

Úvod

Tepelné výměníky jsou zařízení ve kterých se uskutečňuje přenos tepla mezi dvěma tekutinami o různých teplotách obvykle oddělených pevnou stěnou. Tepelné výměníky se vyskytují např. v chladicích zařízeních, automobilech, v elektrárnách, klimatizačních soustavách atd.

Základní rozdělení

dle charakteru proudění

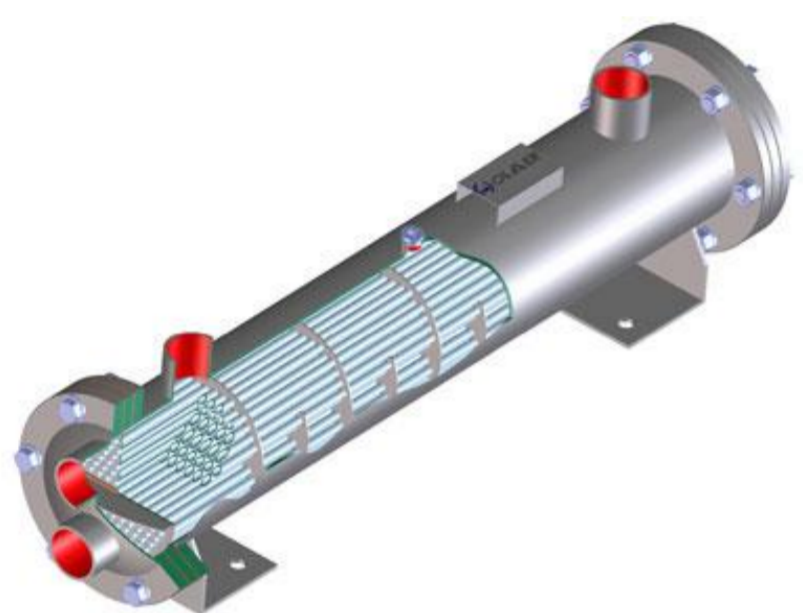
- souproudé – tekutiny proudí ve stejném směru
- protiproudé - tekutiny proudí v opačném směru
- s příčným proudem – tekutiny proudí kolmo na sebe

dle typu konstrukce

- plášťové – v plášti tvaru válce jsou trubky v různém uspořádání
- kompaktní – vyznačují se velkým teplosměnným povrchem na jednotku objemu výměníku. Jsou tvořeny hustou soustavou žebrovaných trubek nebo desek. Používají se vesměs tam, kde alespoň jedna z tekutin je plyn.

