

1. 伝熱

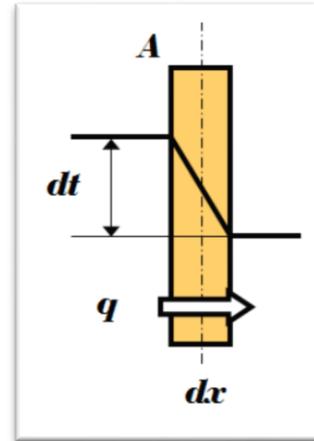
(1) 熱伝導 q [W]

λ : 熱伝導率 [W/m-K] A : 伝熱面積 [m²]

Δt : 温度差 [deg.C or K]

x : 板厚[m]

$$q = -\lambda \times A \times \frac{dt}{dx}$$



(2) 対流伝熱(平板) q [W]

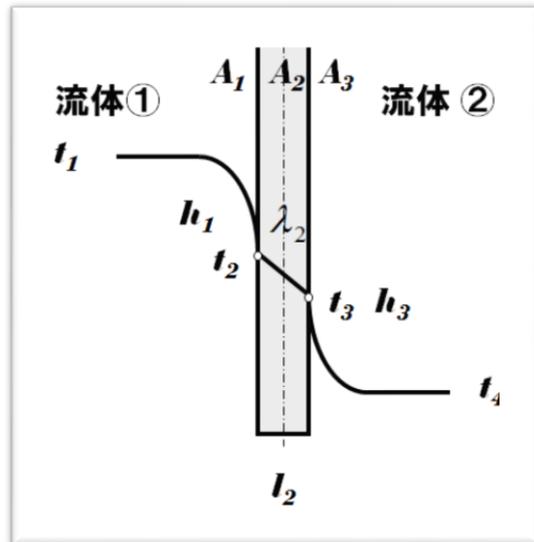
A_{av}, A_1, A_2, A_3 : 伝熱面積 [m²] U : 総括伝熱係数 [W/m²-K]

h_1, h_2 : 境膜係数 [W/m²-K] λ : 熱伝導率 [W/m-K]

l_2 : 板肉厚 [m]

$$\frac{1}{UA_{av}} = \frac{1}{h_1 A_1} + \frac{l_2}{\lambda A_2} + \frac{1}{h_3 A_3}$$

$$q = A_{av} U \Delta t$$



(3) 対流伝熱(円管) q [W]

A_i : 管内伝熱面積 [m²] A_o : 管外伝熱面積 [m²] A_w : 管壁伝熱面積 [m²]

U : 総括伝熱係数(管外基準) [W/m²-K]

h_i, h_o : 管内および管外境膜係数 [W/m²-K] λ : 管壁熱伝導率 [W/m-K]

l : 板肉厚 [m] d_i, d_o : 管内径および管外径 [m]

$$\frac{1}{UA_o} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{l}{\lambda A_w} + \frac{1}{h_o A_o}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} \left(\frac{A_o}{A_i} \right) + \frac{l}{\lambda} \left(\frac{A_o}{A_w} \right) + \frac{1}{h_o} = \frac{1}{h_i} \left(\frac{d_o}{d_i} \right) + \frac{l}{\lambda} \left(\frac{d_o}{d_w} \right) + \frac{1}{h_o}$$

$$q = A_o U \Delta t$$

(4) 対流伝熱(円管) q [W]

A_i : 管内伝熱面積 [m²] A_o : 管外伝熱面積 [m²] A_w : 管壁伝熱面積 [m²]

U : 総括伝熱係数(管外基準) [W/m²-K]

h_i, h_o : 管内および管外境膜係数 [W/m²-K] λ : 管壁熱伝導率 [W/m-K]

l : 板肉厚 [m] d_i, d_o : 管内径および管外径 [m]

R_i, R_o : 管内流体および管外流体の汚れ係数 [m²-K/W]

$$\frac{1}{UA_o} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{R_i}{A_i} + \frac{l}{\lambda A_w} + \frac{1}{h_o A_o} + \frac{R_o}{A_o}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} \left(\frac{A_o}{A_i} \right) + R_i \left(\frac{A_o}{A_i} \right) + \frac{l}{\lambda} \left(\frac{A_o}{A_w} \right) + \frac{1}{h_o} + R_o$$

$$= \frac{1}{h_i} \left(\frac{d_o}{d_i} \right) + R_i \left(\frac{d_o}{d_i} \right) + \frac{l}{\lambda} \left(\frac{d_o}{d_w} \right) + \frac{1}{h_o} + R_o$$

$$q = A_o U \Delta t$$

		<i>Hot side</i>							
<i>Service</i>		<i>Low pressure gas</i>	<i>High pressure gas</i>	<i>Process water</i>	<i>Low viscosity organic liquid</i>	<i>High viscosity liquid</i>	<i>Cond. stream</i>	<i>Cond. hydro-carbon</i>	<i>Cond. hydro-carbon with inert</i>
<i>Cold side</i>									
<i>Low pressure</i>	~1bar	55	93	102	99	63	107	100	86
<i>High pressure</i>	~20bar	93	300	429	375	120	530	388	240
<i>Water</i>		105	484	938	714	142	1607	764	345
<i>Low viscosity organic liquid</i>		99	375	600	500	130	818	524	286
<i>High viscosity liquid</i>		68	138	161	53	82	173	155	214
<i>Boiling water</i>		105	467	875	677	140	1432	722	336
<i>Boiling organic liquid</i>		99	375	600	500	130	818	524	286

物質		W/m-K
純金属	銀	427
	鉄	80
	ウラン	28
合金	炭素鋼	52
	ステンレス鋼	16
陶器		1
木材	檜	0.13
液体	水	0.61
気体	空気	0.026

一般的な汚れ係数 $m^2h-K/kcal$

加熱媒体と水の温度	<115 & <52		116-205 & >53	
	<1m/s	>1m/s	<1m/s	>1m/s
流速				
海水	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
冷却水 supply	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004
冷却水 return	0.0006	0.0006	0.001	0.0005
河川水 min.	0.0004	0.0002	0.0006	0.0004
蒸留水	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
ボイラ給水	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002

液	
MEA & DEA	0.0004
Fuel oil	0.001
冷凍用液体	0.0002
工業用有機溶媒	0.0002
ガスと蒸気	
水蒸気	0.0001
天然ガス	0.0002 ~0.0004

(5) 熱交換器での流体の温度変化

熱交換器の伝熱性能を支配する因子は、伝熱面積 A、総括伝熱係数および高温側ならびに低温側の流体温度です。

“すでに設計が終わっている”あるいは“製作および設置が終わっている”熱交換器では伝熱面積が fix されていますから、伝熱量や出口温度は各流体の入口温度が決まれば計算することが出来ます。また、運転初期においては流体による汚れを考慮する必要はないので、総括伝熱係数も設計時より大幅に良くなっている可能性があります。このような場合における各流体の出口温度も計算出来る公式を以下に示します。

管壁伝熱面積 $[m^2]$

U: 総括伝熱係数(管外基準) $[W/m^2-K]$

W: 高温側流体流量 $[kg/h]$ w: 低温側流体流量 $[kg/h]$

C: 高温側流体比熱 $[kJ/kg-K]$ c: 低温側流体比熱 $[kJ/kg-K]$

$$T_2 = \{T_1 - (1 - WC/wc) + (a - 1)t_1\} / \{a - WC/wc\}$$

$$t_2 = t_1 + (T_1 - T_2) WC/wc$$

$$a = \exp\{UA(1 - WC/wc)/WC\}$$