



Termomechanika – cvičení 12

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Obsah

Sdílení tepla

Vedení

Přestup

Prostup

Tepelné výměníky

Základní koncepty a koncepce výpočtů

Vzorové výpočty



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

SDÍLENÍ TEPLA



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Tepelná energie

- Kinetická energie mikročastic
- Mírou kinetické energie je teplota

Teplo

- Přenášená kinetická energie mikročastic
- Mírou tepla je tepelný tok

Rozlišujeme 3 formy přenosu tepla:

1. Sdílení tepla vedením (kondukce)

- v pevných látkách, v klidné (neproudící) tekutině a v proudící tekutině při laminárním proudění ale jen ve směru kolmém na směr proudění

2. Sdílení tepla prouděním (konvekce)

- uplatňuje se jen u proudících tekutin (u laminárního proudění pouze ve směru proudění, u turbulentního proudění vždy)

3. Sdílení tepla sáláním (tepelná radiace)

- prostřednictvím elektromagnetického vlnění o vlnové délce $0.35 \div 40 \mu m$
- jako jediný z těchto tří způsobů je realizován i ve vakuu

Základním předpokladem k tomu, aby nějaký z těchto dějů mohl nastat je existence teplotního rozdílu!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

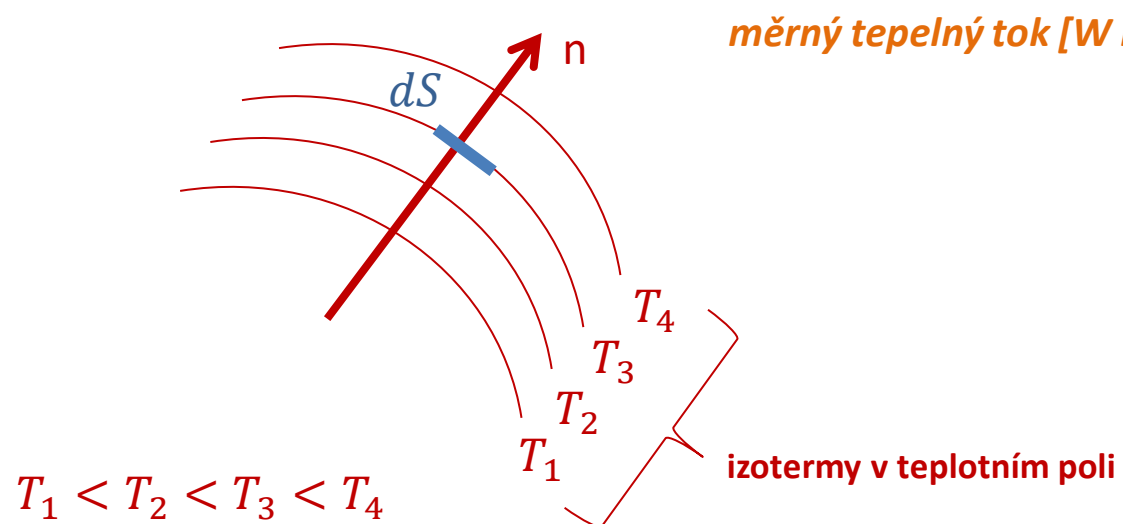


Biot-Fourierův zákon

Udává množství tepla dQ , které projde elementární plochou dS při teplotním spádu $-\text{grad } T$ ve směru normály plochy $\vec{n}$ za elementární čas dt

$$d^2Q = -\lambda \text{grad } T d\vec{S} dt$$

$$\frac{d^2Q}{d\vec{S} dt} = -\lambda \text{grad } T = \vec{q}$$



měrný tepelný tok [W m^{-2}]

součinitel tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad } T$$

gradient teplotního pole [K m^{-1}]

dle 2. termodynamického zákona teplo samovolně přechází z teploty vyšší na teplotu nižší, tj. proti směru gradientu teplotního pole

gradient je vektor největšího spádu a má tedy směr nárůstu teploty

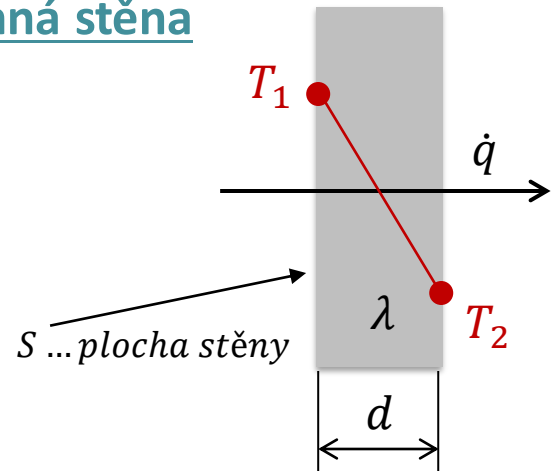


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Aplikace B-F zákona na 1D úlohy:

Rovinná stěna



$$\dot{q} = -\lambda \frac{dT}{dx} \rightarrow \dot{q} dx = -\lambda dT$$

$$\dot{q} \int_0^d dx = -\lambda \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\dot{q} d = -\lambda(T_2 - T_1)$$