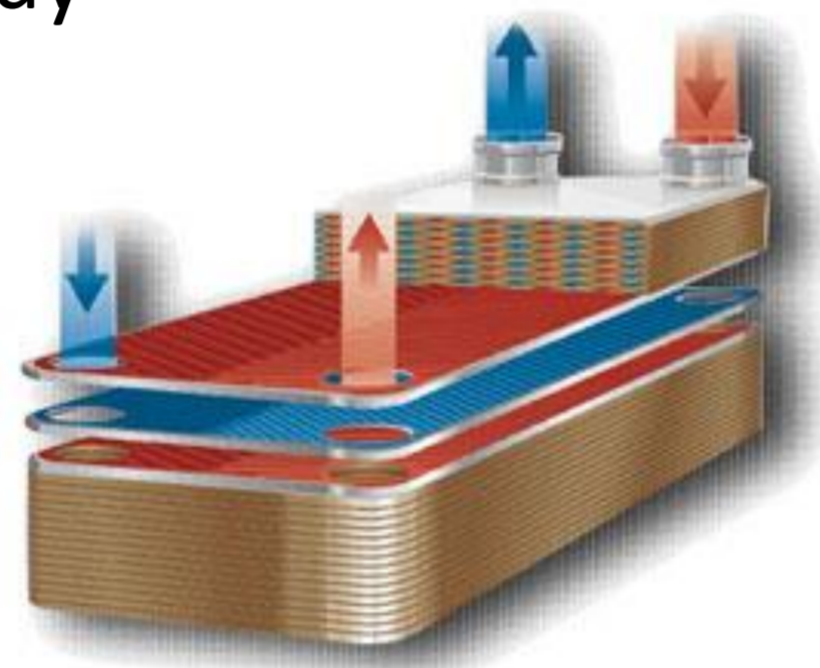
Trubkové výměníky

- pro velké průtoky, vysoké tlaky a teploty
- malé tlaková ztráty



Deskové výměníky

- účinnější než trubkové
- pro malé průtoky a teplotní spády



Rovnice tepelné bilance

Jestliže v žádné tekutině nedochází k fázové přeměně a tepelnou kapacitu lze považovat za konstantní, lze energetické bilance ve směru vstup-výstup pro horký a chladný proud zapsat ve tvaru

$$\dot{Q}_{h,in-out} = \dot{m}_h c_{p,h} (T_{h,in} - T_{h,out})$$

$$\dot{Q}_{c,in-out} = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{c,in} - T_{c,out})$$

