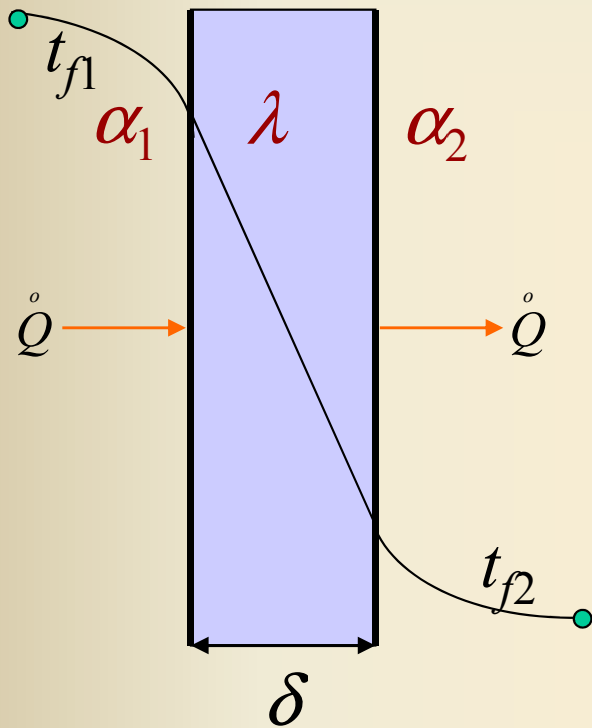


10. Prednáška

Prechod tepla v ustálenom stave (Prostup tepla)

Prechod tepla (prostup tepla) v ustálenom stave cez rovnú stenu

Rýchlosť prechodu tepla pre rovnú stenu:



$A = \text{konšt.}$

$\dot{Q} = \text{konšt.}$

$q = \text{konšt.}$

$$\dot{Q} = kA(t_{f1} - t_{f2}) \quad q = k(t_{f1} - t_{f2})$$

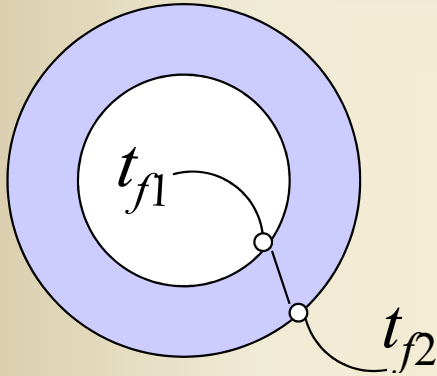
úhrnná hnacia sila

k - úhrnný koeficient prechodu tepla [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]
predstavuje úhrnný odpor vzťahnutý na jednotkovú plochu A

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Prechod tepla v ustálenom stave cez valcovú stenu

Rýchlosť prechodu tepla pre rúrku:



$$d_1 \neq d_2$$

$$A_1 \neq A_2$$

Všetky tvary pre úhrnné koeficienty prechodu tepla k sú rovnocenné!

$$A = \pi d L$$

$$\dot{Q} = k' (t_{f1} - t_{f2})$$

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 A_1} + \frac{\delta}{\lambda A_{ls}} + \frac{1}{\alpha_2 A_2}}$$

$$\dot{Q} = k_1 A_1 (t_{f1} - t_{f2})$$

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta A_1}{\lambda A_{ls}} + \frac{A_1}{\alpha_2 A_2}}$$

$$\dot{Q} = k_2 A_2 (t_{f1} - t_{f2})$$

$$k_2 = \frac{1}{\frac{A_2}{\alpha_1 A_1} + \frac{\delta A_2}{\lambda A_{ls}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\dot{Q} = k_L L (t_{f1} - t_{f2})$$

$$k_L = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{\delta}{\lambda d_{ls}} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

Prechod tepla - zosilnenie prechodu tepla

Využitie: intenzívnosť práce zariadení pre výmenu tepla (chladiče, kondenzátory...)

$$\dot{Q} = kA(t_{f1} - t_{f2})$$

Hnacia sila, teplovýmenná plocha - spravidla sú dané technologickými podmienkami a zariadením

? možnosti zvyšovania

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Spravidla môžeme zanedbať
(kovová rúrka – malý odpor)

Kedy nemôžeme zanedbať?

$$k_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$k_0 = \frac{\alpha_2}{\alpha_2 + 1} = \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1}$$

-nízke tepelné odpory tekutín
 $1/\alpha_1, 1/\alpha_2$

!!! usadeniny na stenách rúrky
(drsne steny, malé rýchlosti tekutiny, vyššie teploty...)

