} \end{cases}$$

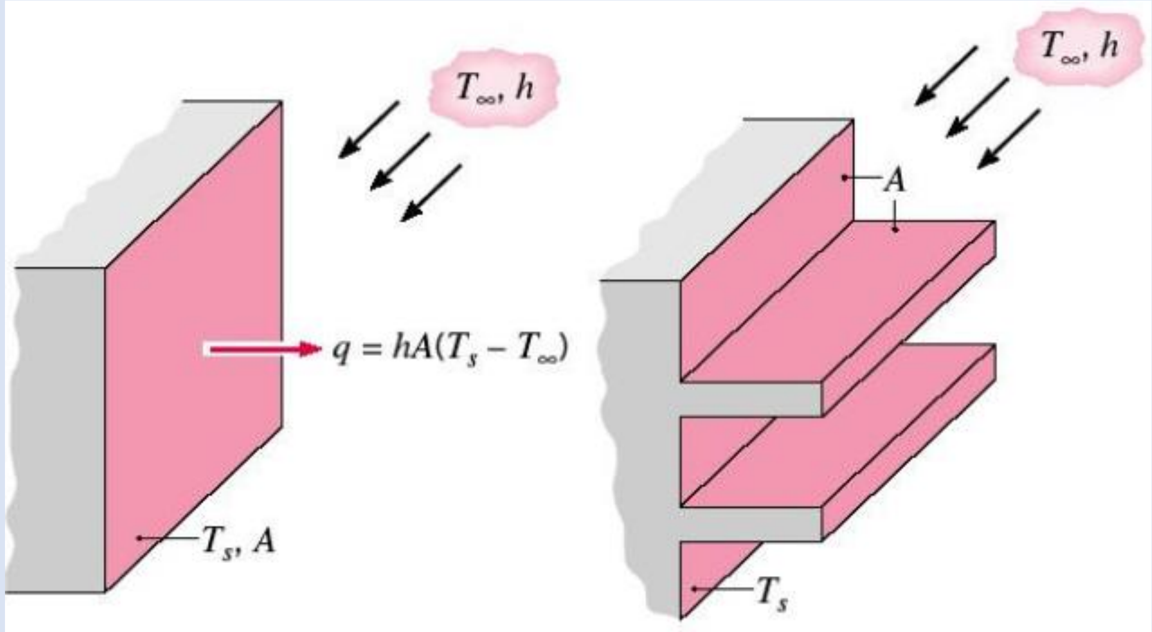
$$R_1 = \frac{\ln\left({}^{r_1}\!/\!_{r_2} \right)}{k.2.\pi.L}\begin{cases} \text{reduzir}\left({}^{r_1}\!/\!_{r_2} \right) \rightarrow \text{necessário reduzir a espessura da parede} \\ \text{aumentar } k \rightarrow \text{necessário troca do material da parede} \end{cases}$$

$$R_1 = \frac{1}{h_i . A_i}\begin{cases} \text{aumentar } h_e \rightarrow \text{necessário aumento de velocidade de escoamento} \\ \text{aumentar } A_e \rightarrow \text{mudança de dimensões ou COLOCAÇÃO DE ALETAS} \end{cases}$$