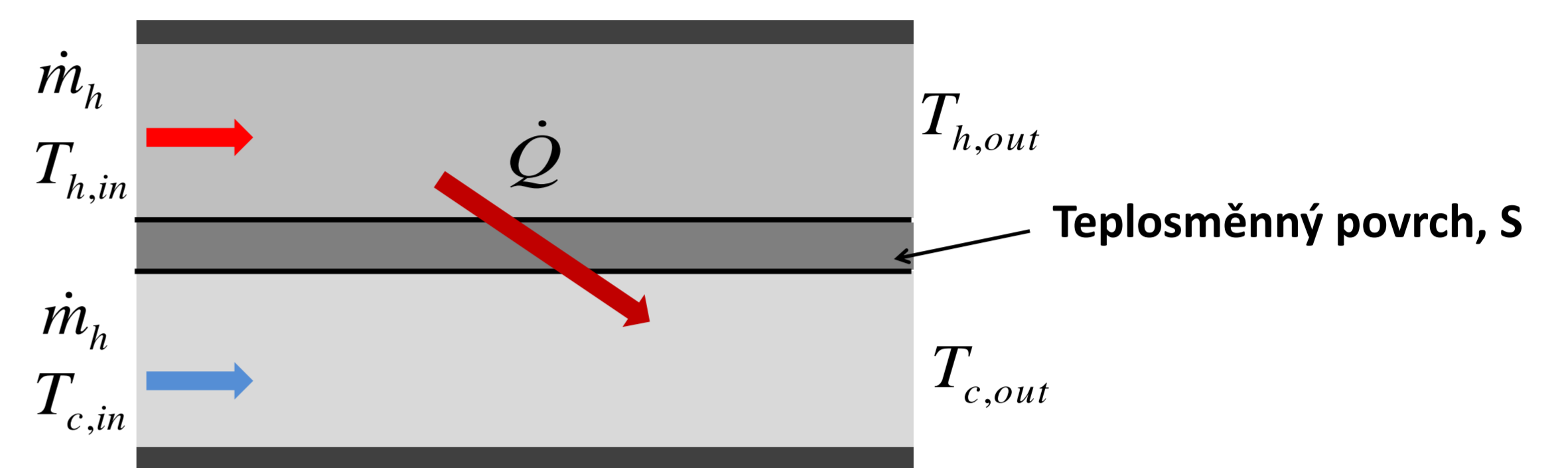


Schéma souproudého tepelného výměníku

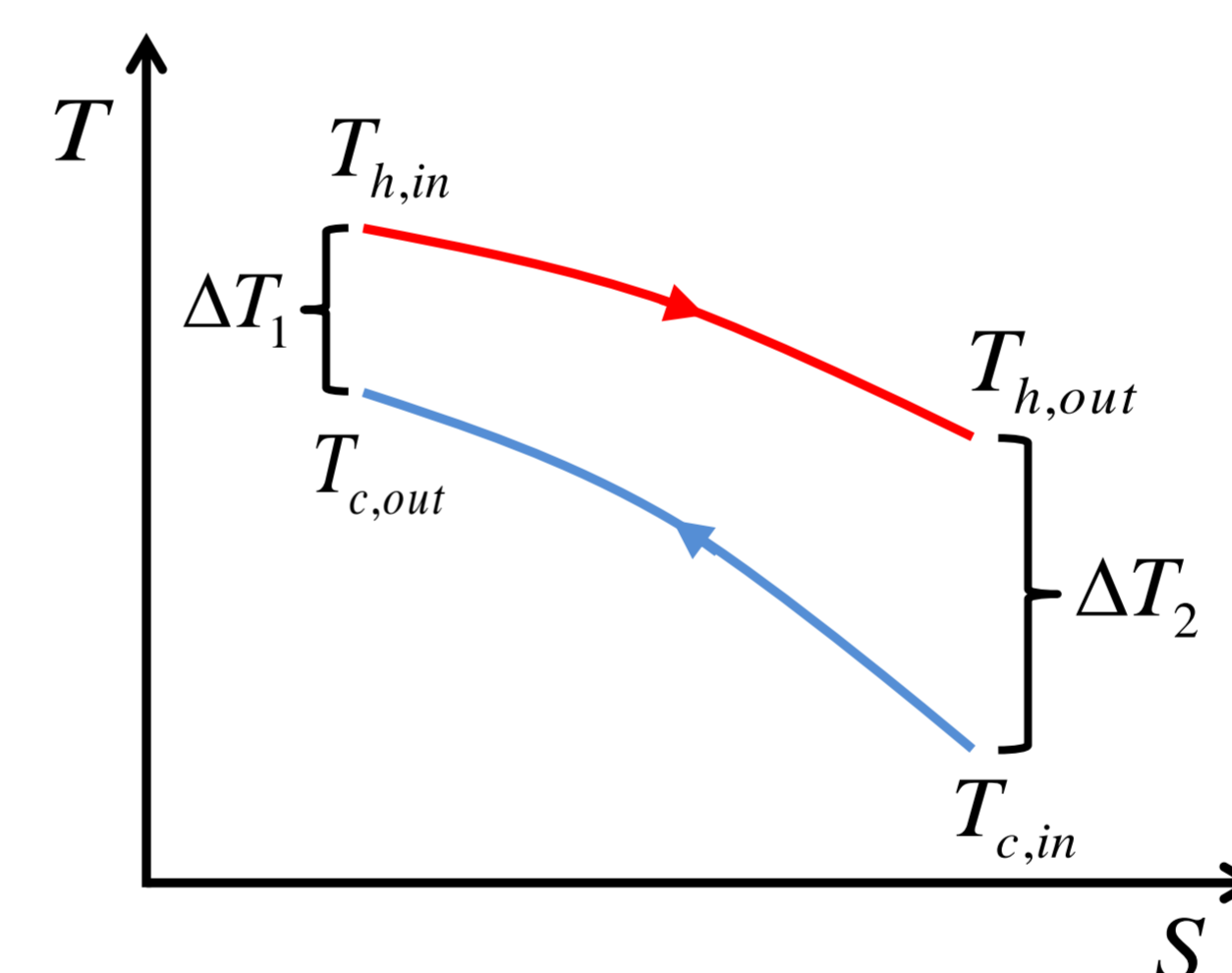
Tepelný tok ve směru horký-chladný proud lze zapsat ve tvaru