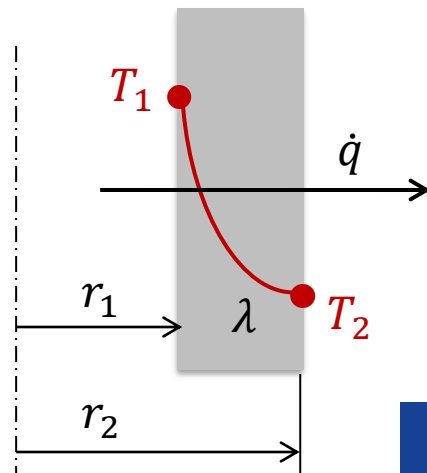
$$\dot{q} = \frac{\lambda}{d}(T_1 - T_2) \rightarrow \dot{Q} = \frac{\lambda}{d}(T_1 - T_2) S$$

tepelný tok rovinnou stěnou [W]

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{d} (T_1 - T_2) S$$

Pozn.: Průběh teploty napříč rovinnou stěnou je lineární!

Válcová stěna



$$\dot{Q} = -\lambda \frac{dT}{dr} 2\pi r L \rightarrow \frac{-\dot{Q}}{2\pi \lambda L} \frac{dr}{r} = dT$$

$$\frac{-\dot{Q}}{2\pi \lambda L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \int_{T_1}^{T_2} dT$$

$$\frac{-\dot{Q}}{2\pi \lambda L} \ln \frac{r_2}{r_1} = T_2 - T_1$$

$$\dot{Q} = \frac{2\pi L (T_1 - T_2)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

tepelný tok válcovou stěnou [W]

$$\dot{Q} = \frac{2\pi L (T_1 - T_2)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Pozn.: Průběh teploty napříč rovinnou stěnou není lineární!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

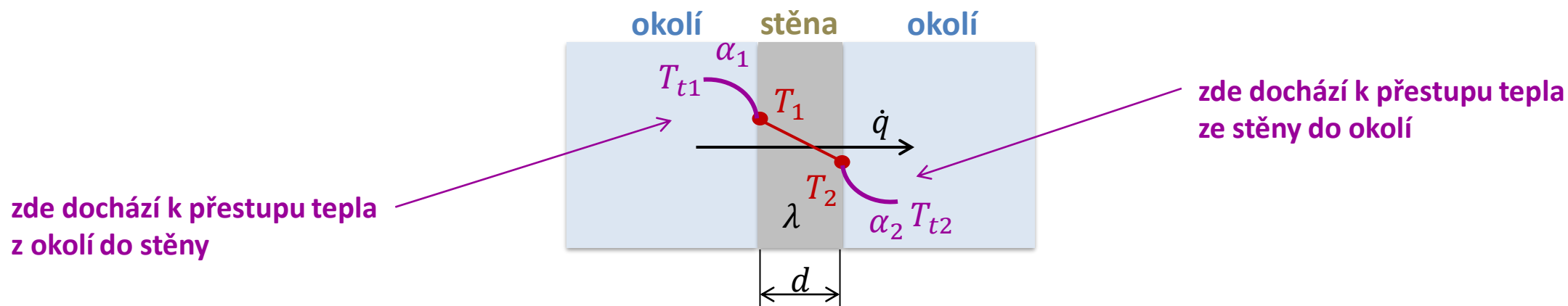
Přestup a prostup tepla

Přestup tepla: přenesení tepla z jedné látky do druhé

Přestup tepla tedy není novým mechanismem přenosu tepla (ty jsou jen 3). Přestupem tepla pouze říkáme, že teplo přechází (přestupuje) z jedné látky do druhé.

Prostup tepla: prostup tepla = přestup tepla + vedení tepla + přestup tepla

Prostup tepla tedy není novým mechanismem přenosu tepla (ty jsou jen 3). Prostupem tepla pouze říkáme, že teplo přechází (prostupuje) z jednoho média do druhého přes pevnou látku.



Prostup tepla = přestup tepla z okolí do stěny + vedení tepla stěnou + přestup tepla ze stěny do okolí



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

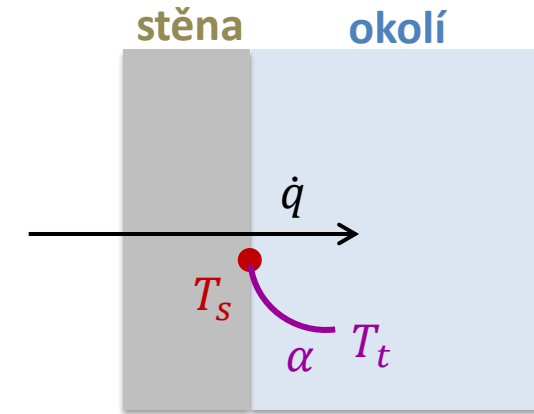
Přestup tepla (rovinná stěna)

$$\dot{q} = \alpha (T_t - T_s)$$

součinitel přestupu tepla [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]

teplota okolního prostředí [K]

teplota na stěně [K]



$$\dot{Q} = \alpha (T_t - T_s) S$$

plocha stěny [m^2]

součinitel prostupu tepla [$\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$]

