

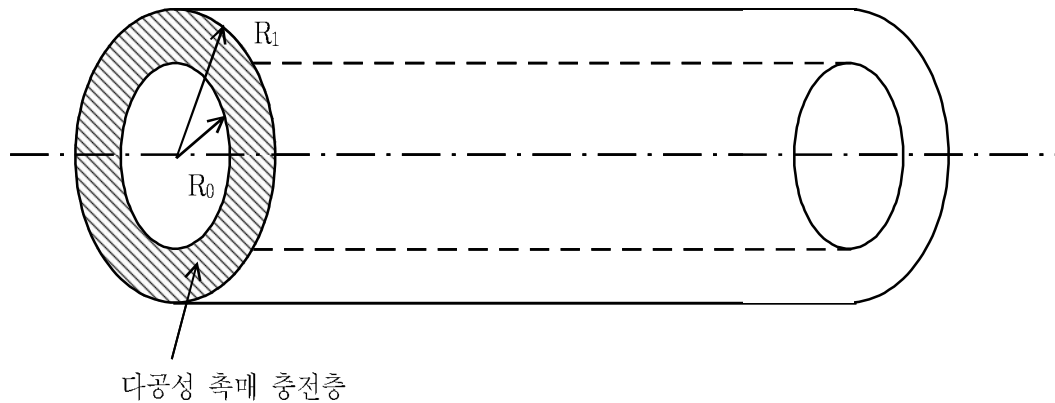
전달현상

2008년 시행 행정고등고시(기술직) 제2차시험

응시번호 :

성명 :

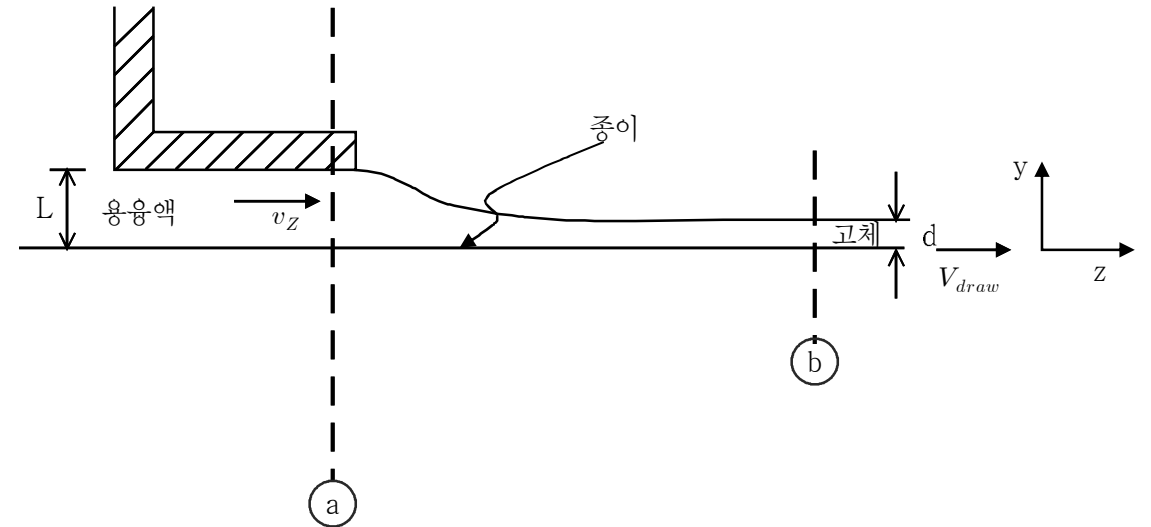
제 1 문. 일정한 압력을 유지하고 있는 아래의 원환(annulus) 축매 충전층 반응기에서 축매 반응이 일어나고 있다. 이 반응기의 안쪽 반경은 R_0 이고, 바깥쪽 반경은 R_1 이다. 안쪽 벽은 단열되어 있으며, 안쪽 벽면의 온도(T_0)를 축방향으로 일정하게 유지하기 위해 축방향으로 일정한 바깥쪽 벽면의 온도(T_1)를 결정하고자 한다. 반응물의 단위 부피당 축매반응 생성열은 S_C 로서 일정하고, 열플럭스(q)는 Fourier의 열전도 법칙을 따르며, 다공성 축매 충전층의 유효 열전도도(k_{eff})는 일정하다. (총 25점)



- 1) 다공성 축매 충전층 내에서 정상상태의 에너지 수지식을 유도하고, 이로부터 열플럭스(q) 분포와 온도(T) 분포를 각각 구하시오. (15점)
- 2) $R_0 = 10\text{ cm}$, $R_1 = 12\text{ cm}$, $k_{eff} = 0.5\text{ W/m} \cdot \text{K}$, $T_0 = 700\text{ K}$, $S_C = 30\text{ kW/m}^3$ 일 때, 바깥쪽 벽면의 온도(T_1)를 구하시오. 또한, $(T_0 - T_1)$ 인 온도차의 절반인 온도차 $[(T_0 - T_1)/2]$ 를 가지는 지점의 반경[cm]을 구하시오. (10점)