$$\dot{Q}_{h-c} = kS\Delta T_{ln}$$

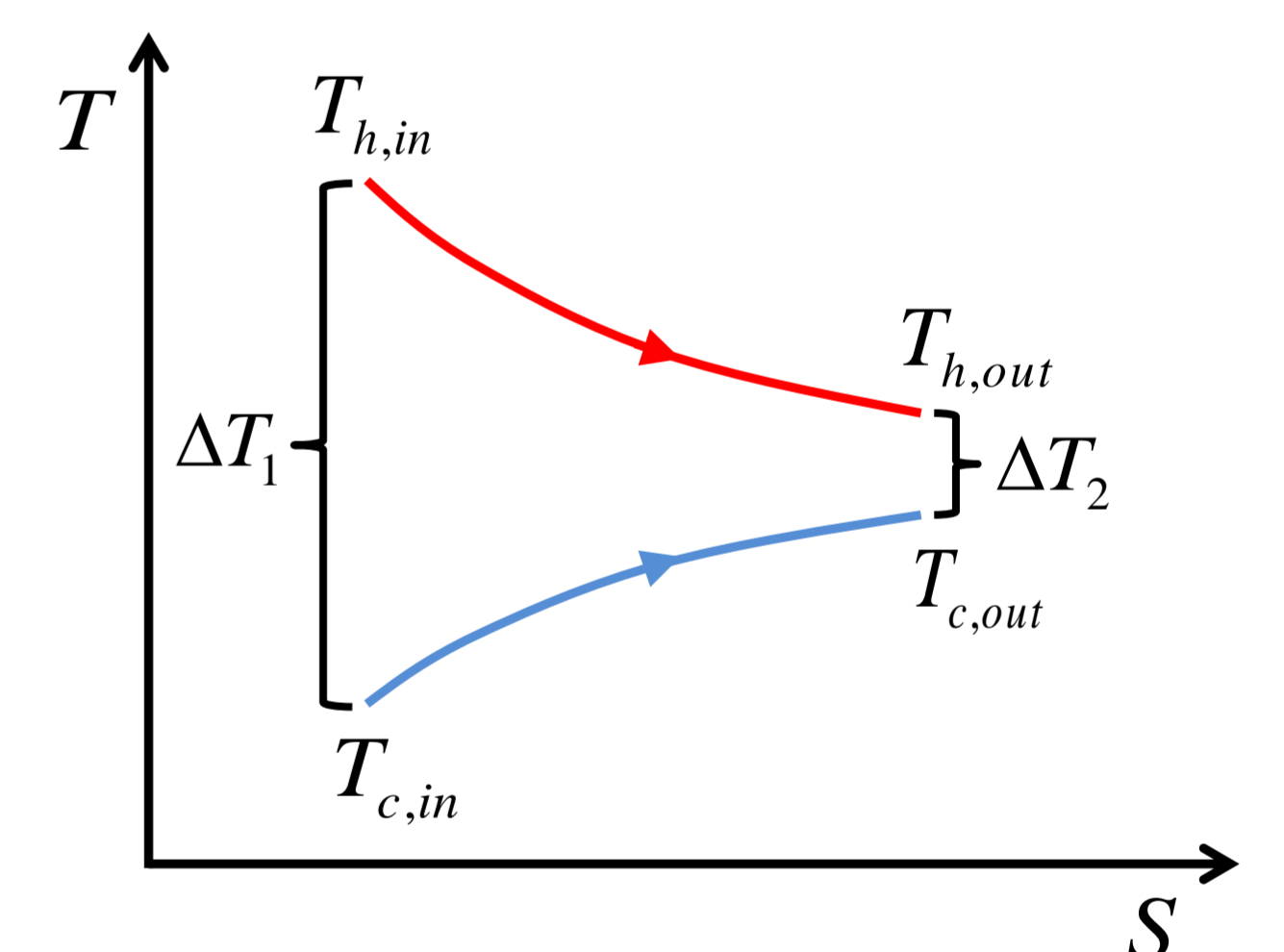
Kde k je součinitel prostupu tepla a ΔT_{ln} střední logaritmičtý teplotní spád

$$\Delta T_{ln} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

Teplotní diference ΔT_1 je vždy na levé straně výměníku a teplotní diference ΔT_2 je vždy na pravé straně výměníku bez ohledu na to, zda jde o souproudé nebo protiproudé uspořádání.