$$\dot{Q} = S k (T_{t1} - T_{t2})$$

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

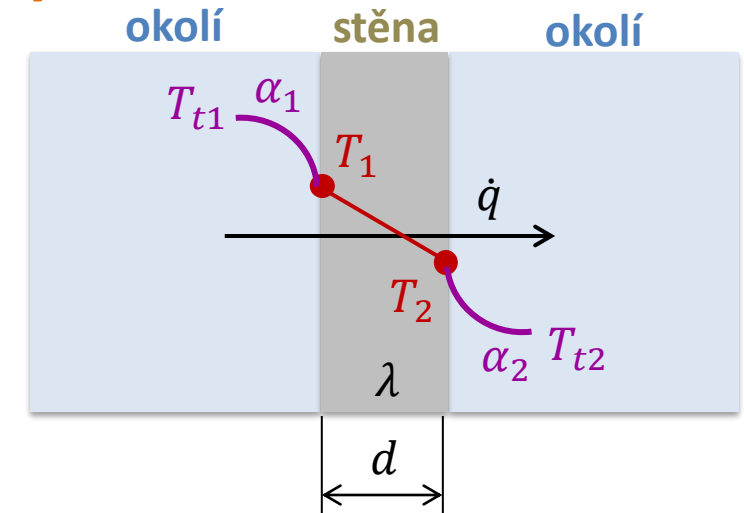
tepelný odpor levé mezní vrstvy
(platí pro rovinnou stěnu)

tepelný odpor pravé mezní vrstvy
(platí pro rovinnou stěnu)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

tepelný odpor rovinné desky



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

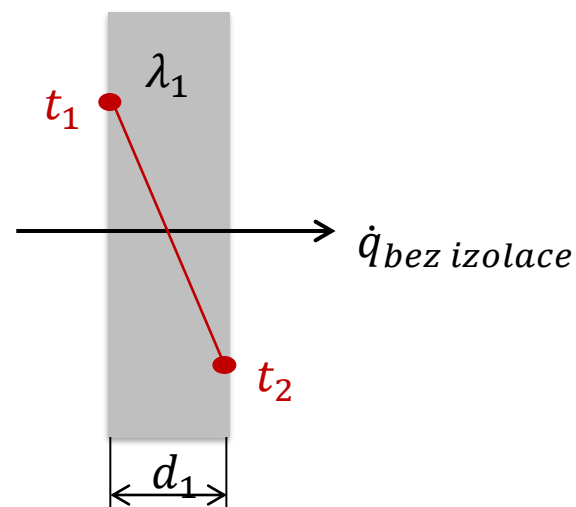
Tepelný odpor mezní vrstvy pro válcovou stěnu: $\frac{1}{\alpha_1 r_1} + \frac{1}{\alpha_2 r_2}$

Příklad 1

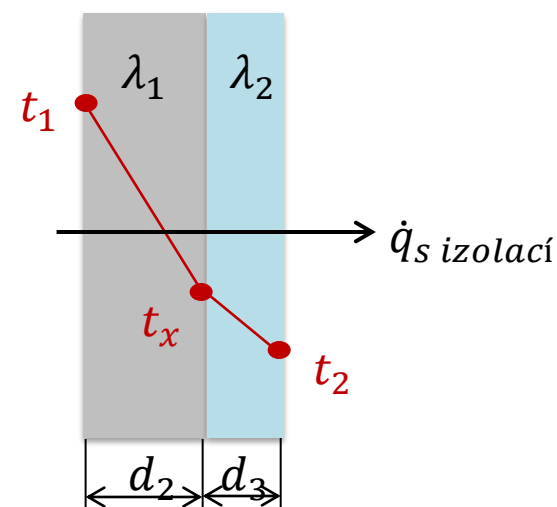
Jak silný musí být korek ($d_3 = ?$; $\lambda_2 = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$), aby zeď o tloušťce $d_2 = 70 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 0.9 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ měla stejné tepelné ztráty jako samostatná zeď o tloušťce $d_1 = 450 \text{ mm}$.

Dáno: $\lambda_1 = 0.9 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$; $\lambda_2 = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$; $d_1 = 450 \text{ mm}$; $d_2 = 70 \text{ mm}$

Určit: $d_3 = ? [\text{mm}]$



stěna bez izolace



stěna s izolací



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Při výpočtu tloušťky izolace (korku) využijeme skutečnosti, že tepelné ztráty zdi s izolací mají být totožné, jako tepelné ztráty zdi bez izolace. Tedy musí platit, že při stejné teplotě t_1 je i v obou případech stejná teplota t_2 .

Tepelný tok zdi bez izolace vypočítáme následovně:

$$\dot{q} = \frac{\lambda_1}{d_1} (t_1 - t_2)$$

U zdi s izolací vyjádříme zvlášť tepelný tok rovinnou zdí $\dot{q}_{zed'}$ a následně tepelný tok korkem $\dot{q}_{korek}$

$$\dot{q}_{zed'} = \frac{\lambda_1}{d_2} (t_1 - t_x)$$

$$\dot{q}_{korek} = \frac{\lambda_2}{d_3} (t_x - t_2)$$

$$\dot{q}_{zed'} = \dot{q}_{korek} = \dot{q}$$

rovnice sečteme

$$t_1 - t_x = \dot{q} \frac{d_2}{\lambda_1}$$

$$t_x - t_2 = \dot{q} \frac{d_3}{\lambda_2}$$

$$t_1 - t_2 = \dot{q} \left(\frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_2} \right)$$

