

열역학

2017년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 정상 상태로 작동되는 개질기에 이산화탄소(CO₂)와 메탄(CH₄)이 7:3의 물(mol)비로 유입된다. 입구온도는 298 K이며 개질기 전체가 1.013 bar의 압력으로 일정하게 유지된다. 반응물의 부피 유량은 20 L/min이고, 개질기에서 배출되는 생성물의 성분은 다음 표와 같으며 출구온도는 1,000 K으로 유지된다. 물음에 답하시오. (단, 모든 기체는 이상기체로 가정할 수 있고, 기체상수는 8.314 kJ/kmol · K이다) (총 15점)

분자	출구조성 [mol %]	분자량 [kg/kmol]	생성 엔탈피, $\overline{h}_f^0(298\text{ K})$ [kJ/kmol]	엔탈피 차이, $\overline{h}(1,000\text{ K}) - \overline{h}(298\text{ K})$ [kJ/kmol]
CO ₂	30.4	44.01	-393,522	33,397
CH ₄	8.2	16.04	-74,873	38,179
CO	34.2	28.01	-110,530	21,690
H ₂	20.3	2.02	0	20,680
H ₂ O	6.9	18.02	-241,826	26,000

- 반응물의 질량 유량[kg/min]을 구하시오. (4점)
- 출구에서 부피 유량[L/min]을 구하시오. (5점)
- 개질기로 공급되는 에너지가 1.5kW일 때 개질기의 열역학적 효율을 구하시오. (6점)

제 2 문. 여름철 건물용 냉방장치로 히트펌프를 설치하고자 한다. 히트펌프의 성능계수(Coefficient of Performance; COP)는 이론적 최댓값의 15 %로 가정한다. 이 건물의 냉방부하 Q [kW]는 주간 4시간 동안에 걸쳐 발생하며, 다음 식으로 계산된다. 물음에 답하시오. (단, 건물의 표면적 $A = 500\text{ m}^2$ 이고, 총합열전달 계수 $U = 30\text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 이다) (총 10점)

$$Q = UA(T_o - T_i)$$

- 주간 외기온도 $T_o = 35^\circ\text{C}$ 를 열원으로 실내를 $T_i = 25^\circ\text{C}$ 로 유지하기 위한 히트펌프의 소요동력[kW]을 구하시오. (5점)
- 전력 피크(Peak)를 분산하기 위하여 빙축열시스템을 도입하였다. 야간 외기온도 $T_o = 15^\circ\text{C}$ 로 10시간 동안 얼음(0°C)에 축열한다. 축열된 에너지는 주간에 필요한 냉방부하에너지를 차감하는 데 사용된다. 이 때 주간냉방을 위한 히트펌프의 소요동력[kW]을 구하시오. (단, 축열조의 축열효율은 100 %로 가정하며, 축열에 사용하는 히트펌프 소요동력은 냉방 히트펌프 소요동력과 동일하다) (5점)

제 3 문. 압축기의 입구가 대기조건(100 kPa, 20 °C)이고, 압축기의 출구압력이 800 kPa, 터빈입구온도가 1,000 °C인 가스터빈 사이클에 대하여 다음 물음에 답하시오. (단, 공기는 이상기체로 가정하고, 정압비열과 기체상수는 각각 $C_p = 1.004 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$, $R = 0.287 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ 이다) (총 13점)

- 1) 압축기와 터빈이 단열 가역적으로 작동하는 공기 표준 Brayton 사이클을 $P-v$ 선도와 $T-s$ 선도에 표시하시오. (4점)
- 2) 위 사이클의 열효율을 구하시오. (5점)
- 3) 이상적인 기기 대신 등엔트로피 효율(Isentropic Efficiency)이 90 %인 터빈을 사용하는 경우의 열효율을 구하시오. (4점)

제 4 문. 다음의 상태방정식은 이상기체식으로 기술하기 어려운 많은 압력, 부피 및 온도에 대한 실험 자료를 나타낼 수 있는 수단으로 제시된 실험식이다. 물음에 답하시오. (단, P 는 압력, V 는 1몰당 부피, T 는 온도, U 는 내부에너지 그리고 a 와 b 는 기체 고유의 반데르발스 계수들이다. 기체상수는 $R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 이다) (총 12점)

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

- 1) 주어진 실험식을 따르는 반데르발스 기체의 경우, 다음 관계식을 증명하시오. (4점)

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = \frac{a}{V^2}$$

- 2) 1몰의 반데르발스 기체가 일정한 온도 300 K에서 부피가 0.02 m^3 에서 0.06 m^3 로 가역적으로 팽창하였다. 이 경우, 주어진 반데르발스 기체가 한 일의 절댓값[J]을 구하시오. (단, 이 기체의 반데르발스 계수는 $a = 0.556 \text{ m}^6 \cdot \text{Pa/mol}^2$ 와 $b = 0.000064 \text{ m}^3/\text{mol}$ 이다) (4점)
- 3) 2)번 문제의 경우에 내부에너지의 변화 $\Delta U[\text{J}]$ 와 발생한 열의 절댓값[J]을 구하시오. (4점)

인사혁신처 시험출제과장