

공기조화 (Air Conditioning)

강의 8: 습공기 상태량

학습내용

- 습공기 상태량

- 절대습도

- 상대습도

- 노점온도

- 습구온도

- 엔탈피

공기의 절대 습도

- 공기 안의 수증기량은 다양한 방법으로 나타낼 수 있음.
- 절대습도(ω)란 단위질량의 건공기 안에 있는 수증기의 질량
- 비습 (specific humidity), 또는 습도비 (humidity ratio)로도 부름.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a}$$

m_a : 건공기 질량, m_v : 수증기 질량

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / (R_v T)}{P_a V / (R_a T)} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a}$$

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v}$$

공기의 절대 습도

- 1 kg 의 건공기를 고려하면 절대습도의 정의에 따라 건공기의 절대습도는 0임.
- 건공기에 수증기를 더하면 절대습도는 증가함.
- 더 많은 증기나 수분이 더해질수록 절대습도는 공기가 더 이상 수분을 가지지 못할 때까지 증가함.
- 위와 같은 지점에서 공기는 포화공기로 불려짐.
- 포화공기에 더해진 수분은 응축됨.
- 일정한 압력과 온도에서 포화공기 내 수증기 양은 그 온도에서의 포화 수증기압을 이용하여 계산될 수 있음.

공기의 상대 습도

- 습공기에서 수증기 몰분율 y_v 와 동일 온도, 압력에서 포화 습공기의 수증기 몰분율 y_s 의 비임.

$$\phi = \left[\frac{y_v}{y_s} \right]_{T,P}$$

$$\phi = \frac{P_v/P}{P_s/P} = \frac{P_v}{P_s}$$

$$\phi = \frac{P_v/R_v T}{P_s/R_v T} = \left[\frac{\rho_v}{\rho_s} \right]_{T,P}$$

공기의 상대 습도

- 공기 중 수분의 양은 사람이 환경 가운데 얼마나 편안하게 느끼는가를 결정함.
- 편안함의 정도는 같은 온도에서 공기가 최대한 가질 수 있는 수분량에 대해서 공기가 가지고 있는 수분량에 의존함. 이러한 두 양의 비를 상대습도 ϕ 라 한다.

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v/R_v T}{P_s/R_v T} = \left[\frac{\rho_v}{\rho_s} \right]$$

공기의 절대습도와 상대 습도의 관계

$$\omega = \frac{0.622P_v}{P - P_v} = \frac{0.622P_v}{P_a}$$

$$\phi = \frac{P_v}{P_s}$$

$$\phi = \frac{\omega P_a}{0.622 P_s}$$

공기의 노점온도 (T_d)

- 주어진 혼합기체에서와 동일한 압력과 습도비에서 포화습공기의 온도임.
- 혼합기체가 일정한 압력에서 냉각되면 혼합물 내의 수증기가 응축되기 시작하는 온도
- 주어진 혼합물의 압력에서 노점온도는 수증기의 분압 또는 절대습도 ω 에 의해서 결정됨.
- 따라서, T_d , ω , P_v 는 서로 독립되어 있지 않음.



대기의 엔탈피

- 대기의 엔탈피는 건공기와 수증기의 엔탈피로 표현됨.
- 대개의 경우 습공기 (건공기+수증기) 중 건공기의 양은 변화하지 않고, 수증기의 양이 변화함.
- 대기 (습공기)의 비엔탈피는 단위 질량의 건공기가 가지는 엔탈피로 정의됨.

건공기의 엔탈피

- 공기조화 응용분야에 있어서 공기의 온도는 10 ~ 50 °C 사이에 있음.
- 이러한 범위에서 건공기는 일정한 C_p (=1.005 kJ/kg-K)을 갖는 이상기체로 가정할 수 있음. 에러는 무시할 만하며 0.2 % 미만임.
- 0 °C 를 기준온도로 잡으면, 건공기의 엔탈피와 엔탈피 변화는 아래 식들로부터 계산될 수 있음. 0 °C 에서 건공기의 엔탈피는 알려져 있지 않으나 0으로 정의함.

$$h_{dry\ air} = C_p T = (1.005\text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})T \quad (\text{kJ/kg})$$

$$\Delta h_{dry\ air} = C_p \Delta T = (1.005\text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})\Delta T \quad (\text{kJ/kg})$$

수증기의 엔탈피

- 수증기는 이상기체로 고려되어질 수 있기 때문에, 수증기의 엔탈피는 온도만의 함수임. $h = h(T)$
- 아래 관계에 의해 50 °C 미만의 온도에서 공기 중에 있는 수증기의 엔탈피는 포화증기의 엔탈피로써 구할 수 있음. $h_v(T, low P) \cong h_g(T)$

- 0 °C 에서의 수증기의 엔탈피: 2501.3 kJ/kg.

- 수증기의 평균 정압비열 (10 ~ 50 °C 의 온도범위): 1.82 kJ/kg·°C.

- 수증기의 엔탈피는 아래 식으로부터 계산됨.

$$h_g(T) \cong 2501.3 + 1.82T \quad (kJ/kg) \quad T \text{ in } ^\circ C$$

습공기의 엔탈피

- 습공기의 엔탈피는 건공기 엔탈피와 수증기 엔탈피의 합임.

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v$$

- 공기조화 과정 중 건공기의 질량은 변하지 않으므로 건공기 질량을 기준으로 하여, 즉, 건공기 단위 질량 당 습공기의 비엔탈피를 얻음.

$$h = \frac{H}{m_a} = h_a + \frac{m_v}{m_a} h_v = h_a + \omega h_v$$

$$h = h_a + \omega h_g$$

습공기의 엔탈피

$$h = h_a + \omega h_g$$

$$h_{\text{dry air}} = C_p T = (1.005 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})T \quad \text{kJ/kg}$$

$$h_v(T, \text{low } P) \cong h_g(T)$$

$$h_g(T) \cong 2501.3 + 1.82T \quad \text{kJ/kg} \quad T \text{ in } ^\circ\text{C}$$