Průběh teplot protiproudého výměníku



Průběh teplot souproudého výměníku

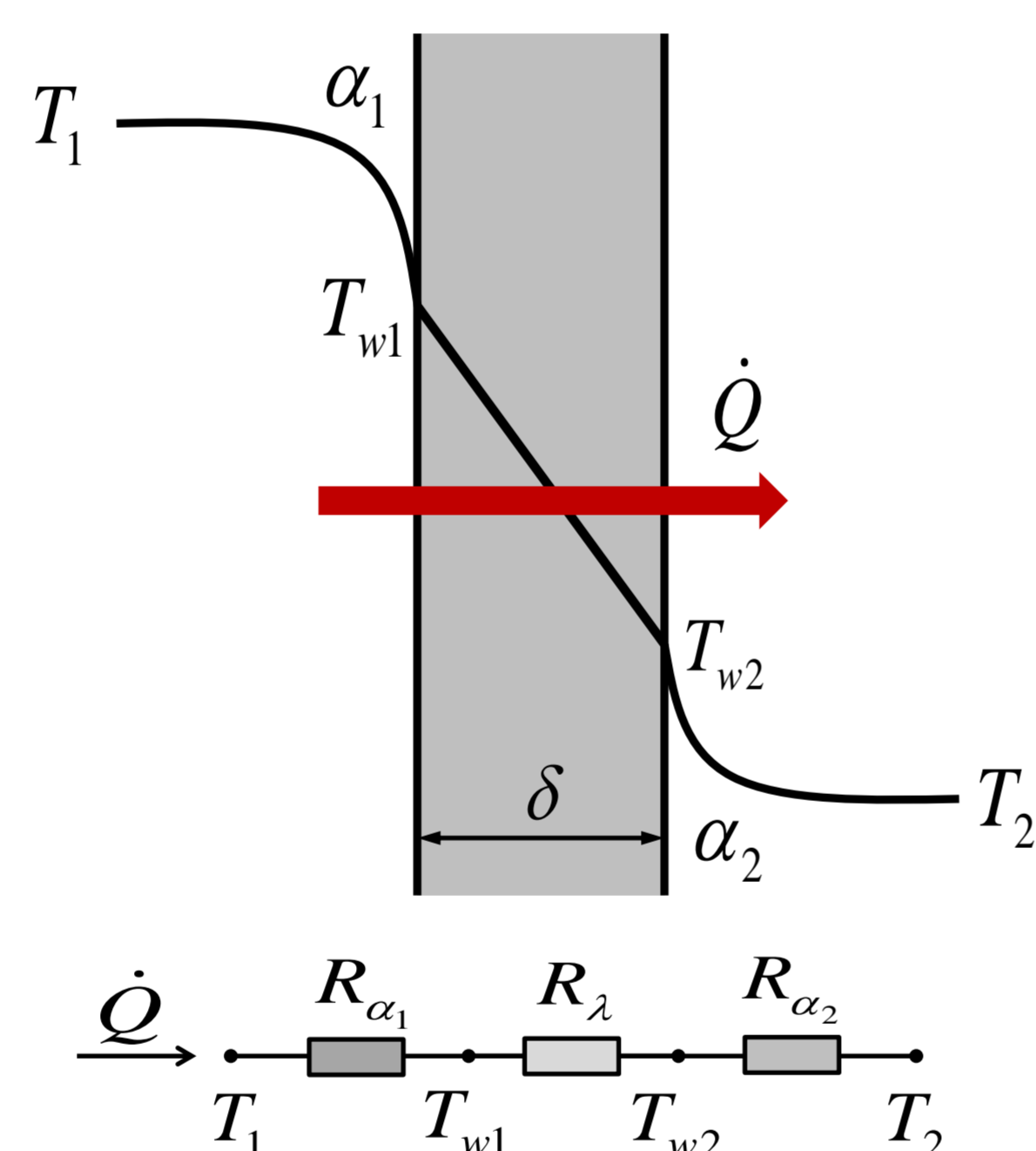
Součinitel prostupu tepla

Přenos tepla z jedné tekutiny do druhé probíhající přes pevnou překážku (např. stěnu trubky) se označuje jako **prostup tepla**. Tepelný tok je přenášen konvekcí z teplejší tekutiny do povrchu stěny, pak vedením stěnou a opět konvekcí z druhého povrchu stěny do chladnější tekutiny.