Ak: $\alpha_1 > \alpha_2$! $\uparrow \alpha_2$

Ak: $\alpha_1 = \alpha_2$! $\uparrow \alpha_1, \alpha_2$

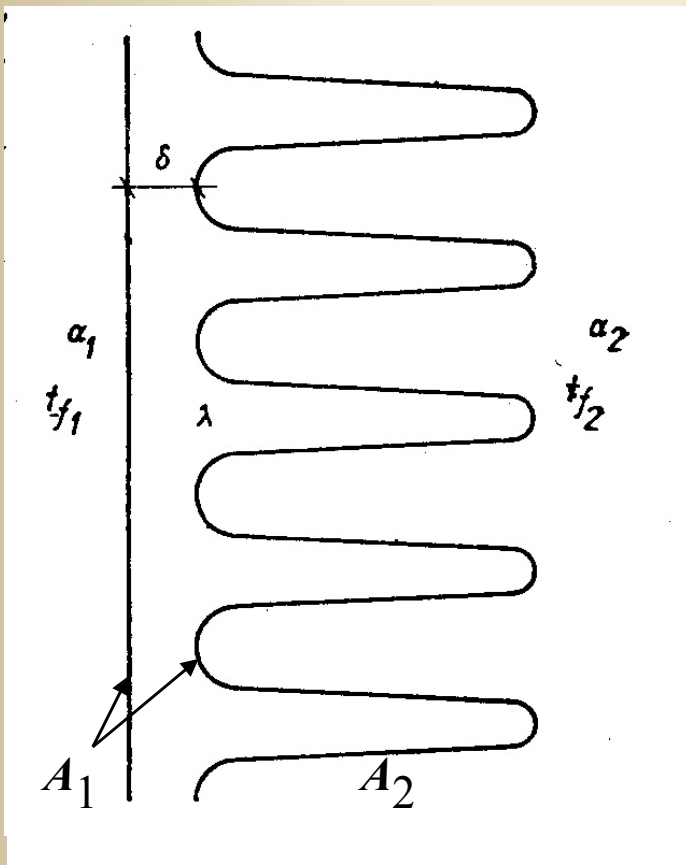
$\lambda_r = 50-400 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

$\lambda_{us} = 1-5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

($\lambda_{iz} < 0.2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

Prechod tepla - zosilnenie prechodu tepla - REBROVANIE

Využitie: ohrev a chladenie plynov, kondenzácia pár...(kalorifery, vzdušné chladiče,...)



$\alpha_2 = 10^0 - 10^1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ (pre voľné a nútené prúdenie plynov)

$\alpha_1 = 10^2 - 10^3 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ (pre nútené prúdenie kvapalín)

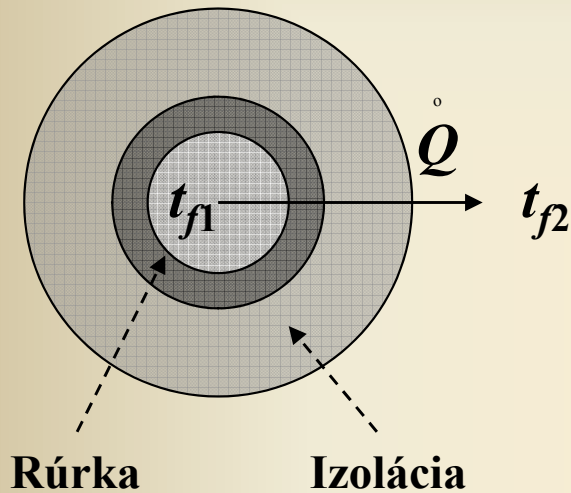
$$\dot{Q} = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 A_1} + \frac{\delta}{\lambda A_1} + \frac{1}{\alpha_2 A_2 \eta_{RP}}}$$

