

Värmeväxlare

Tis LV 5

Material: 3W - kap 22 (Transport)

Tilläggsmaterial (Ping Pong)

{ olika typer +
+ optimering }

Vad är en värmeväxlare? När behövs en?

Vid värmeöverföring från en strömmande fluid till en annan

Var? Värmeåtervinning + värmetitt försörjning i en kemisk process.

Till vad? Husuppvärmning

Kylskåp



{ kondensator (utanför)
förångare (inne i)

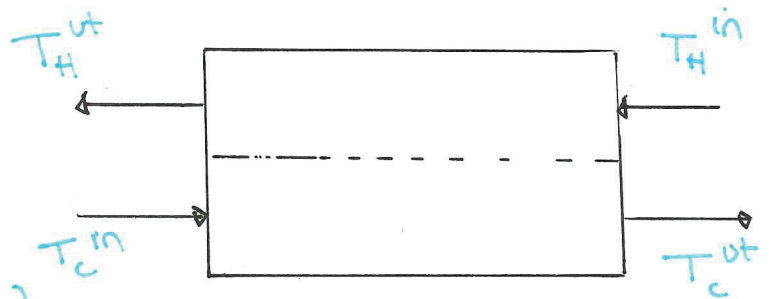
Från tidigare kurser:

Energibalanser

$$0 = -\Delta H_i \dot{m}_i + \dot{Q}_i \quad \{ i = H, C \}$$

$$\dot{Q}_i = \Delta H_i \dot{m}_i \quad \rightarrow \quad \dot{Q}_i = \Delta H_{mi}$$

För hela: $0 = -\Delta H_H \dot{m}_H - \Delta H_C \dot{m}_C$



Från Transporten: $q \leftrightarrow \dot{Q}$

$$dq = h_x \Delta T dA \quad \left\{ \text{för en sida, kall eller varm} \right\}$$

↑
Idéalt

$$dq = U \Delta T dA$$

↳ "total värmegång"

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_H A_H} + \frac{1}{h_C A_C} + \underbrace{\ln \frac{r_o}{r_i} \cdot 2\pi \cdot k \cdot L}_{\text{genomväggen (cylinder, rör)}}$$

totalt motstånd
varma sidan
kalla sidan

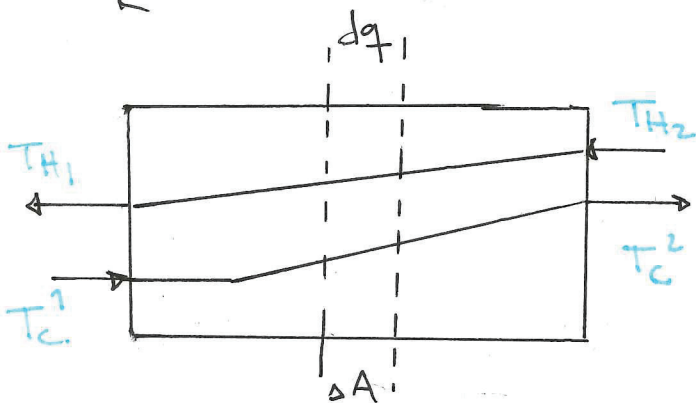
Värmeöverföringsstal h fås från lämplig korrelation för geometrin/fluiden/strömningshastighet

↳ tex. insida rör

↳ Laminärt, turbulent?

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^n \quad \left\{ \text{insida rör, turbulent} \right\}$$

||
 $\frac{hd}{k}$



$$dq = \dot{m}_H dH_H = \dot{m}_H \overbrace{c_{pH}}^{c_H} dT_H$$

$$dq = \dot{m}_C dH_C = \dot{m}_C \underbrace{c_{pC}}_{c_C} dT_C$$

$$dq = U \cdot dA (T_H - T_C) = U dA \Delta T$$

$$\int \frac{d(\Delta T)}{\Delta T} = dT_H - dT_C = \int \underbrace{dq}_{U \Delta T dA} \left(\frac{1}{c_H} - \frac{1}{c_C} \right) \quad \text{Integrera!}$$

$$\underbrace{\left[\ln \Delta T \right]_1^2}_{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = U \left(\frac{1}{c_H} - \frac{1}{c_C} \right) A$$

Utnyttja: $q = c_H (T_{H2} - T_{H1}) = c_C (T_{C2} - T_{C1})$

$$\hookrightarrow \frac{1}{c_H} = \frac{T_{H2} - T_{H1}}{q}$$

$$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{UA}{q} (T_{H2} - T_{H1} - T_{C2} + T_{C1})$$

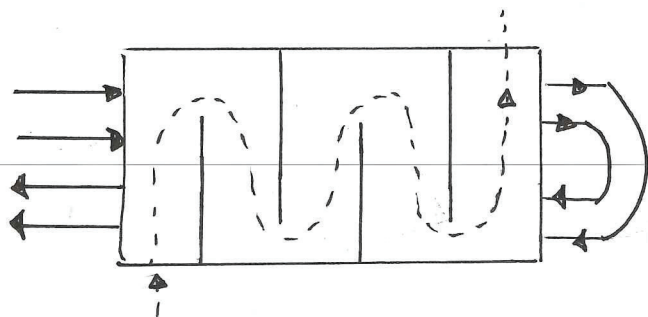
$$\Rightarrow \boxed{q = UA \Delta T_{lm}} \quad \Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

olika typer

Platt vx: motström (oftast)

Tub vx: Motström, bara en "enpass" och många
battlar, inte riktigt vid tråpass

Korsflöde: Vårken med eller motström



Trå-pass!

