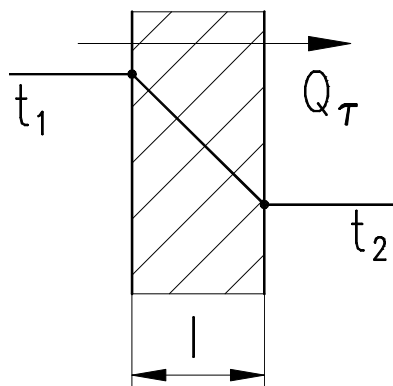


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	MEC IIIb
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	G-21
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	20
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G-21-20
Název vzdělávacího materiálu:	Sdílení tepla vedením
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

Sdílení tepla vedením

Na teplo prostupující stěnou má vliv tepelná vodivost, rozdíl teplot a tloušťka stěny.



$$Q_{\tau} = \frac{\lambda}{l} \cdot S \cdot \Delta t \text{ [W]}$$

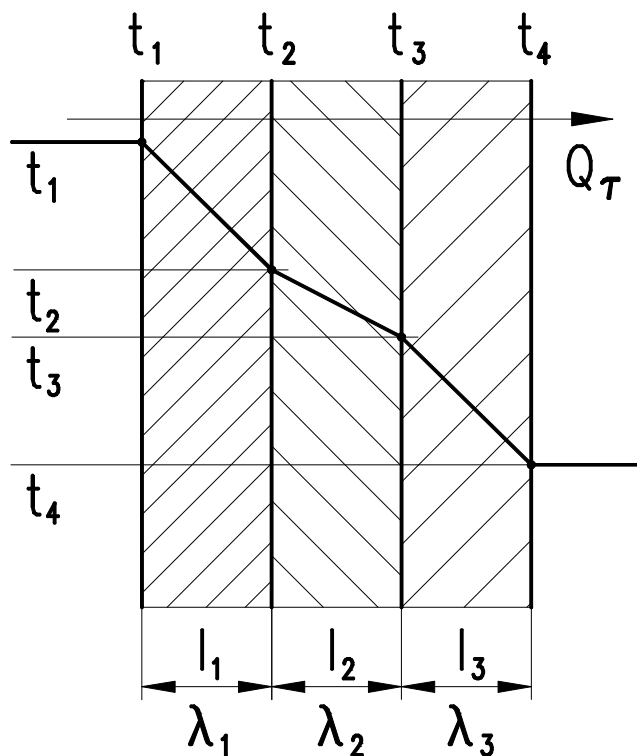
λ – součinitel tepelné vodivosti stěny $\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$;

l – síla (tloušťka) stěny;

λ – vyjadřuje množství tepla, které projde 1m^2 stěny tloušťky 1 m při rozdílu teplot před a za stěnou 1 K za 1 s.

$\frac{\lambda}{l}$ se nazývá **tepelná propustnost stěny**, $\frac{l}{\lambda}$ **tepelný odpor stěny**.

Teplota se v přímé stěně mění podle přímky.

Složená stěna:


$$Q_{\tau 1} = \frac{\lambda_1}{l_1} \cdot S \cdot (t_1 - t_2) \rightarrow t_1 - t_2 = \frac{Q_{\tau 1} \cdot l_1}{\lambda_1 \cdot S}$$

$$Q_{\tau 2} = \frac{\lambda_2}{l_2} \cdot S \cdot (t_2 - t_3) \rightarrow t_2 - t_3 = \frac{Q_{\tau 2} \cdot l_2}{\lambda_2 \cdot S}$$

$$Q_{\tau 3} = \frac{\lambda_3}{l_3} \cdot S \cdot (t_3 - t_4) \rightarrow t_3 - t_4 = \frac{Q_{\tau 3} \cdot l_3}{\lambda_3 \cdot S}$$

Předpoklad: stěna teplo jen vede, ne pohlcuje. Potom:

$$Q_{\tau} = Q_{\tau 1} = Q_{\tau 2} = Q_{\tau 3}$$

Pokud z těchto rovnic vyloučíme t_2 , t_3 sečtením levých stran rovnic a pravých stran rovnic, pak dostaneme vztah:

$$t_1 - t_4 = \frac{Q_{\tau}}{S} \cdot \left(\frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3} \right)$$

$$\text{Potom: } Q_{\tau} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{l_3}{\lambda_3}} \cdot S$$

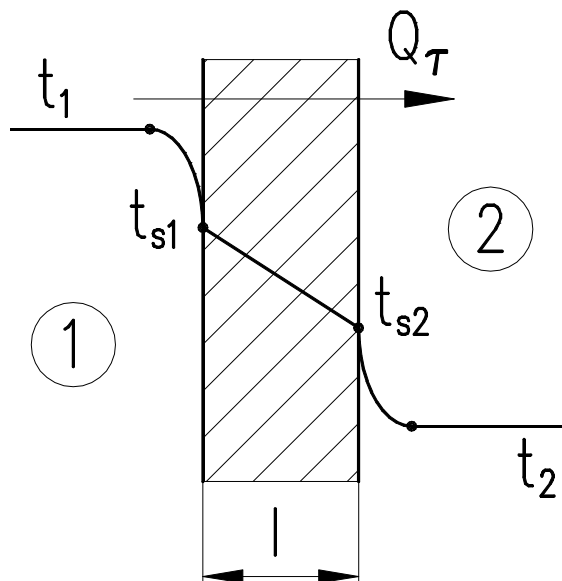
$$\text{Obecně pro } n \text{ vrstev: } Q_{\tau} = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i}} \cdot S$$

Průtok tepla složenou válcovou stěnou:

$$Q_{\tau} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_1 - t_{n+1})}{\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

Teplota uvnitř válcové stěny se mění podle logaritmické křivky.