požadujeme stejné tepelné ztráty u zdi s izolací a bez



Jak již bylo řečeno, rozdíl teplot $t_1 - t_2$ musí být stejný u stěny s izolací i bez, tedy:

$$t_1 - t_2 = \underbrace{\dot{q} \frac{d_1}{\lambda_1}}_{\text{bez izolace}} = \overbrace{\dot{q} \left(\frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_2} \right)}^{\text{s izolací}}$$

$$\frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_2} \rightarrow d_3 = \lambda_2 \left(\frac{d_1}{\lambda_1} - \frac{d_2}{\lambda_1} \right)$$

$$d_3 = 0.03 * \left(\frac{450 * 10^{-3}}{0.9} - \frac{70 * 10^{-3}}{0.9} \right)$$

$$d_3 \cong 0.0127 [m]$$

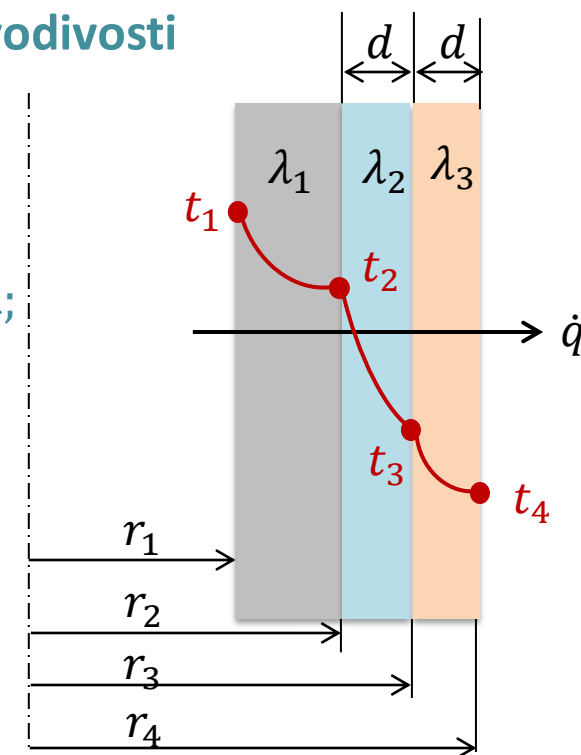


Příklad 2

Ocelové potrubí $\frac{d_2}{d_1} = \frac{110 \text{ [mm]}}{100 \text{ [mm]}}$ je pokryto dvěma vrstvami izolace stejné tloušťky 50 mm. Teplota vnitřního povrchu stěny je 250 [°C], vnější povrch izolace má teplotu 50 [°C]. Určete ztráty tepla na 1 [m] délky potrubí a teplotu na hranici styku obou izolačních vrstev. Vnitřní vrstva izolace má součinitel tepelné vodivosti 0.06 [W m⁻¹ K⁻¹], vnější pak 0.12 [W m⁻¹ K⁻¹]. Materiál potrubí má součinitel tepelné vodivosti 50 [W m⁻¹ K⁻¹].

Dáno: $\lambda_1 = 50 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $\lambda_2 = 0.06 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $\lambda_3 = 0.12 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $d = 50 \text{ mm}$;
 $d_1 = 100 \text{ mm}$; $d_2 = 110 \text{ mm}$; $t_1 = 250 \text{ °C}$; $t_4 = 50 \text{ °C}$, $L = 1 \text{ m}$

Určit: $\dot{q} = ? \text{ [W m}^{-1}\text{]}; t_3 = ? \text{ [°C]}$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Pro jednoduchou válcovou stěnu platí:

$$\dot{Q} = \frac{2 \pi \lambda L}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (t_1 - t_2) \rightarrow t_1 - t_2 = \frac{\dot{Q}}{2 \pi L \lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Pro složenou válcovou stěnu platí:

$$t_1 - t_2 = \frac{\dot{Q}}{2 \pi L \lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

$$t_2 - t_3 = \frac{\dot{Q}}{2 \pi L \lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2}$$

$$t_3 - t_4 = \frac{\dot{Q}}{2 \pi L \lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3}$$

rovnice sečteme

$$t_1 - t_4 = \frac{\dot{Q}}{2 \pi L} \left[\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \right]$$

Nyní můžeme dopočítat hodnotu tepelného toku (tj. tepelných ztrát) složenou stěnou:

$$\dot{Q} = \frac{2 \pi L (t_1 - t_4)}{\left[\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \right]} = \frac{2 \pi * 1 * (250 - 50)}{\left[\frac{1}{50} \ln \frac{110}{100} + \frac{1}{0.06} \ln \frac{210}{110} + \frac{1}{0.12} \ln \frac{310}{210} \right]} = 89.6 [W] \equiv 89.6 [W m^{-1}]$$

Uvažovaná délka potrubí byla 1 m, proto je hodnota tepelného toku vztažená na 1 m číselně shodná s vypočtenou hodnotou



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Zbývá dopočítat teplotu t_3 , tj. teplotu na hranici styku obou izolačních vrstev. Pro výpočet využijeme rovnici pro teplotní rozdíl $t_3 - t_4$ z předchozího slidu:

$$t_3 - t_4 = \frac{\dot{Q}}{2\pi L \lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \rightarrow t_3 = t_4 + \frac{\dot{Q}}{2\pi L \lambda_3} \ln \frac{r_4}{r_3}$$

$$t_3 = 50 + \frac{89.6}{2\pi * 10.12} \ln \frac{310}{210} = 96.3 [^{\circ}\text{C}]$$