Transferência de calor em superfícies estendidas

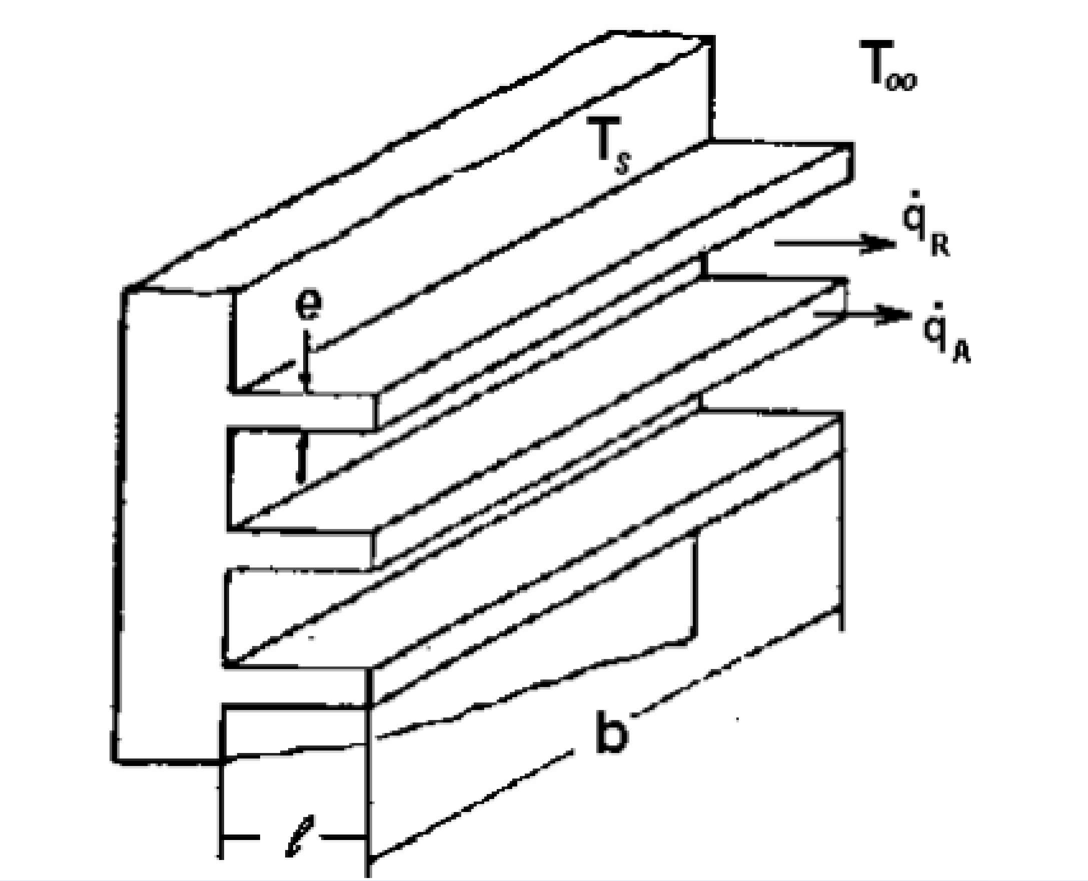
Existem várias situações diferentes que envolvem os efeitos combinados de condução/convecção, a aplicação mais frequente é aquela na qual uma superfície estendida é usada especificamente para aumentar a taxa de transferência de calor entre um sólido e um fluído adjacente. Tal superfície estendida é chamada de aleta.

O Objetivo do uso de aletas é aumentar a taxa de transferência de calor



Transferência de calor em superfícies estendidas

Eficiência de uma Aleta



$$q = q_A + q_R$$

$$q_R = h \cdot A_R \cdot \left(T_S - T_\infty \right)$$

$$q_A = h \cdot A_A \cdot \left(T_? - T_\infty \right)$$

Eficiência de uma Aleta

$$\eta = \frac{\text{calor realmente trocado pela aleta}}{\text{calor que seria trocado se } A_A \text{ estivesse na temperatura } T_S}$$

$$\eta = \frac{q_A}{h \cdot A_A \cdot \left(T_S - T_\infty\right)}$$

Partindo de um balanço de energia em uma aleta de seção uniforme, pode ser obtida uma expressão para o fluxo de calor realmente transferido pela aleta, o que permite o cálculo da eficiência :

