

## 2011년도 제48회 변리사 제2차 국가자격시험 문제지

교시	시험과목	시험시간	수험번호	성명
2교시	열역학	120분		

### 【 A-1 】 (30점)

이산화탄소를 압축하는 과정에서 압축기 1개 보다는 중간냉각을 하는 다단 압축기를 사용하면 소요일을 감소시킬 수 있다. 이산화탄소는 이상기체, 압축기에서 과정은 가역단열 과정( $Pv^k = \text{constant}$ ,  $k = c_p/c_v$ ) 이라 가정하고, 다단 압축에서는 마지막 단을 제외한 각 단 출구의 이산화탄소는 압축기 입구 온도( $T_1$ )까지 냉각된다. ( $R = 0.1889 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ )

- (1) 2단 압축기 사용시 최소 소요일은 중간압력을 조절하여 도달할 수 있다. 이때의 중간압력( $P_2$ )이 초기압력( $P_1$ ), 최종압력( $P_3$ )과 어떤 관계를 갖는지 식으로 표현하시오. (15점)
- (2) 압축기 입구온도  $25^\circ\text{C}$ 에서 압축기가 1개, 2개, 4개 있을 때의 이산화탄소의 단위 질량 당 최소 소요일은 얼마인가? 입구와 출구압력의 비는 1:10 이고,  $k=1.289$  이다. (15점)

### 【 A-2 】 (20점)

어느 볼텍스 튜브 (vortex tube)에서, 공기가 한 개의 입구로 들어와서 두 개의 출구로 나간다.  $20^\circ\text{C}$ ,  $150 \text{ kPa}$ 의 공기가 입구를 통해서 들어오며, 두 출구 공기의 압력은  $100 \text{ kPa}$  이다. 한 출구로 나가는 공기의 질량유량은 입구공기 질량유량의  $1/3$  이다. 다른 출구로는 입구로 들어온 공기 질량유량의  $2/3$  가 빠져 나가며 이 공기온도는  $40^\circ\text{C}$  이다. 튜브에서는 외부와 열 및 일의 교환이 없고 모든 유동은 정상상태이며 운동에너지는 무시할 수 있다. 공기는 비열이 일정한 이상기체로 가정하고 물성치는 다음과 같다.

$$(R = 0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}, c_p = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}, c_v = 0.718 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}, k = 1.4)$$

- (1) 이 볼텍스 튜브 장치에서 질량유량이 작은 출구로 나가는 공기 온도를 구하시오. (7점)
- (2) 이러한 장치의 작동이 실제로 가능한지 판단하시오. (10점)
- (3) 이 과정 중에 엑서지손실이 있다면, 입구공기 단위질량당 엑서지손실 [ $\text{kJ/kg}$ ]을 계산하시오. (단, 기준온도는 입구온도다) (3점)

【 B-1 】 (30점)

- (1) 단일 성분의 금속액상이 증기상과 평형을 이루고 있다. 기상과 액상의 평형에 관한 클라페이론(Clapeyron) 식을 유도한 후, 증기가 이상기체이고, 증기의 비체적이 액상의 비체적보다 훨씬 크다고 가정하여, 증기평형에 관한 아래의 식을 유도하시오. (10점)

$$d(\ln P) = -\frac{\Delta h_{vap}}{R} d\left(\frac{1}{T}\right)$$

여기서  $\Delta h_{vap}$  는 기화열,  $R$  은 기체상수이다.

- (2) 액상갈륨(Ga)의 증기압,  $P$  가 다음과 같이 온도의 함수로 주어질 때, 기화열,  $\Delta h_{vap}$  를 온도의 함수로 표시하시오. (8점)

$$\ln P(atm) = 8.346 - \frac{3.1848}{T} + 0.7579 \ln T - 0.7234 \times 10^{-3} T$$

- (3) 액상과 고상의 평형에 관한 클라페이론(Clapeyron) 식을 사용하여 500기압의 압력증가에 따른 갈륨(Ga)의 융점변화,  $\Delta T$  를 구하시오. (단, 용해시 부피변화와 용융열은 온도에 따라 변하지 않는다고 가정하고 다음의 값들을 이용하시오) (12점)

- 갈륨의 용융열 = 5.59 kJ/mol
- 갈륨의 융점 = 302.9 K
- 갈륨의 원자량 = 69.72 g/mol
- 고상갈륨의 밀도 = 5.91 g/cm<sup>3</sup>
- 액상갈륨의 밀도 = 6.095 g/cm<sup>3</sup>
- 1기압 = 1.013 x 10<sup>5</sup> Pa

【 B-2 】 (20점)

열펌프를 이용하여 겨울에는 난방하고 여름에는 냉방을 하고자 하며, 겨울과 여름의 실내온도를 각각 20℃ 와 25℃로 유지하고자 한다. 벽과 천장 면을 통하여 전달되는 열량이 실내외 단위 온도차마다 매시간당 1000 kJ일 때 다음을 계산하시오. (단, 열펌프는 카르노사이클로 가정하시오)

- (1) 겨울철 외기온도가 0℃ 이면 열펌프 구동에 필요한 최소동력은 얼마인가? (6점)
- (2) 난방비는 사용전력량에 비례한다고 가정했을 때, 문제(1)의 난방조건에서 전기저항 전열기를 사용하는 경우와 전기구동 열펌프를 사용하는 경우의 난방비를 비교하시오. (4점)
- (3) 문제(1)에서 구한 최소동력으로 여름철 실내온도를 25℃로 유지할 수 있는 최대 외기온도는 얼마인가? (10점)