Účinnosť rebrovania

- Účinnosť rebrovania – korekcia nakoľko stena rúrky s rebromi má väčší odpor ako stena bez rebier $\Rightarrow k$ je vždy nižšie
- Tepelný odpor plynu sa znižuje so vzrastajúcou A_2

Prechod tepla - tepelné izolácie

Využitie: šetrenie tepelnou energiou – zníženie tepelných strát do okolia



Tepelné izolátory – látky s nízkou tepelnou vodivosťou
($\lambda_{iz} < 0.2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

- hrúbka $\delta_i \leftrightarrow R, k$, *tepelné straty* Q

$$\dot{Q} = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 A_1} + \frac{\delta_r}{\lambda_r A_{r,ls}} + \frac{\delta_i}{\lambda_i A_{i,ls}} + \frac{1}{\alpha_2 A_i}}$$

Izolačné materiály a ich použitie:

penový polystyrén, plst', korok (do 90 °C);

kremelina; šamot, sklená vata (400 až 600 °C); ; trosková vlna a azbest (do 900 °C); žiaruvzdorné tehly (do 1600 °C);

vzduchové a evakuované medzery (s radiačnými clonami)

Prechod tepla - tepelné izolácie (kritická a optimálna hrúbka izolácie)

$$\dot{Q} = \frac{(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{\delta_i}{\lambda_i A_{i,ls}} + \frac{1}{\alpha_2 A_i}}$$

$$d_{ik} = \frac{2\lambda_i}{\alpha_s}$$

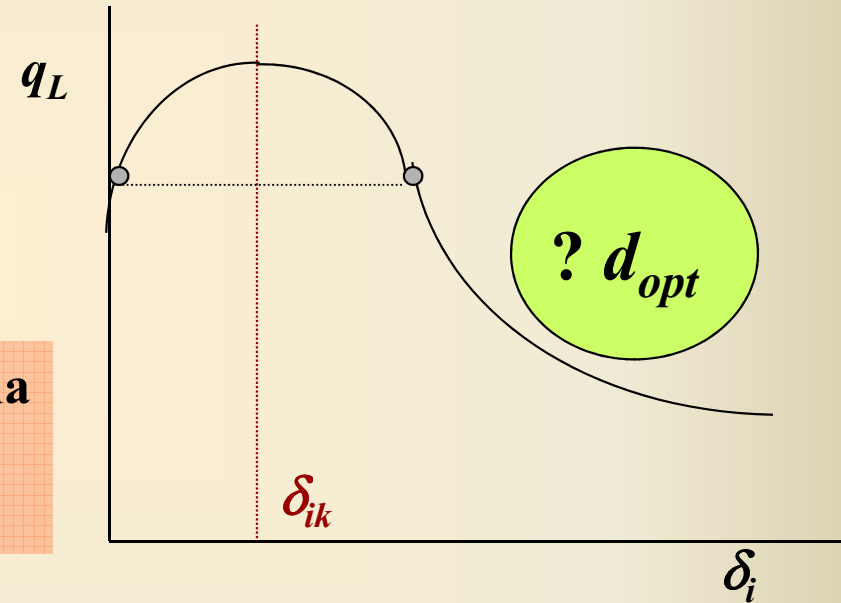
$$A = \pi dL$$

$$\delta_i = \frac{(d_i - d_2)}{2}$$

$$A_{ls} = \pi L \frac{(d_i - d_2)}{\ln \frac{d_i}{d_2}}$$

$$q_L = \frac{\pi(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_2} + \frac{1}{\alpha_s d_i}}$$

d_i – rôzny vplyv na veľkosť odporov ($R_i \uparrow$ a $R_{f2} \downarrow$)