$$\boxed{\eta = \frac{\tanh\left(m \cdot L\right)}{m \cdot L}}$$

Eficiência de uma Aleta

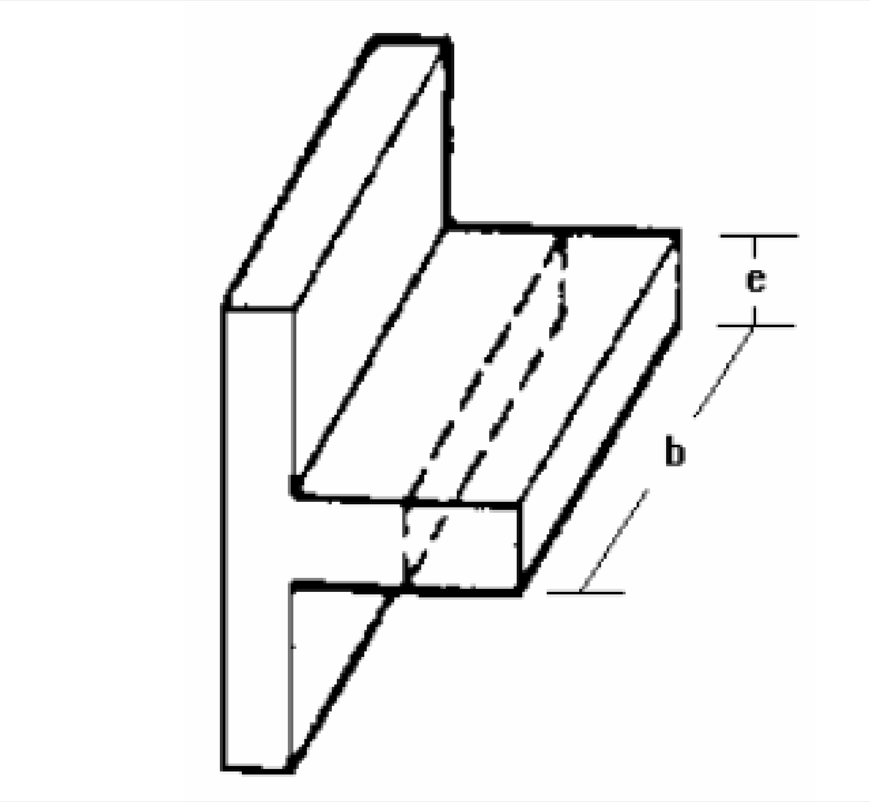
$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A}}$$

$$q = q_A + q_L \quad \Rightarrow \quad q = h \cdot A_R \cdot \left(T_S - T_\infty\right) + h \cdot A_A \cdot \left(T_S - T_\infty\right) \cdot \eta$$

$$\boxed{q = h\left(A_R + \eta \cdot A_A\right) \cdot \left(T_S - T_\infty\right)}$$

Tipos de Aletas

Área de seção retangular



$$P = 2 \cdot b + 2 \cdot e \cong 2 \cdot b$$

$$A = b \cdot e$$

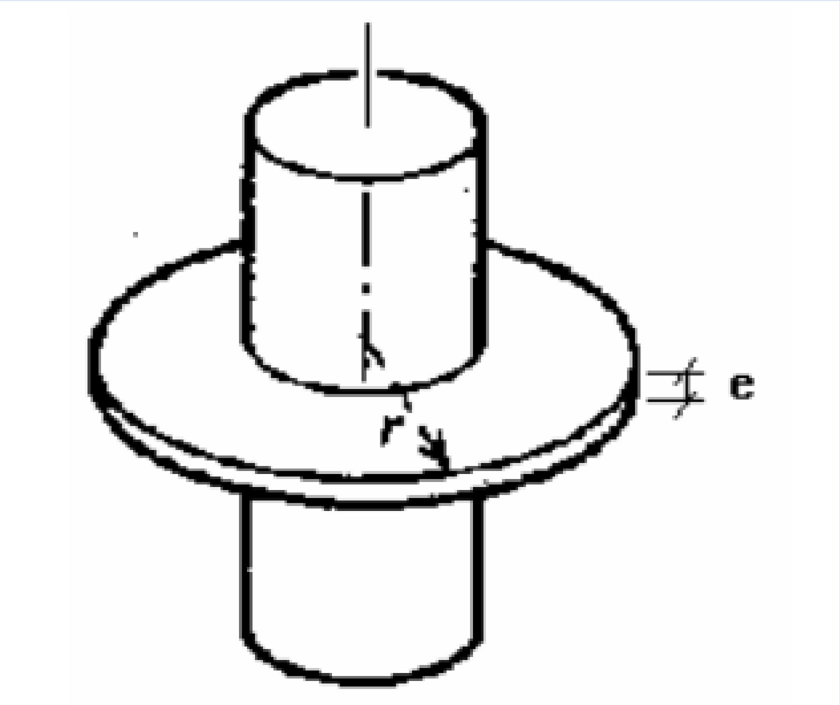
$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A}}$$