제 2 문. 다음은 고분자를 코팅시켜서 인쇄된 종이의 수명을 증가시키기 위한 장치이다. 장치의 좌측에는 고분자 용융액이 채워져 있고 얇은 출구(slits)를 통하여 종이가 V_{draw} 의 속도로 끌어당겨져 빠져나오면서 종이의 상하가 코팅되도록 되어 있다. 액체에는 외부의 힘이 가해지지 않으며, 또한 정상상태를 유지하고 있다고 가정한다. 비압축성 뉴턴성 유체로 가정되는 고분자 용융액은 ㉠의 위치에서 입구로부터 충분히 멀어서 유동장이 완전 발달되어 있으며($v_y = 0$), ㉡의 위치에 도달하면 신속히 굳어서 고체가 된다. (총 30점)

(단, 고분자 용융액의 z 방향속도를 v_z 로 한다)



- 1) 단면 ㉠에서 연속방정식과 운동량방정식을 적용하여 v_z/V_{draw} 와 y/L 의 관계식과 평균 속도 $v_{z,avg}$ 와 V_{draw} 의 관계식을 각각 구하시오. (20점)
- 2) 고분자 용융액의 밀도와 점도는 일정하며, $L = 0.5\text{ mm}$ 와 $V_{draw} = 5\text{ m/s}$ 일 때, 단면 ㉡에서 코팅된 고분자의 두께[mm] d 를 계산하시오. (10점)
(단, 고분자 용융액이 굳을 때 부피가 줄어들지 않는다고 가정한다)

제 3 문. 길이가 L 인 수직의 고체면을 따라 중력에 의하여 흘러내리는 두께가 H 인 액체 (밀도 ρ , 점도 μ)층이 있다. 기체와 접하는 액체면을 $x=0$ 으로 하고 고체와 접하는 액체면을 $x=H$ 로 하여 x 축을 정하고, z 축은 중력방향으로 액체의 흐름과 같은 방향이다. 정상상태에서 층류 유동일 경우 다음 물음에 답하시오. (총 25점)

- 1) 액체층의 속도분포 $v_z(x)$ 를 구하면 $v_z(x) = U[1 - (\frac{x}{H})^2]$ 의 결과가 얻어진다. 이때 최대속도 U 를 ρ, μ, g, H 를 이용한 식으로 나타내시오. (10점)
(단, 중력가속도는 g 이다)
- 2) 액체층 주변의 기체에는 특정성분 A가 포함되어 있으면서 액체층에 조금씩 흡수되고 있다. $z=0$ 일 때 액체 중 A의 농도는 0이고 z 가 커질수록 농도는 증가한다. A의 확산계수는 D 이고 농도 C 의 지배방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v_x \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \frac{\partial C}{\partial y} + v_z \frac{\partial C}{\partial z} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right)$$

위의 식을 이용하여 정상상태에서 y 방향으로의 농도변화가 없는 경우에 $C(x, z)$ 의 지배방정식을 유도하시오. (5점)

(단, 유동방향의 확산은 무시한다)

- 3) $z=0$ 을 통과한 액체는 고체면 위를 속도 $v_z(x)$ 로 통과하는 동안 A를 흡수한다. z 가 작은 영역에서는 $v_z(x) = U$ 로 가정할 수 있고, A가 x 방향으로 확산되는 물질 경계층 두께는 $\delta \sim \sqrt{\frac{Dz}{U}}$ 로 근사화할 수 있다. 액체로 흡수되어 전달되는 A의 물질 플럭스는 z 의 함수인데, 물질전달계수 k_c 를 이용하면 $k_c(C_0 - 0)$ 으로 나타낼 수 있다. 또한 A의 물질플럭스는 Fick의 확산법칙을 이용해서도 나타낼 수 있는데, 물질경계층 두께의 근사식을 이용하면 $k_c(z) \sim D^p U^q z^r$ 의 관계식을 얻을 수 있다. 이 관계식에서 지수 p, q, r 을 구하시오. (10점)
(단, $x=0$ 에서 A의 농도는 C_0 로 일정하다)

제 4 문. 반지름이 R_0 인 구형의 석탄 입자를 공기 중에서 연소시킨다. 이 석탄 입자는 탄소만을 가지고 있기 때문에 연소시킬 때 회분을 생성하지 않으며, 연소 과정에서 반응속도가 느리기 때문에 석탄입자의 크기는 일정하게 유지된다고 가정한다. 연소에서 생성되는 이산화탄소의 농도는 연소과정 중에 석탄입자 표면에서 C_1 으로 유지되고 있으며, 석탄입자 표면으로부터 상당히 떨어져 있는 위치($r=\infty$)에서의 농도(C_∞)는 0이다. 또한, 공기 중에서 이산화탄소의 확산계수는 D_{AB} 라고 하자. (총 20점)

- 1) 석탄 입자 주변에서 이산화탄소의 농도가 낮으며, 물질전달은 확산에 의해서만 일어난다고 가정하자. 석탄 입자 주변에서 정상상태에 대한 물질수지식을 유도하시오. (5점)
- 2) 앞에서 제시한 물질수지식과 주어진 경계조건을 적용하여, 이산화탄소의 농도 C 를 거리 r 의 함수로 구하시오. (5점)
- 3) 물질전달이 확산에 의하여만 일어난다고 할 때 $(C_1 - C_\infty)$ 를 기준으로 한 물질전달 계수 k_c 를 정의하고, 전체 물질전달 속도와 확산속도의 비를 구하기 위하여 사용되는 Sherwood 수($Sh = k_c d / D_{AB}$)를 구하시오. (10점)
(단, d 는 입자의 직경이다)

행정안전부 시험출제과장