Výpočet kritickej hrúbky izolácie

$$\frac{\partial q_L}{\partial d_i} = 0$$

Pr.1

$$\lambda_{iz} = 0.02 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_s = 10^1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

$$d_{ik} = 0.004 \text{ m}$$

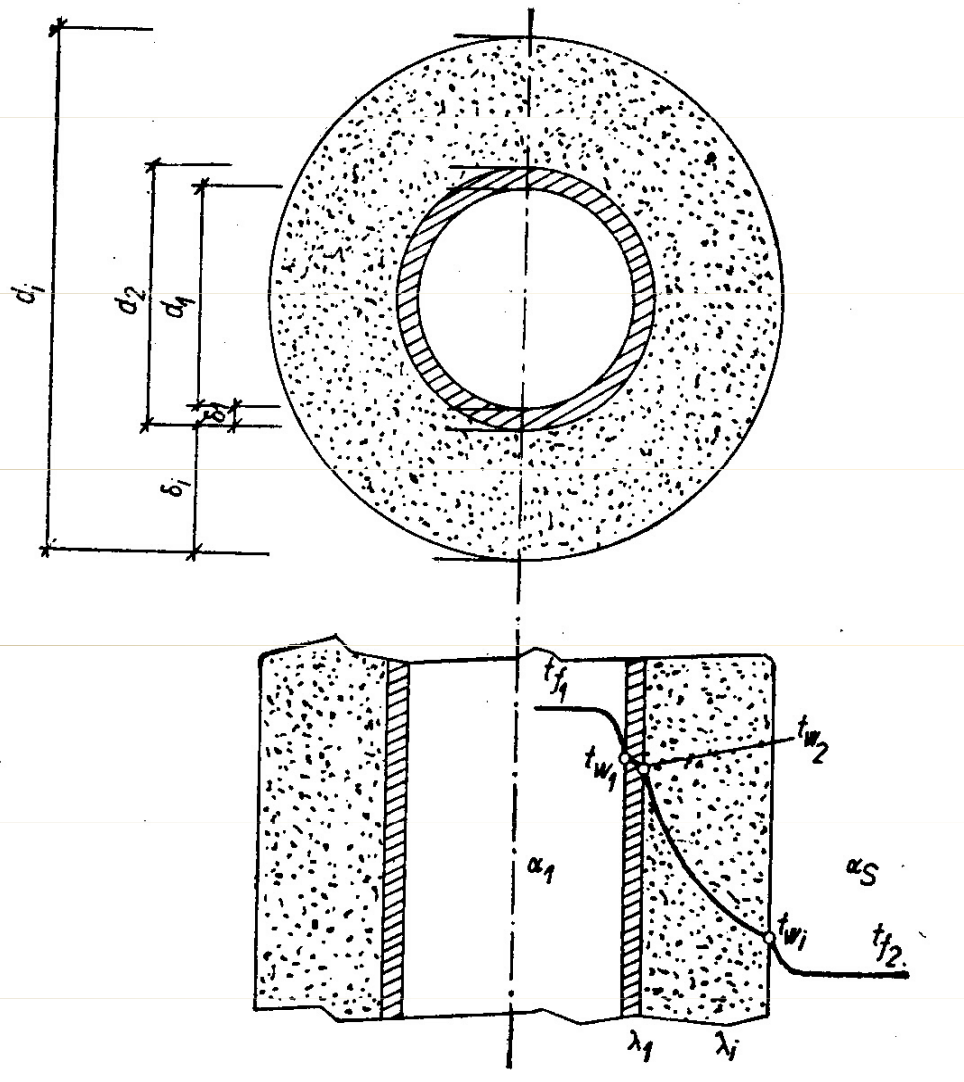
Pr.2

$$\lambda_{iz} = 0.2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\alpha_s = 10^1 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$$

$$d_{ik} = 0.04 \text{ m}$$

Výpočet tepelných strát v izolovanom potrubí známej hrúbky



Výpočet q_L

Neznáme : q_L, α_s, t_{wi}

$$q_L = \frac{\pi(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_2} + \frac{1}{\alpha_s d_i}} \quad (1)$$

$$\alpha_s = 9.77 + 0.07(t_{wi} - t_{f2}) \quad (2)$$

$$q_L = \frac{\pi(t_{f1} - t_{wi})}{\frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_2}} \quad (t_{w2} = t_{f1}) \quad (3)$$

Iteračný výpočet: voľba t_{wi} , z rovnice (2) α_s , z rovnice (1) q_L , z rovnice (3) nové t_{wi}