$$m = \sqrt{\frac{h \cdot 2 \cdot b}{k \cdot b \cdot e}}$$

$$\boxed{m = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{k \cdot e}}}$$

Tipos de Aletas

Área de seção curva



$$P = 2\cdot(2\cdot\pi\cdot r) + 2\cdot e \cong 4\cdot\pi\cdot r$$

$$A = 2\cdot\pi\cdot r\cdot e$$

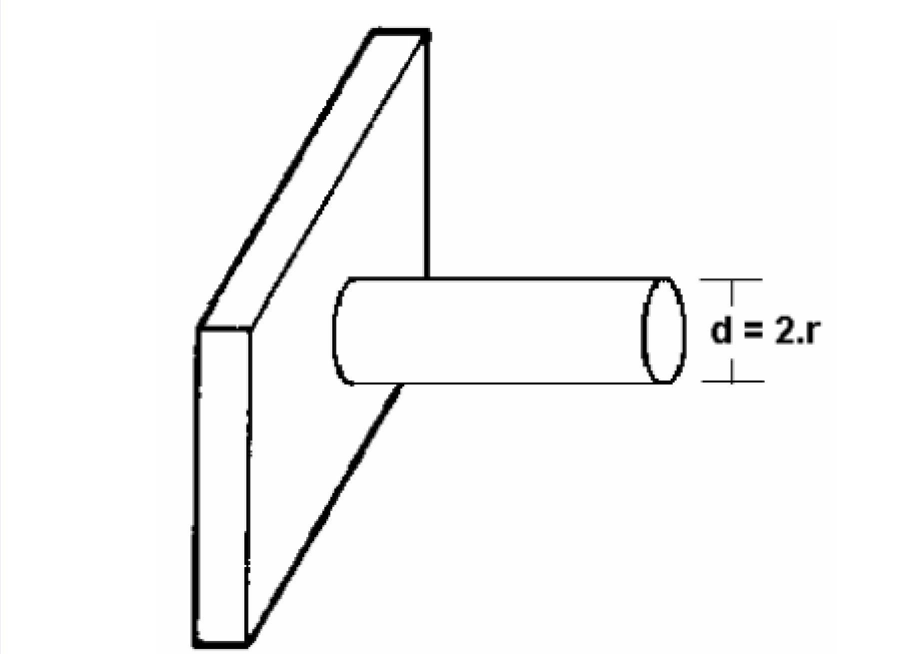
$$m = \sqrt{\frac{h\cdot P}{k\cdot A}}$$