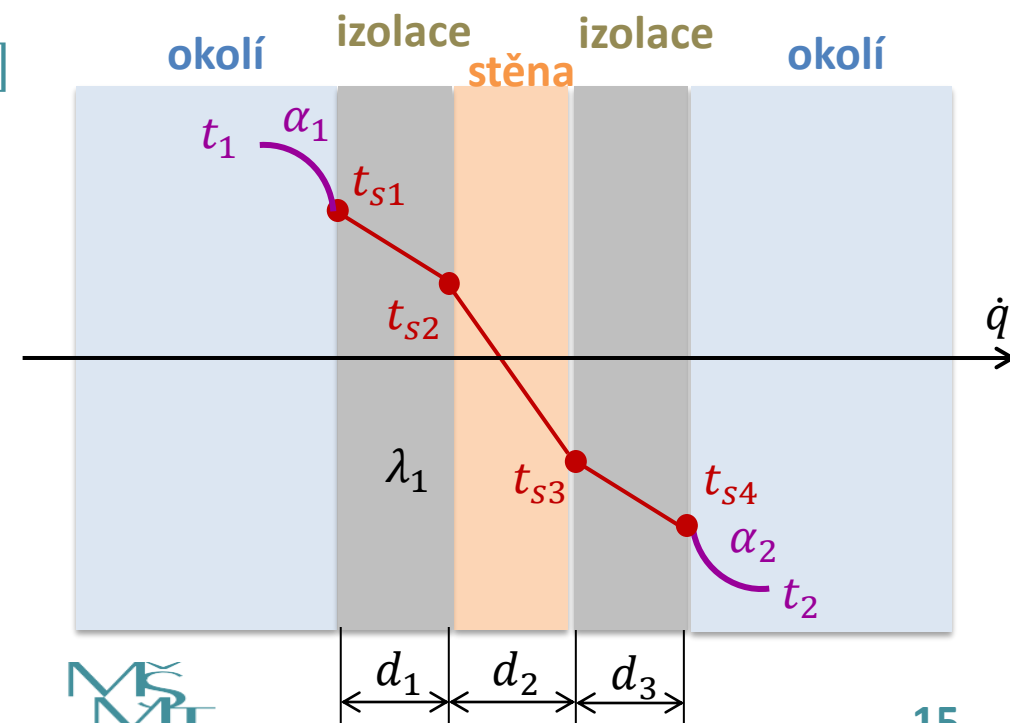
Příklad 3

Vypočítejte tepelný tok izolovanou stěnou a dále určete teploty na jednotlivých rozhraních.

Dáno: $\lambda_1 = 0.08 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $\lambda_2 = 46 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $\lambda_3 = 1.3 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; $d_1 = 1.4 \text{ mm}$; $d_2 = 10 \text{ mm}$

$d_3 = 2.1 \text{ mm}$; $t_1 = 540 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_2 = 189 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha_1 = 100 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$; $\alpha_2 = 6100 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

Určit: $\dot{q} = ? [\text{W m}^{-2}]$; $t_{s1} = ? [^\circ\text{C}]$; $t_{s2} = ? [^\circ\text{C}]$; $t_{s3} = ? [^\circ\text{C}]$; $t_{s4} = ? [^\circ\text{C}]$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Jedná se o úlohu na prostup tepla, tudíž můžeme napsat rovnici pro tepelný tok ve tvaru s koeficientem prostupu tepla:

$$\dot{q} = k (t_1 - t_2)$$

Součinitel prostupu tepla určíme prostřednictvím součtu tepelných odporů:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{0.0014}{0.08} + \frac{0.01}{46} + \frac{0.0021}{1.3} + \frac{1}{6100}} = 33.9 [W m^{-2} K^{-1}]$$

Tepelný tok stěnou je tedy následující:

$$\dot{q} = 33.9 * (540 - 189) = 11\,899 [W m^{-2}]$$

Teploty na jednotlivých rozhraních dopočítáme pomocí již vypočtené hodnoty tepelného toku, která je napříč stěnou neměnná:

$$\dot{q} = \alpha_1 (t_1 - t_{s1}) \rightarrow t_{s1} = t_1 - \frac{\dot{q}}{\alpha_1} = 540 - \frac{11\,899}{100} = 421 [^{\circ}C]$$

$$\dot{q} = \frac{t_{s1} - t_{s2}}{\frac{d_1}{\lambda_1}} \rightarrow t_{s2} = t_{s1} - \dot{q} \frac{d_1}{\lambda_1} = 421 - 11\,899 \frac{0.0014}{0.08} = 212.8 [^{\circ}C]$$



$$\dot{q} = \frac{t_{s2} - t_{s3}}{\frac{d_2}{\lambda_2}} \rightarrow t_{s3} = t_{s2} - \dot{q} \frac{d_2}{\lambda_2} = 212.8 - 11\,899 \frac{0.01}{46} = 210.2 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$\dot{q} = \frac{t_{s3} - t_{s4}}{\frac{d_3}{\lambda_3}} \rightarrow t_{s4} = t_{s3} - \dot{q} \frac{d_3}{\lambda_3} = 210.2 - 11\,899 \frac{0.0021}{1.3} = 191 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Teplotu t_{s4} lze vypočítat i pomocí rovnice pro přestup tepla ze stěny do okolí:

$$\dot{q} = \alpha_2(t_{s4} - t_2) \rightarrow t_{s4} = t_2 + \frac{\dot{q}}{\alpha_2} = 189 - \frac{11\,899}{6100} = 191 \text{ [}^\circ\text{C]}$$