V případě **prostupu tepla rovinnou stěnou** musí pro celkový přenášený tok platit rovnice

$$\dot{Q} = \frac{(T_1 - T_{w1})}{\frac{1}{\alpha_1 S}} = \frac{(T_{w1} - T_{w2})}{\frac{\delta}{\lambda S}} = \frac{(T_{w2} - T_2)}{\frac{1}{\alpha_2 S}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\alpha_1} + R_{\lambda} + R_{\alpha_2}}$$

Schéma prostupu tepla rovinnou stěnou



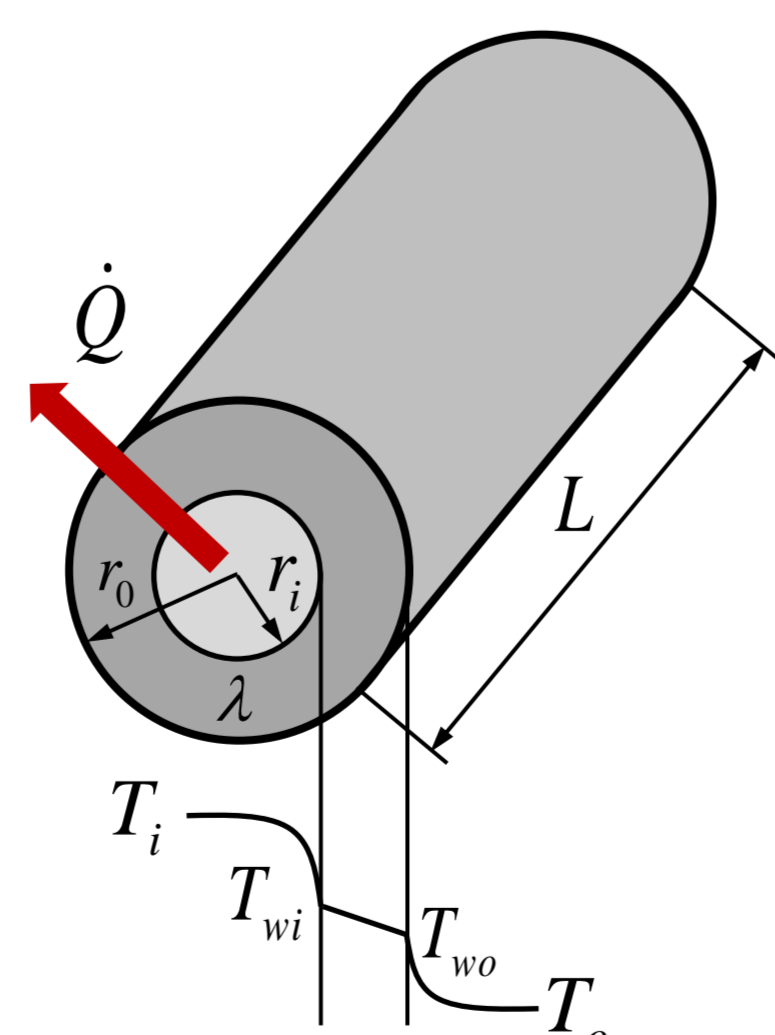
Rovnici lze tedy s využitím **tepelných odporů R_i** a **součinitele prostupu tepla k** , zapsat v obecném tvaru:

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_2}{\sum R} = kS(T_1 - T_2)$$

Prostup tepla válcovou stěnou je popsán vztahem

$$\dot{Q} = kS(T_i - T_o) = \frac{2\pi L(T_i - T_o)}{\frac{1}{r_i \alpha_i} + \frac{1}{\lambda} \ln \frac{r_o}{r_i} + \frac{1}{r_o \alpha_o}}$$

Schéma prostupu tepla válcovou stěnou



Metoda „efektivnost-NTU“

V případě, že známe pouze vstupní teploty obou látek je vhodné při návrhu tepelného výměníku použít tzv. **metodu ϵ -NTU**. Přenášený tepelný tok pak lze určit pomocí vztahu

$$\dot{Q} = \epsilon C_{\min} (T_{h,in} - T_{c,in})$$

kde ϵ je **efektivita výměníku**, kterou lze pro různá uspořádání výměníku odečíst z grafů závislosti

$$\epsilon = f\left(NTU, \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right), \quad \begin{aligned} C_{\min} &= \min\{C_h, C_c\} \\ C_{\max} &= \max\{C_h, C_c\} \end{aligned}$$

kde **NTU** je bezrozměrný parametr definovaný vztahem

$$NTU = \frac{kS}{C_{\min}}$$

Autor: Ing. Stanislav Knotek