$$m = \sqrt{\frac{h\cdot 4\cdot\pi\cdot r}{k\cdot 4\cdot\pi\cdot r\cdot e}}$$

$$\boxed{m = \sqrt{\frac{2\cdot h}{k\cdot e}}}$$

Tipos de Aletas

Área de seção pino



$$P = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$A = \pi \cdot r^2$$

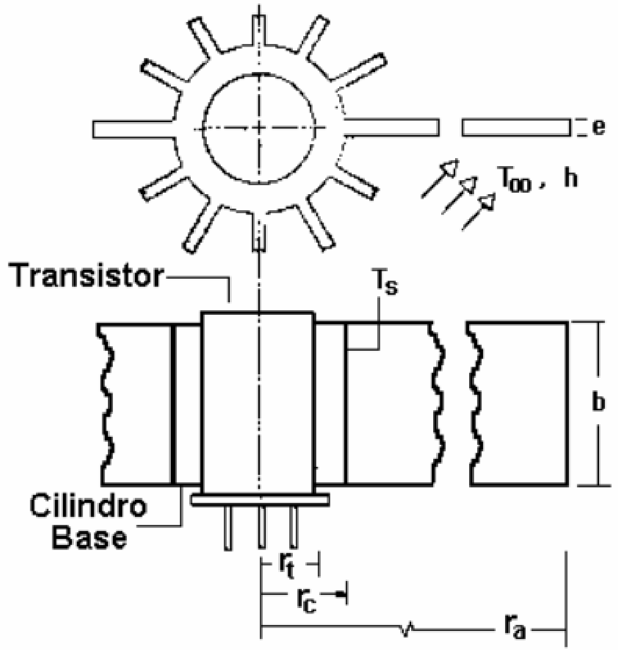
$$m = \sqrt{\frac{h \cdot P}{k \cdot A}}$$

$$m = \sqrt{\frac{h \cdot 2 \cdot \pi \cdot r}{k \cdot \pi \cdot r^2}}$$

$$\boxed{m = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{k \cdot r}}}$$

Tipos de Aletas

Exemplo: A dissipação de calor em um transistor de formato cilíndrico pode ser melhorada inserindo um cilindro vazado de alumínio (k = 200 W/m.K) que serve de base para 12 aletas axiais. O transistor tem raio externo de 2 mm e altura de 6 mm, enquanto que as aletas tem altura de 10 mm e espessura de 0,7 mm. O cilindro base, cuja espessura é 1 mm, está perfeitamente ajustado ao transistor e tem resistência térmica desprezível. Sabendo que ar fluindo a 20 ºC sobre as superfícies das aletas resulta em um coeficiente de película de 25 W/m².K, calcule o fluxo de calor dissipado quando a temperatura do transistor for 80 ºC.



n = 12 aletas

$k_{Al} = 200\ W/m.K$

$l = 10mm = 0{,}01m$

$r_t = 2\,mm = 0{,}002\,m$

$e_c = 1mm = 0{,}001m$

$r_c = r_t + e_c = 2 + 1 = 3mm = 0{,}003m$

$b = 6mm = 0{,}006m$

$e = 0{,}7mm = 0{,}0007m$

$T_S = 20^oC \qquad T_\infty = 80^oC$

$h = 25\,W/m^2\,.K$

Tipos de Aletas

$$A_S = 2.\pi.r_c.b = 2 \times \pi \times 0{,}003 \times 0{,}006 = 1{,}13 \times 10^{-4}\, m^2$$

$$A_t = b.e = 0{,}006 \times 0{,}0007 = 0{,}42 \times 10^{-5}\, m^2$$

$$A_R = A_S - n.\,A_t = 1{,}13 \times 10^{-4} - 12 \times 0{,}42 \times 10^{-5} = 6{,}26 \times 10^{-5}\, m^2$$

Cálculo de A_A (desprezando as áreas laterais) :

$$A_A = n.(l.b).2 = 12 \times (0{,}01 \times 0{,}006) \times 2 = 0{,}00144 m^2$$

$$m = \sqrt{\frac{2.h}{k.e}} = \sqrt{\frac{2 \times 25}{200 \times 0{,}0007}} = 18{,}898 m^{-1}$$

$$m.l = 18{,}898 \times 0{,}01 = 0{,}18898$$

$$tgh(m.l) = tgh(0{,}18898) = 0{,}18676$$

$$\eta = \frac{tgh(m.l)}{m.l} = \frac{0{,}18676}{0{,}18898} = 0{,}9883 \quad (98{,}83\%)$$

Tipos de Aletas

$$\dot{q} = h.(A_R + \eta.A_A).(T_S - T_\infty) = 25 \times (6{,}26 \times 10^{-5} + 0{,}9883 \times 0{,}00144) \times (80 - 20)$$

$$\boxed{\dot{q} = 2{,}22\ W}$$