

Ch. 7 열역학 기본법칙(개방시스템)

- Contents

7.1 개방시스템과 밀폐시스템의 비교

7.2 개방시스템에서 질량보존

7.3 유동일 및 유동에너지

7.4 개방시스템의 에너지식

7.5 개방시스템에서 엔트로피식

7.1 개방시스템과 밀폐시스템의 비교

1. 밀폐시스템

- ① 시스템의 경계를 통한 물질교환이 없다.
- ② 시스템의 에너지 변화는 $\Delta E = \Delta Q - \Delta W$, 일 $\Delta W = P\Delta V$ 로 나타냄
- ③ 대부분 과정이 진행될 때 시스템의 상태가 시간에 따라 변하는 비정상 상태의 문제를 많이 다룸.

2. 개방시스템

- ① 입구와 출구를 통해 물질의 유, 출입이 있고 동시에 물질이 보유한 에너지의 유, 출입이 있다.
 - ② 대부분 시스템의 상태가 시간에 따라 변하지 않는 정상상태의 문제가 많음.
-

7.2 개방시스템에서 질량보존

1. 경계 i-c-e 로 구성된 시스템

- ① 시스템 질량의 시간에 따른 변화량

$$\Delta M = M_{\tau+\Delta\tau} - M_{\tau} = \Delta m_i - \Delta m_e$$

$$\dot{M} = \dot{m}_i - \dot{m}_e$$

- ② 입구와 출구가 여러 개 있을 경우

$$\Delta M = \sum_i \Delta m_i - \sum_e \Delta m_e$$

$$\dot{M} = \sum_i \dot{m}_i - \sum_e \dot{m}_e$$

- ③ 유입질량과 유출질량

- V : 평균속도, A: 단면적

- ρ: 밀도, v: 비체적

$$\dot{m}_i = \int_{\Lambda_i} \rho V d\Lambda = \rho_i V_i \Lambda_i = \frac{V_i A_i}{v_i}$$

$$\dot{m}_e = \int_{\Lambda_e} \rho V d\Lambda = \rho_e V_e \Lambda_e = \frac{V_e A_e}{v_e}$$

- ④ 시각 τ_1 과 τ_2 사이에 개방시스템의 질량이 변화할 경우

$$M_2 - M_1 = m_i - m_e$$

- ⑤ 정상상태의 경우

$$\dot{m}_i = \dot{m}_e = \dot{m}$$

$$m_i = m_e = m$$

7.3 유동일 또는 유동에너지

1. 속도 V 로 관내에 흐르는 유동

- ① $\Delta\tau$ 사이에 경계 i 를 Δm 의 유체가 통과
 - 우측부분의 증가: 질량, 내부에너지, 위치에너지
 - $\Delta\tau$ 동안 Δm 이 차지하는 체적이 압력 P 를 받으며 체적이 0으로 축소된 것으로 볼 때 소요된 일: $P\Delta V = P v \Delta m$ (유동일, 유동에너지)

- ② 경계 i 오른쪽 부분의 증가하는 에너지

$$\left(u + P v + \frac{1}{2} V^2 + gz\right) \Delta m = \left(h + \frac{1}{2} V^2 + gz\right) \Delta m$$

$$u + P v + \frac{1}{2} V^2 + gz = h + \frac{1}{2} V^2 + gz$$

- ③ 정지하고 있는 유체의 에너지: 내부에너지, $u(T, P)$
- ④ 유동상태의 유체에너지: $h(T, P) + \frac{1}{2} V^2$
- ⑤ 속도가 거의 0에 가까운 저속유동의 유체에너지: $h(T, P)$

7.4 개방시스템의 에너지식

1. 시스템의 에너지 변화량
2. 에너지 식(밀폐시스템과 비교)

시스템의 에너지변화량 = 전달열량 - 일 + 유입물질의 에너지 - 유출물질의 에너지

$$Q_{12} = E_2 - E_1 + W_{12}$$

$$\delta Q = dE + \delta W$$

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W_s + \Delta m_i \left(h_i + \frac{1}{2} V_i^2 + gz_i \right) - \Delta m_e \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + gz_e \right)$$

$$\dot{E} = \dot{Q} - \dot{W}_s + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{1}{2} V_i^2 + gz_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + gz_e \right)$$

- ① 시스템의 상태가 균일한 입출구의 유동이 정상유동인 경우의 에너지식

$$\dot{m}_2 \left(u_2 + \frac{1}{2} V_2^2 + gz_2 \right) - \dot{m}_1 \left(u_1 + \frac{1}{2} V_1^2 + gz_1 \right)$$

$$= \dot{Q} - \dot{W}_s + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{1}{2} V_i^2 + gz_i \right) - \dot{m}_e \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + gz_e \right)$$

7.5 개방시스템에서의 엔트로피

1. 개방시스템 i-c-e 의 엔트로피

① 시각 $\Delta\tau$ 사이의 엔트로피 변화량

$$\Delta S = S_{\tau+\Delta\tau} - S_{\tau} = \Delta m_i s_i - \Delta m_e s_e + \sum_k \frac{\Delta Q_k}{T_k} + \Delta\Theta$$

$$\dot{S} = \dot{m}_i s_i - \dot{m}_e s_e + \sum_k \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \dot{\Theta}$$

② 입출구가 여러 개인 경우

$$\dot{S} = \sum_i \dot{m}_i s_i - \sum_e \dot{m}_e s_e + \sum_k \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \dot{\Theta}$$

2. 정상상태 개방시스템

① $\Delta S = 0$ 또는 $\dot{S} = 0$,

$$\sum_i \dot{m}_i s_i + \sum_k \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \dot{\Theta} = \sum_e \dot{m}_e s_e$$