Prostup tepla stěnou



Přestup tepla stěnou můžeme rozdělit do 3 fází:

- 1) Přestup tepla z prostředí 1 do stěny.
- 2) Vedení tepla stěnou.
- 3) Přestup tepla ze stěny do prostředí 2.

Množství tepla, které za jednotku času projde jednotlivými fázemi je stejné.

$$\text{Pro 1. fázi platí: } Q_{\tau} = \alpha_1 \cdot S \cdot (t_1 - t_{s1}) \rightarrow t_1 - t_{s1} = \frac{Q_{\tau}}{\alpha_1 \cdot S}$$

$$\text{Pro 2. fázi: } Q_{\tau} = \frac{\lambda}{l} \cdot S \cdot (t_{s1} - t_{s2}) \rightarrow t_{s1} - t_{s2} = \frac{Q_{\tau} \cdot l}{\lambda \cdot S}$$

$$\text{Pro 3. fázi: } Q_{\tau} = \alpha_2 \cdot S \cdot (t_{s2} - t_2) \rightarrow t_{s2} - t_2 = \frac{Q_{\tau}}{\alpha_2 \cdot S}$$

Sečteme-li levé strany rovnic a pravé strany rovnic, dostaneme vztah:

$$t_1 - t_2 = \frac{Q_{\tau}}{S} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)$$

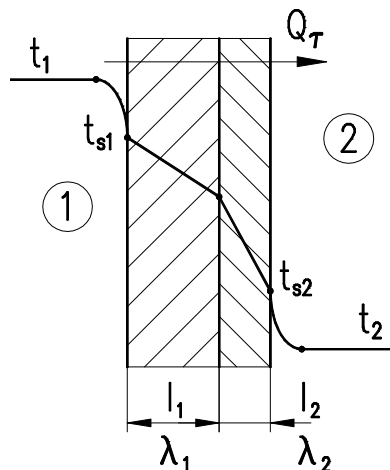
Prostup tepla je vyjádřen rovnicí:

$$Q_{\tau} = S \cdot \overbrace{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}}^{\text{součinitel prostupu tepla stěnou}} \cdot (t_1 - t_2)$$

$$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \text{součinitel prostupu tepla stěnou } K$$

$$Q_{\tau} = S \cdot K \cdot (t_1 - t_2)$$

Pokud je stěna tvořena 2 nebo více vrstvami:



$$Q_{\tau} = S \cdot K \cdot (t_1 - t_2)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Př.: Jaký je součinitel prostupu tepla při přechodu tepla ocelovou stěnou tloušťky 4 mm z kouřových plynů do horké vody, je-li $\alpha_1 = 18,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\alpha_2 = 2330 \text{ W/m}^2\text{K}$? Tepelná vodivost oceli $\lambda = 47 \text{ W/mK}$.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{18,6} + \frac{0,004}{47} + \frac{1}{2330}} = 18,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Př.: Určete velikost plochy stěny, kterou má projít 5 kW tepla, jestliže teplota spalin je $t_1 = 250^\circ\text{C}$, teplota vody 80°C ? Součinitel prostupu tepla stěnou $K = 18,42 \text{ W/m}^2\text{K}$, $t_1 = 250^\circ\text{C}$, $t_2 = 80^\circ\text{C}$.

$$Q_{\tau} = S \cdot K \cdot (t_1 - t_2) \rightarrow S = \frac{Q_{\tau}}{K \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{5000}{18,31 \cdot (250 - 80)} = 1,61 \text{ m}^2$$

Př.: Určete součinitel prostupu tepla složenou stěnou, která je tvořena pálenou cihlou tloušťky 30 cm, $\lambda_1 = 0,87 \text{ W/mK}$ a polystyrenem tloušťky 5 cm, tepelná vodivost $\lambda_2 = 0,041 \text{ W/mK}$. $\alpha_1 = \alpha_2 = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Určete o kolik % se sníží součinitel prostupu tepla přidáním polystyrenu na cihlovou stěnu.

$$K_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,3}{0,87} + \frac{1}{25}} = 2,35 W/m^2 K$$

$$K_{cp} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{l_1}{\lambda_1} + \frac{l_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0,3}{0,87} + \frac{0,05}{0,041} + \frac{1}{25}} = 0,608 W/m^2 K$$

