

전달현상

2014년 시행 5급(기술) 공채 제2차시험

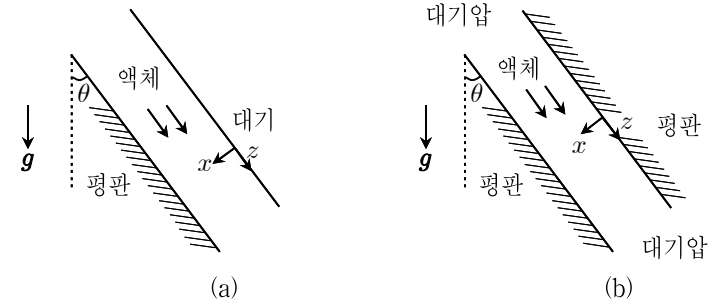
응시번호 :

성명 :

제 1 문. 자동차의 백금촉매반응기에서 $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ 의 산화반응으로 일산화탄소(CO)가 이산화탄소(CO_2)로 변환된다. 촉매 표면과 배기가스 사이의 물질 전달은 촉매 표면의 두께 10 mm 의 경막에서 확산에 의해 일어난다. 일산화탄소의 몰분율이 0.0012 인 배기가스가 압력 1.1 atm , 온도 500°C 로 반응기에 공급되며 촉매반응은 1차 반응이고 반응속도상수는 0.005 m/s , 혼합물 내 일산화탄소의 확산계수는 $10^{-4}\text{ m}^2/\text{s}$ 이다. 촉매 표면 경막에서의 물질확산은 1차원 정상상태이며 경막의 확산계수와 전체 몰농도는 일정하다고 가정하고, 경막에서의 유동 대류(advection) 효과는 무시한다. 다음 물음에 답하시오. (단, 배기가스는 이상기체로 가정하고, 기체상수는 $R=0.082\text{ m}^3\cdot\text{atm}/\text{mol}\cdot\text{K}$ 이다) (총 25점)

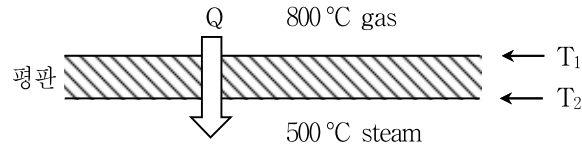
- 1) 촉매 표면에서 일산화탄소의 몰농도를 구하시오. (10점)
- 2) 촉매의 단위면적당 일산화탄소의 제거율 $[\text{kmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}]$ 을 구하시오. (5점)
- 3) 촉매표면반응을 확산율속단계(diffusion-limited step)로 만들기 위해 반응속도 상수를 조절하였을 때, 촉매의 단위면적당 일산화탄소의 제거율 $[\text{kmol}/\text{m}^2\cdot\text{s}]$ 을 구하시오. (10점)

제 2 문. 기울기가 θ 인 평판위로, 그림 (a)에서 비압축성 뉴튼액체가 두께 H 의 film을 이루며 흐르고 있다. 그에 반해 그림 (b)에는 동일한 액체가 간격이 H 인 두 평판 사이를 흐른다. 그림 (a)에서 $x=0$ 는 액체와 대기의 경계면이며, 그림 (b)의 채널 입구와 출구에는 대기압이 가해진다. 여기서 액체의 점도는 μ , 밀도는 ρ , 중력가속도 벡터는 \mathbf{g} 이다. 다음 물음에 답하시오. (총 35점)



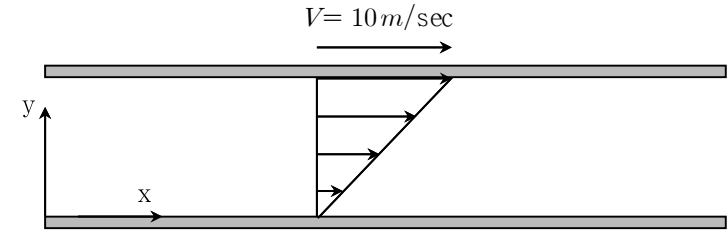
- 1) 그림 (a)의 경우와 그림 (b)의 경우에 대해 momentum balance 또는 Navier-Stokes식을 이용하여 z 방향 속도분포 V_z 를 구하시오. (단, 여기서 end effect는 무시하고 유동은 정상상태이며 층류흐름으로 가정한다) (15점)
- 2) 평판의 단위면적이 액체에 가하는 힘 τ_0 를 그림 (a)의 경우 $(\tau_0)_a$ 와 그림 (b)의 경우 $(\tau_0)_b$ 에 대해 구하고, 이때 $(\tau_0)_a$ 와 $(\tau_0)_b$ 가 다른 이유를 정상상태에서의 force balance 관점에서 설명하시오. (10점)
- 3) 그림 (b)에서 $x = \frac{H}{2}$ 에서의 V_z 의 값 $[V_z(x = \frac{H}{2})]$ 을 V 라고 할때, $V_z(x = \frac{H}{2})$ 를 $-V$ 로 만들기 위해서 채널 아래쪽에 가해야 하는 압력을 force balance를 이용하여 구하시오. (단, 그림 (b)에서 채널의 길이는 L 이며 정상상태에서는 $\frac{\partial p}{\partial z}$ 는 일정하다) (10점)

제 3 문. 온도 800°C 의 가스(gas)로 500°C 의 증기(steam)를 가열하는 평판형 과열기가 있다. 가스쪽의 열전달 계수는 $h_g = 100 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, 증기쪽의 열전달 계수는 $h_s = 3000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, 과열기 판의 두께는 10 mm 이고 열전도도는 $k_w = 50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 이며 열전달은 정상상태에서 이루어진다고 가정한다. 다음 물음에 답하시오. (총 20점)



- 1) 총괄열전달계수와 단위시간당, 단위면적당 전열량을 구하시오. (5점)
- 2) 정상상태에서 가스와 판의 경계면 온도 T_1 과 증기와 판의 경계면 온도 T_2 를 구하시오. (5점)
- 3) 장시간 운전으로 판의 아랫면에 0.15 mm 의 두께로 열전도도 $k_f = 0.3 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 를 갖는 침적물(scale)이 형성되었다. 이때 단위 면적당 전열량과, 판의 아랫면과 침적물의 경계면 온도를 구하시오. (단, 침적물이 형성된 후에도 가스의 온도는 800°C , 증기의 온도는 500°C 로 가정한다) (10점)

제 4 문. 저널 베어링 사이에 있는 오일의 유동은 일반적으로 그림과 같이 위 평판은 움직이고 아래 평판은 정지한 두 평판 사이의 유동으로 가정한다. 유체가 뉴튼성이고 x 방향의 압력변화는 없다. 또한 단위 부피당 마찰에 의한 에너지 생성(viscous dissipation heating)은 $\tau: \nabla \mathbf{v}$ 로 주어지며, 여기서 τ 는 stress tensor, \mathbf{v} 는 속도장이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 오일의 열전도도 $k = 0.145 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 점도 $\mu = 0.85 \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$ 이며 중력은 무시한다) (총 20점)



- 1) 두 평판사이의 두께가 3 mm 이며 위 평판은 10 m/sec 로 움직이고 두 평판의 온도가 25°C 일 때, 속도분포와 온도분포를 구하시오. (10점)
- 2) 오일 내부에서 최고 온도를 나타내는 지점 및 그 온도를 구하시오. (5점)
- 3) 오일에서 각 평판으로 전달되는 열 유속(heat flux)을 구하시오. (5점)

안전행정부 시험출제과장