TEPELNÉ VÝMĚNÍKY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Jsou to zařízení pro přestup tepla z jednoho média do druhého

Rozdělujeme je do následujících kategorií

1. Regenerační výměníky

- K výměně tepla dochází prostřednictvím regeneračního členu (tzv. vsázky), pracují periodicky

2. Rekuperační výměníky

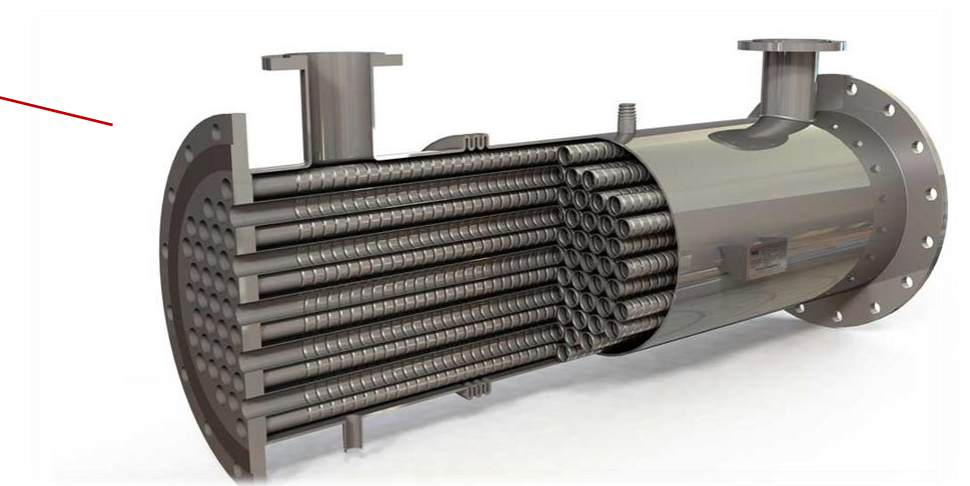
- U rekuperačních výměníků je vždy přestupová stěna, která odděluje teplé a studené médium. Ta může být buď rovná či válcová.
- Jejich činnost je nepřetržitá (bez periodicity)
- Příklad: deskové, trubkové výměníky

3. Směšovací výměníky

- Ke sdílení tepla zde dochází směšováním obou médií
- Příklad: směšovací kondenzátor

4. Speciální výměníky

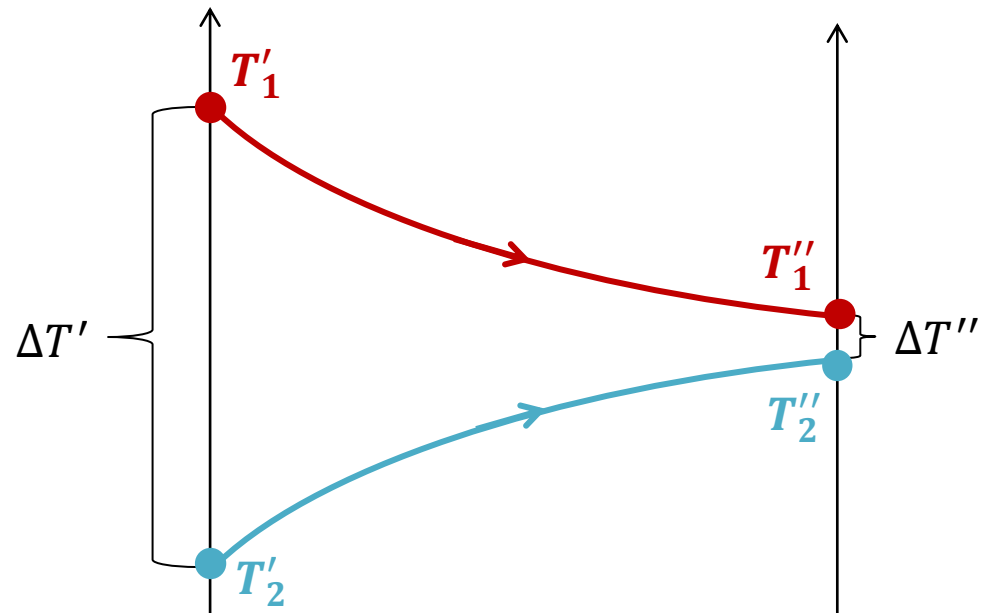
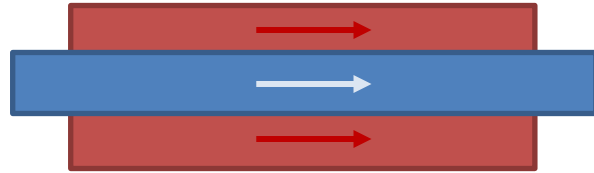
- Příklad: tepelná trubice, vírová trubice apod.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Základní dělení výměníků z hlediska proudění je na:

