



# Heat & Mass Transfer

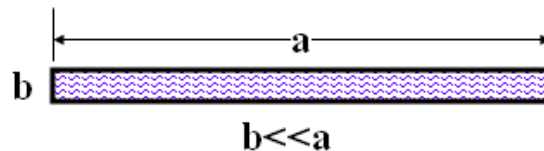
(열 및 물질 전달, 448.308 )

2006년 quiz #2

[1] [30점] 다음을 설명하여라.

(1) (5점) 막응축 (Film condensation)과 액적응축 (Dropwise condensation)을 정의하고 열 전달에 있어서 어떤 차이가 있으며, 응축 양상을 어떻게 조작할 수 있는지 설명하여라. 시간에 차남에 따라서 응축 양상이 변할 경우 설계 시 유의할 사항을 적어라.

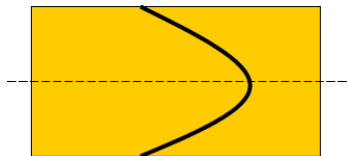
(2) (5점) 다음과 같은 관에서 유체가 유속  $u$ 로 흐르는 경우 Reynolds number를 정의하여라.



(3) (5점) 파이프 내에서 유체가 난류로 흐르는 경우 가열되거나 냉각되는 경우 Nusselt number는 다음 식이 사용된다. 이 때 Pr 수의 지수가 어느 경우에 0.3 또는 0.4가 사용되는 지 설명하여라.

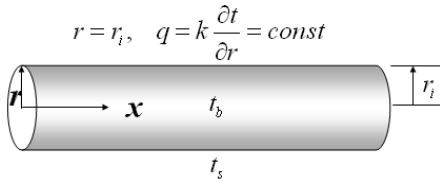
$$Nu = \frac{hD}{k} = 0.023 \left( \frac{Du_b \rho}{\mu} \right)^{0.8} \left( \frac{C_p \mu}{k} \right)^{0.3 \text{ or } 0.4}$$

(4) (5점) 파이프내에서 등온으로 액체가 층류로 흐르면 속도분포가 아래 그림과 같이 포물선형을 보인다. 액체가 가열되거나 냉각될 때 각각의 속도분포를 스케치하고 그 이유를 설명하여라.



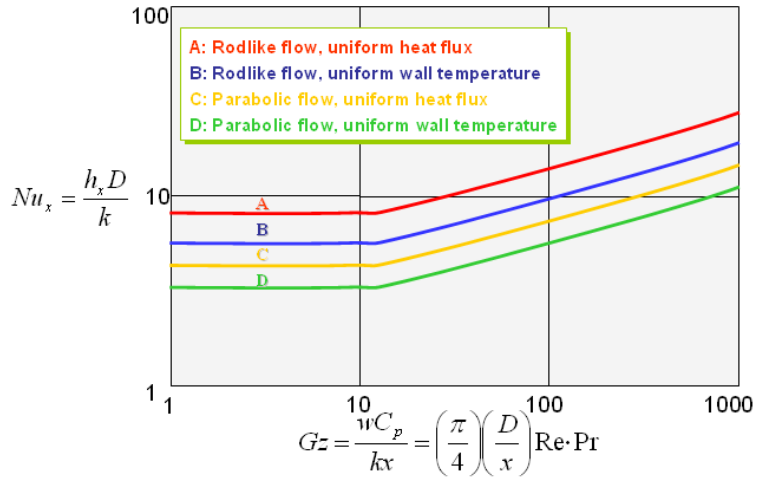
(5) (10점) 고구려를 건국한 주몽은 계류를 빠져나온 야철대장을 시켜 강철검을 제조하게 한다. 야철대장은 1000K로 달구어진 강철검을 대기압에서 100℃로 있는 물에 갑자기 급냉시키는 quenching방법을 사용하는 공정을 연구하고 있다. 강철검의 온도가 냉각됨에 따라 열전달 기구 (heat transfer mechanism)를 기술하라.

3. [50점] Graetz는 파이프 내에서 층류로 흐르는 유체를 가열할 경우 온도분포에 대한 근사해 (approximate solution)를 구하였으며 그 해의 일부를 아래 그림에 나타내었다. 포물선형 속도분포와 일정한 열전달속도를 갖는 (parabolic flow with uniform heat flux: *curve C*) 유체에서 Graetz수가 작을 경우 Nusselt number는 일정한 값으로 접근한다.



$$q = hA(t_s - t_b)$$

$$t_b = \frac{1}{\pi r_i^2 u_b C_p \rho} \int_{r=0}^{r=r_i} (\rho C_p t u_x) (2\pi r) dr$$



(1)[10점] 위 그림에서 포물선형 속도분포와 파이프 벽면에서 일정한 열속을 갖는 (parabolic flow with uniform heat flux: curve C) 유체에서 온도분포를 구하기 위한 미분형 에너지수지 (differential energy balance)로부터 단순화된 지배방정식을 구하여라. 이 과정에서 사용한 가정들을 기술하여라.

(2)[10점] 속도분포식이 다음과 같이 주어질 때 온도분포를 구하여라. 벽면에서 일정한 열속을 갖는 경우 평균유체온도는  $x$ 에 따라서 선형적으로 증가한다. 즉  $\frac{\partial t}{\partial x} = const$ 이다.

$$u_x = 2u_b \left[ 1 - \left( \frac{r}{r_i} \right)^2 \right]$$

이 때 경계조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} r=0, \quad t=t_c \\ r=0, \quad \frac{\partial t}{\partial r} = 0 \end{aligned}$$

(3)[10점] 속도분포식으로부터 mixing cup temperature ( $t_b$ )를 구하여라.

(4)[10점] 파이프 벽면의 온도 ( $t_s$ )를 구하여라.

(5)[10점] local  $Nu_x$ 를 구하여라.

[3] [20점] 한 변의 길이가 30cm인 정사각형의 평판을 100°C의 수증기로 증기세척하려고 한다. 평판의 온도는 98°C이고 수직으로 세워져 있다.

(1)[10점] 평판에서의 열전달속도를 구하여라.

(2)[10점] 시간당 응축되는 수증기의 양을 구하여라.

유체의 물성은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \rho &= 960 \text{ kg/m}^3 \\ \mu &= 2.82 \times 10^{-4} \text{ kg/m}\cdot\text{s} \\ k &= 0.68 \text{ W/m}\cdot\text{C} \\ \lambda &= 2255 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Differential energy balance

$$\frac{\partial t}{\partial \theta'} + u_r \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{u_\theta}{r} \frac{\partial t}{\partial \theta} + u_x \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \right)$$

Condensation on vertical plate

$$h_m \left( \frac{v^2}{k^3 g} \right)^{1/3} = 1.47 \text{Re}_L^{-1/3} \quad \text{for Laminar flow}$$

$$h_m \left( \frac{v^2}{k^3 g} \right)^{1/3} = 0.0077 \text{Re}_L^{0.4} \quad \text{for Turbulent flow}$$