

# CONDUCTION HEAT TRANSFER



# 평판의 정상상태 열전도

- 평판 구조에서 만약 표면온도가 일정하며 내부의 온도변화는 평판 두께의 영향만 받는다. 장, 열  
전달은 1차원이다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{k}{\rho c_p} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho c_p}$$

- steady state, no bulk flow, conduction, no generation
- 다음과 같은 식이 된다

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

- 경계조건

$$T(x=0) = T_1$$

$$T(x=L) = T_2$$

# 미분방정식의 해

## 온도

- 온도변포  
L L

$$T = \frac{T_2 - T_1}{L}x + T_1$$

- 열속  
L

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

- 선형온도변포  
L 0L L

$$\begin{aligned} q_x &= -kA \frac{T_2 - T_1}{L - 0} \\ &= kA \frac{T_1 - T_2}{L} \end{aligned}$$

# 다층구조의 판

- 고체판은 3 계구조이고 전도열저항이 일어난다

$$q_x = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{k_1 A}} \quad q_x = \frac{T_2 - T_3}{\frac{L_2}{k_2 A}} \quad q_x = \frac{T_3 - T_4}{\frac{L_3}{k_3 A}}$$

- 판외부는 대류열저항 고려

$$q_x = \frac{T_h - T_1}{\frac{1}{h_k A}} \quad q_x = \frac{T_4 - T_c}{\frac{1}{h_c A}}$$

# 다층구조판의 5단계 열저항

□ 온도변포  
L L

$$T_1 - T_2 = q_x \frac{L_1}{k_1 A}$$

$$T_2 - T_3 = q_x \frac{L_2}{k_2 A}$$

$$T_3 - T_4 = q_x \frac{L_3}{k_3 A}$$

$$T_h - T_1 = q_x \frac{L_1}{h_h A}$$

$$T_4 - T_c = q_x \frac{L_1}{h_c A}$$

# 열소, 온도차, 열저항저항

$$T_h - T_c = q_x \left( \frac{1}{h_h A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_c A} \right)$$

$$q_x = \frac{T_h - T_c}{\frac{1}{h_h A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_c A}}$$

$$= \frac{\text{temperature difference}}{\Sigma \text{ thermal resistance}}$$

$$R\text{-value} = \frac{L}{k}$$

# 초과열저다계수 ○ ㄹ ㄹ ㄹ ㄹ

$$q_x = UA(T_h - T_c)$$

$$= \frac{T_h - T_c}{\frac{1}{UA}}$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_h A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{1}{h_c A}$$

# 실린더에서 정상상태 열전도

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \left( \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + Q$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dT}{dr} \right) = 0$$

$$T(r = r_0) = T_0$$

$$T(r = r_i) = T_i$$

$$\frac{d}{dr} \left( r \frac{dT}{dr} \right) = 0$$

$$r \frac{dT}{dr} = c_1 \quad \frac{dT}{dr} = \frac{c_1}{r} \quad T = c_1 \ln r + c_2$$

# 실린더에서 정상상태 열전도

$$T_o = c_1 \ln r_o + c_2$$

$$T_i = c_1 \ln r_i + c_2$$

$$T = T_i - \frac{T_i - T_o}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \ln \frac{r}{r_i}$$

$$q_r = -kA \frac{dT}{dr}$$

$$= -2k\pi r L \frac{dT}{dr}$$

$$= -2k\pi r L \left( \frac{-(T_i - T_o)}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \right) \frac{r_i}{r} \frac{1}{r_i}$$

$$= -k \frac{2\pi L (T_o - T_i)}{\ln \frac{r_o}{r_i}}$$

$$= \frac{T_i - T_o}{\frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2\pi k L}}$$

몸통의 단위면적당 열손실은 단위부피당 열손실과도 밀접하게 관련

$$q''_{body\ surface} = \frac{T_i - T_o}{(2\pi r_i L) \left( \frac{\ln r_o / r_i}{2\pi k L} \right)}$$

$q''_{body\ surface}$  는 몸통 표면에서의 열 속,  
 $T_i$  는 몸통 표면의 온도,

$T_o$  는 모피 외부 표면에서의 온도이다.

$$R_{fur} = 2\pi r_i L \frac{\ln\left(1 + \frac{\Delta r}{r_i}\right)}{2\pi k L} = r_i \frac{\ln\left(1 + \frac{\Delta r}{r_i}\right)}{k}$$

$$\ln(1+x) = x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \dots$$

$\approx x$

$$R_{fur} = \frac{\Delta r}{k}$$

# 바탕 평판 내부에서 정상상태 열전도

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{k}{\rho c_p} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho c_p}$$

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = -\frac{Q}{k}$$

$$T(x=L) = T_1$$

$$\left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=0} = 0$$

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{Q}{k}x + c_1 \quad c_1 = 0$$

$$T = -\frac{Q}{2k}x^2 + c_2 \quad T_1 = -\frac{Q}{2k}x^2 + c_2 \quad T - T_1 = -\frac{Q(x^2 - L^2)}{2k}$$
$$= \frac{QL^2}{2k} \left(1 - \frac{x^2}{L^2}\right)$$

# 발열 평판 내부에서 정상상태 열전도

표면  $x = L$  로 부터 잃은 열은 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L}$$

$$q = QLA$$

정상상태에서는 내부에서 발생된 열이 표면에서 손실된 열과 같다.

# Summary

- $\text{O} \text{L} \text{L} \text{L}$  퍼파 여저다
- $\text{L} \text{O} \text{L} \text{L}$  어토에서의 여저다
- $\text{L} \text{L} \text{L} \text{L}$  내부바여 여저다
- $\text{O} \text{L} \text{L} \text{L} \text{L} \text{O}$  도모에서의 여소시과 모피두개의 과려서
- $\text{L} \text{L} \text{O}$  여저도 저하
- $\text{O} \text{L} \text{L} \text{L}$  초과여저도계수