▪ Souproudé

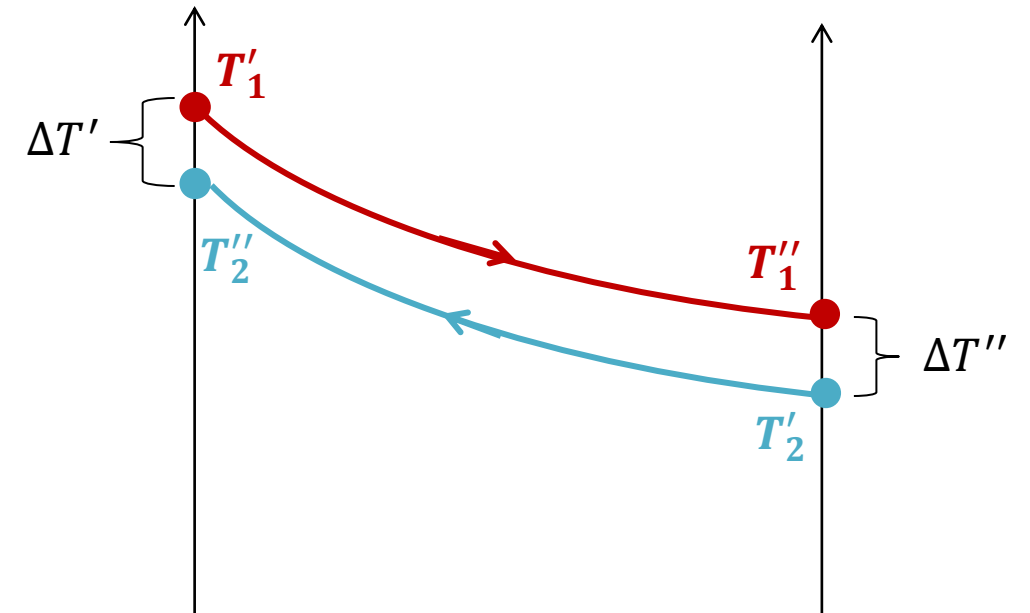
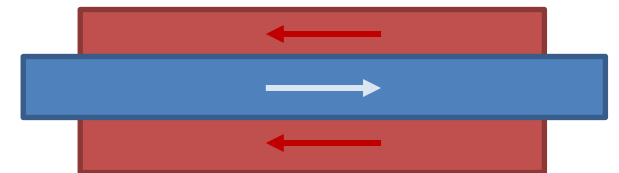


Ohřívané médium má na výstupu z výměníku vždy nižší teplotu než je výstupní teplota ochlazovaného média!

*střední teplotní logaritmický spád
(vztah platí pro souproud i protiproud)*

$$\Delta T_s = \frac{\Delta T' - \Delta T''}{\ln \frac{\Delta T'}{\Delta T''}}$$

▪ Protiproudé



Ohřívané médium může mít (a zpravidla má) na výstupu z výměníku vyšší teplotu než je výstupní teplota ochlazovaného média!



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Rekuperační tepelné výměníky – postup výpočtu

Při výpočtu rekuperačního tepelného výměníku se vychází ze skutečnosti, že množství tepla, které teplé médium odevzdá je rovno teplu, které studené médium přijme. Tato tepla lze vypočítat z kalorimetrické rovnice.

Množství tepla, které odevzdá horké médium:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{hot} c_{hot} (T_{hot,inlet} - T_{hot,outlet})$$

hmotnostní průtok horkého média [kg s⁻¹]
měrná tepelná kapacita horkého média [J kg⁻¹ K⁻¹]
vstupní teplota horkého média [K]
výstupní teplota horkého média [K]

Množství tepla, které přijme studené médium:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{cold} c_{cold} (T_{cold,outlet} - T_{cold,inlet})$$

hmotnostní průtok studeného média [kg s⁻¹]
měrná tepelná kapacita studeného média [J kg⁻¹ K⁻¹]
výstupní teplota studeného média [K]
vstupní teplota studeného média [K]

Poslední rovnicí, kterou při výpočtu rekuperačního výměníku využijeme je vztah pro prostup tepla teplosměnnou plochou:

$$\dot{Q} = k S \Delta T_s$$

součinitel prostupu tepla [W m⁻² K⁻¹]
velikost teplosměnné plochy [m²]
střední teplotní logaritmický spád [K]



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Předchozí rovnice představují soustavu 3 lineárních rovnic pro 3 neznámé – těmi jsou zpravidla následující veličiny:

- velikost teplosměnné plochy S ... počítá se z rovnice pro prostup tepla
- hmotnostní průtok ochlazovaného média $\dot{m}_{hot}$... počítá se z rovnice pro množství tepla, které odevzdá horké médium
- tepelný tok $\dot{Q}$... počítá se z rovnice pro množství tepla, které přijme studené médium

Uvedený postup je obecně platný pro souproudý i protiproudý výměník, pozor ale na výpočet teplotního logaritmického spádu, resp. na správné určení rozdílu teplot na vstupu a výstupu z výměníku.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Příklad 4

Hmotnostní tok oleje $0.24 \text{ [kg s}^{-1}\text{]}$ o teplotě $15 \text{ [}^\circ\text{C]}$ vstupuje do deskového protiproudého výměníku tepla, kde se ohřívá horkou vodou o vstupní teplotě $85 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Požadovaná výstupní teplota oleje je $82 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Voda se ve výměníku ochladí na teplotu $19 \text{ [}^\circ\text{C]}$. Stanovte hmotnostní průtok horké vody, tepelný tok ve výměníku a velikost teplosměnné plochy. Nakreslete průběh teplot ve výměníku.