Beräkningsgång

F-faktormetoden:

In för en "korrektionsfaktor" F som beskriver avvikelser från motström

$$q = FUA \Delta T_{lm}$$

log. medeltemp.
För motström!

Fås ur diagram

lämpligt för VVX-konstruktionen

$$Y = \frac{T_{t,ut} - T_{t,in}}{T_{s,in} - T_{t,in}} \quad \left\{ \begin{array}{l} t - \text{tubside} \\ s - \text{skalsida} \end{array} \right.$$

$$Z = \frac{(mC_p)_{\text{tubside}}}{(mC_p)_{\text{skalside}}} = \frac{T_{s,in} - T_{s,ut}}{T_{t,ut} - T_{t,in}}$$

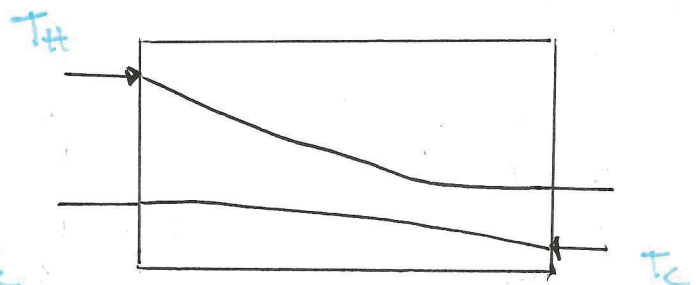
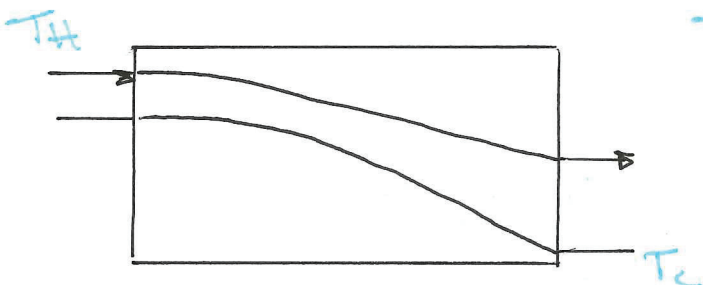
NTU-metoden:

NTU - Number of transfer units

ϵ - värmväxlarens "effektivitet"

$$\epsilon = \frac{q(A)}{q(A \rightarrow \infty)}$$

"jämfört alltså med maximalt möjligt"



$$(1) \quad C_H > C_C, \quad C_C = C_{\min} \rightarrow C_H = C_{\max}$$

$$T_{C, \max}^{\text{ut}} = T_H^{\text{in}} \quad \left\{ \text{då } A \rightarrow \infty \right\}$$

$$(2) \quad C_C > C_H, \quad C_H = C_{\min} \rightarrow C_C = C_{\max}$$

$$T_{H, \min}^{\text{ut}} = T_C^{\text{in}}$$

$$(1) \quad \epsilon_1 = \frac{C_H (T_H^{\text{in}} - T_H^{\text{ut}})}{C_C (T_C^{\text{ut}} - T_C^{\text{in}})_{\max}} = \frac{C_{\max} (T_H^{\text{in}} - T_{H, \min}^{\text{ut}})}{C_{\min} (T_H^{\text{in}} - T_C^{\text{in}})}$$

$$(2) \quad \epsilon_2 = \frac{C_C (T_C^{\text{ut}} - T_C^{\text{in}})}{C_H (T_H^{\text{in}} - T_H^{\text{ut}})_{\max}} = \frac{C_{\max} (T_C^{\text{ut}} - T_C^{\text{in}})}{C_{\min} (T_H^{\text{in}} - T_C^{\text{in}})}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \dot{q} = \epsilon \cdot C_{\min} (T_H^{\text{in}} - T_C^{\text{in}}) \\ \dot{q} = UA \Delta T_{\text{lm}} \end{array} \right\} \quad (*)$$

(*) \Rightarrow (för motström!)

$$\epsilon = \frac{1 - \exp\left[-\frac{UA}{C_{\min}} \left(1 - \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right)\right]}{1 - \frac{C_{\min}}{C_{\max}} \exp\left[-\frac{UA}{C_{\min}} \left(1 - \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right)\right]}$$

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

Allmänt

$$\epsilon = \epsilon\left(NTU, \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right)$$

\hookrightarrow försörjning

Optimering

"optimal" storlek på VVX?

När är det lönt att utöka ytan?

Om ytan ökas med " ΔA "

K_A - kostnad för ytterligare yta $\left[\frac{\text{SEK}}{\text{m}^2 \text{ år}} \right]$

$$\underbrace{K_A dA}_{\text{kostnad för utökn.}} = \underbrace{C_{\min} dT_{\min}}_{\text{öka värme- överföring}} \cdot \underbrace{t_{\text{drift}}}_{\text{drifttid per år}} \cdot \underbrace{\beta}_{\text{värdet av återvunnen värme} \left[\frac{\text{SEK}}{\text{J}} \right]}$$

$$dT_{\min} = (T_{H2} - T_{C1}) d\varepsilon$$

$$\frac{d\varepsilon}{dA} = \frac{K_A}{C_{\min}(T_{H2} - T_{C1}) t_{\text{drift}} \beta}$$

vid optimum

Delat med $\frac{U}{C_{\min}}$:

$$\Rightarrow \frac{d\varepsilon}{d\left(\frac{UA}{C_{\min}}\right)} = \frac{K_A}{U(T_{H2} - T_{C1}) t_{\text{drift}} \beta}$$

$\underbrace{\frac{UA}{C_{\min}}}_{\text{NTU}}$

Grafisk lösning!