2,35.....100%

0,608.....x%

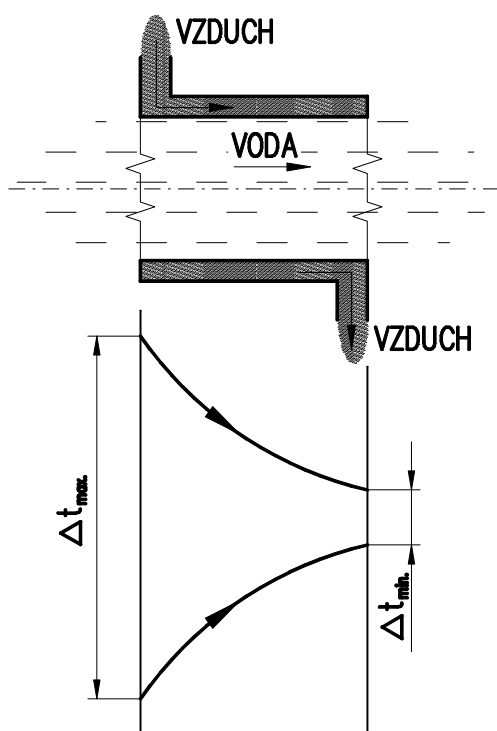
$$x = \frac{100 \cdot 0,608}{2,35} \doteq 26\%$$

Sníží se o 74 %.

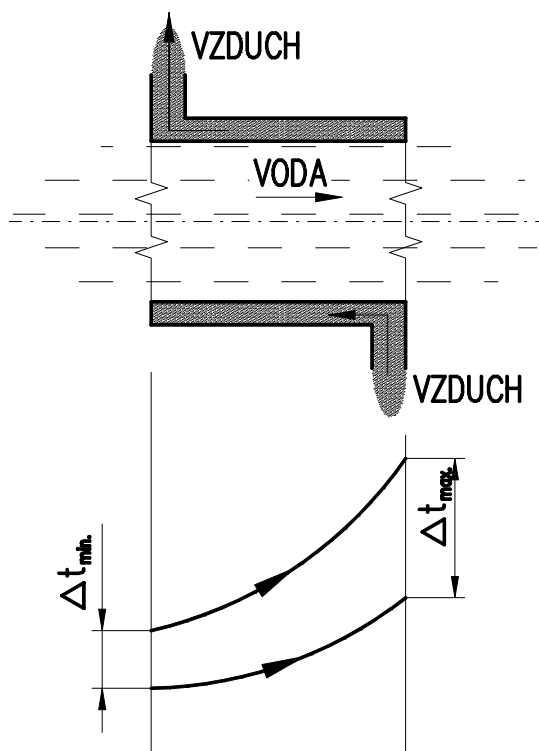
Výměníky tepla

Výměník tepla je jakýkoliv ohřívač plynů nebo kapalin. Na rozdíl od prostupu tepla stěnou není rozdíl teplot před a za stěnou konstantní.

Souproudý výměník tepla:



Protiproudý výměník tepla:



Postup tepla u výměníku tepla je dán rovnicí:

$$Q_{\tau} = K \cdot S \cdot \delta_s$$

K – součinitel prostupu tepla stěnou.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

S – velikost výhřevné plochy výměníků.

δ_s – střední teplotní spád (rozdíl).

$$\text{Je-li: } \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} < 2 \rightarrow \delta_s = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}$$

$$\text{Je-li: } \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} \geq 2 \rightarrow \delta_s = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} \cdot \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \cdot \log \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

Spotřebu chladicí nebo topné látky spočítáme ze vztahu:

$$Q = m_1 \cdot c_{p1} \cdot \Delta t_1 = m_2 \cdot c_{p1} \cdot \Delta t_2$$

m – hmotnost tekutiny;

c_p – měrné teplo tekutiny;

Δt – rozdíl teplot tekutiny.

Př.: V protiproudém výměníku o ploše 12 m^2 se má ochlazovat 4200 kg oleje z $t_1 = 195^\circ\text{C}$ na $t_2 = 50^\circ\text{C}$. Chlazení je prováděno vodou, která má na vstupu teplotu $t_1 = 15^\circ\text{C}$, na výstupu $t_2 = 55^\circ\text{C}$. Za jak dlouho se olej ochladí, je-li $K = 175 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$, měrné teplo oleje

$$c = 2,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} ?$$

$$\Delta t_{\max} = 195 - 55 = 140^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = 50 - 15 = 35^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}} = \frac{140}{35} = 4 > 2 \rightarrow \delta_s = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{140 - 35}{\ln \frac{140}{35}} = 75,7$$

$$Q_\tau = K \cdot S \cdot \delta_s = 175 \cdot 12 \cdot 75,4 = 158970 \text{ W}$$

$$Q_\tau = \frac{m_o}{\tau} \cdot c_o \cdot \Delta t_o$$

$$158970 = \frac{4200}{\tau} \cdot 2420 \cdot 145 \rightarrow \tau = \frac{4200 \cdot 2420 \cdot 145}{158970} = 9271 \text{ s} = 155 \text{ min} = 2,58 \text{ h} = 2 \text{ h } 35 \text{ min}.$$

Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.