Dáno: $\dot{m}_o = 0.24 \text{ kg s}^{-1}$; $t_o'' = 82 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_o' = 15 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_v' = 85 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_v'' = 19 \text{ }^\circ\text{C}$; $c_v = 4187 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$

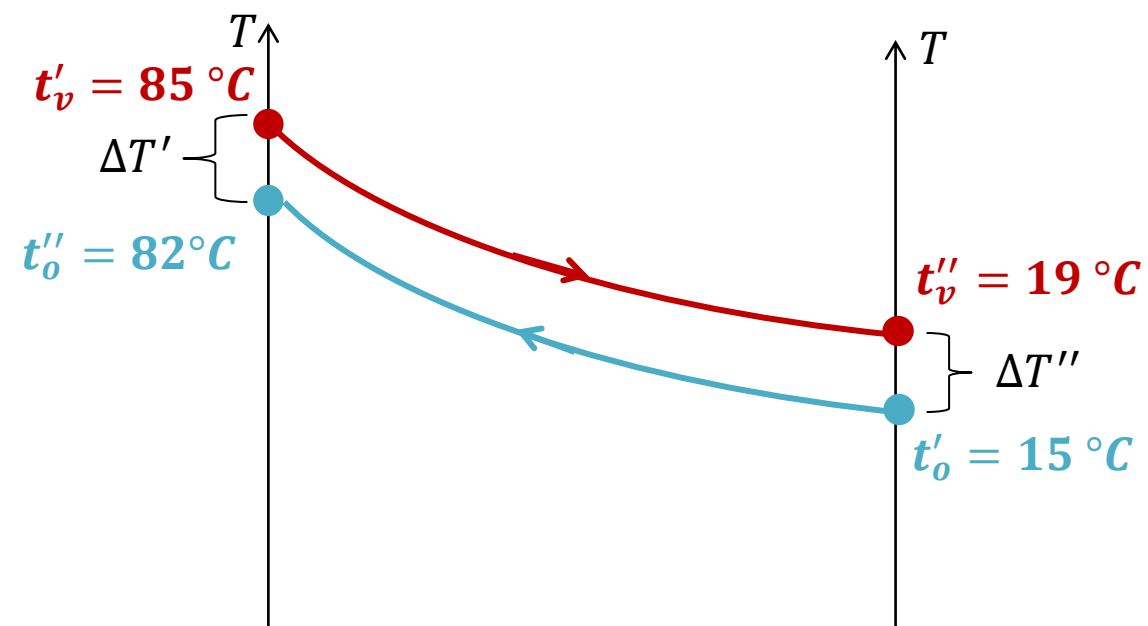
$c_o = 2147 \text{ J kg}^{-1}\text{K}^{-1}$; $k = 1300 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$

Určit: $\dot{Q} = ? \text{ [W]}$; $\dot{m}_v = ? \text{ [kg s}^{-1}\text{]}$; $S = ? \text{ [m}^2\text{]}$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Jedná se o protiproudý výměník tepla, tj. průběh teplot ve výměníku bude vypadat následovně:



Množství tepla, které musí přijmout olej, aby se ohřál z počáteční teploty $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ na požadovaných $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vypočítá následovně:

$$\dot{Q} = \dot{m}_o c_o (t''_o - t'_o) = 0.24 * 2147 * (82 - 15) \cong 34\,523.8\text{ [W]}$$

Toto množství tepla musí odevzdat ve výměníku horká voda, tj.:

$$\dot{Q} = \dot{m}_v c_v (t'_v - t''_v)$$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Z předchozí rovnice lze vypočítat potřebný hmotnostní tok horké vody:

$$\dot{Q} = \dot{m}_v c_v (t'_v - t''_v) \rightarrow \dot{m}_v = \frac{\dot{Q}}{c_v (t'_v - t''_v)}$$
$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}}{c_v (t'_v - t''_v)} = \frac{34\,523.8}{4187 * (85 - 19)} \cong 0.125 [kg\,s^{-1}]$$

Zbývá dopočítat velikost teplosměnné plochy protiproudého výměníku. K tomu využijeme rovnici pro prostup tepla:

$$\dot{Q} = k S \Delta T_s$$

Nejdříve musíme ale určit hodnotu středního teplotního logaritmického spádu:

$$\Delta T_s = \frac{\Delta T' - \Delta T''}{\ln \frac{\Delta T'}{\Delta T''}} = \frac{(85 - 82) - (19 - 15)}{\ln \frac{85 - 82}{19 - 15}} \cong 3.476 [^{\circ}C]$$

Teplosměnná plocha výměníku tedy bude:

$$\dot{Q} = k S \Delta T_s \rightarrow S = \frac{\dot{Q}}{k \Delta T_s}$$
$$S = \frac{34\,523.8}{1300 * 3.476} \cong 7.65 [m^2]$$



DĚKUJI ZA POZORNOST



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY