

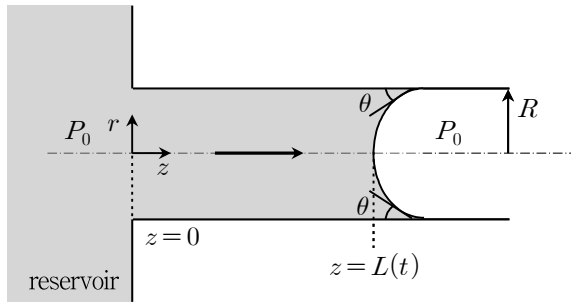
전달현상

2017년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 다음 그림과 같이 뉴턴(Newtonian) 액체가 반지름이 R 인 모세관 내부를 표면장력에 의해 채우고 있다. 아래 가정을 이용하여 물음에 답하시오. (단, 모세관의 왼쪽 저장소(reservoir)와 오른쪽 외부 기체의 압력은 P_0 로 같다. 액체의 표면장력이 γ 이고, 모세관 내벽과 접촉각이 θ , 액체의 점도가 μ , 밀도가 ρ 이며, 액체가 채워진 길이는 L 로 주어진다) (총 25점)

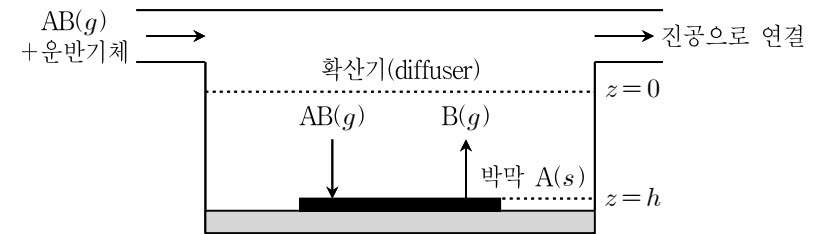


<가 정>

- 모세관내 유동은 레이놀드수가 매우 작아 관성력의 영향과 중력 영향을 무시한다.
- 저장소 쪽 입구와 기-액 계면 근방을 제외한 모세관 대부분의 길이에 대해서 유체 유동은 포물선형 분포를 갖고 모세관 내벽 표면에서의 속도는 0이다.
- 저장소 쪽 입구와 기-액 계면 주위의 유동에 의한 모세관 내벽 표면에서의 전단응력(shear stress) 영향은 무시한다.
- 기-액 계면의 진행속도는 포물선형 유동 분포지역의 평균속도와 같다.
- 시간 $t=0$ 일 때 $L=0$ 이다.

- 1) 모세관 축 방향에 수직한 단면의 평균 유속을 $\langle v_z \rangle$ 라고 할 때, 액체 흐름에 의해 모세관 내벽 면에 작용하는 전단응력(τ)의 크기를 평균 유속 $\langle v_z \rangle$ 를 이용하여 나타내시오. (5점)
- 2) 이 모세관 흐름에서 액체에 작용하는 표면장력과 점성력의 관계식을 구하시오. (10점)
- 3) 시간 t 에서 액체가 채워진 길이 $L(t)$ 을 구하시오. (10점)

제 2 문. 다음 그림과 같이 기상 물질 AB가 화학증착기 내부로 유입되어 확산기 아래 면 $z=h$ 에서 반응이 진행되고 있다. 고체 물질 A의 박막이 형성되고, 기체 B가 발생되고 있으며, 관련 반응식은 $AB(g) \rightarrow A(s) + B(g)$ 이다. 물음에 답하시오. (총 25점)



- 1) 확산기 아래 영역에서 물질 AB는 z 축 방향으로만 확산이 된다고 할 때, 아래 가정을 이용하여 z -방향으로의 물질 AB의 몰 플럭스($N_{AB,z}$)를 구하시오. (10점)

<가 정>

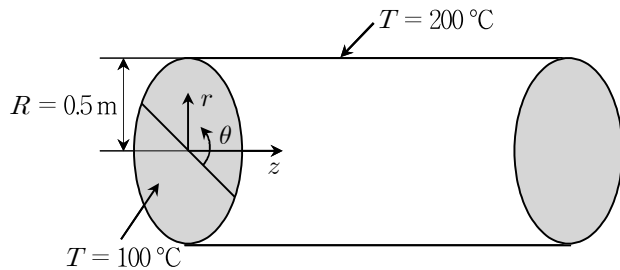
- 확산기와 박막 사이의 거리는 h 로 일정하고, 운반기체는 박막 형성의 반응에 참여하지 않고 대류에 의한 물질전달은 무시한다.
- 전체 농도는 C 로 일정하며, 물질 AB의 확산계수는 D 이다.
- AB의 몰분율은 $z=0$ 에서 y_0 로 일정하고, $z=h$ 에서 0이다.

- 2) 위 화학증착기에서 반응식이 $AB_2(g) \rightarrow A(s) + 2B(g)$ 로 바뀌는 경우, 확산기 안에서 기상 물질 AB_2 의 z -축 방향 몰 플럭스($N_{AB_2,z}$)를 1)의 가정을 참고하여 유도하시오. (15점)

제 3 문. 반지름 R 이 0.5m인 원통형 파이프에 점도(μ)가 $10 \text{ Pa} \cdot \text{sec}$ 인 비압축성 뉴턴 유체가 다음 그림과 같이 층류로 흐르고 있다. 파이프에 진입하는 유체의 온도는 100°C 이며, 파이프 벽면의 온도는 200°C 이다. 유체는 파이프 내를 흐르면서 전도와 대류에 의한 열전달 외에도 전단 발열에 의해 온도가 증가하여, 정상 상태에 도달하고 축방향(z -방향)으로 온도변화는 없다고 가정한다. 유체의 열전도도(k)는 $0.2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 이고, 파이프 중앙부($r=0$)에서의 유체의 속도($v_{z,m}$)는 2 m/s 이다. 이 시스템을 해석하기 위한 원통형 좌표계에서 에너지 수지식이 아래와 같을 때 물음에 답하시오.

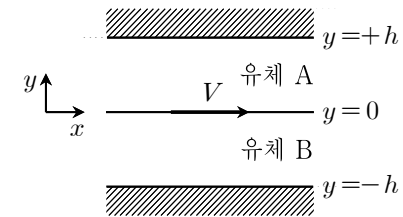
$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = k \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + \mu \Phi_v$$

(단, 마지막 항은 전단 발열에 의한 항으로서 파이프 유동에서 $\Phi_v = \left(\frac{\partial v_z}{\partial r} \right)^2$ 과 같이 주어지고, 유체의 속도장은 온도장의 영향을 받지 않는다. ρ 는 밀도, C_p 는 열용량, k 는 열전도도, μ 는 점도를 나타내고, 이 물성들은 온도 의존성이 없으며, 중력장의 효과도 무시할 정도로 작다고 가정한다) (총 25점)



- 1) 열전달이 충분히 이뤄진 정상상태 흐름에서의 온도분포를 구하기 위한 지배 방정식과 경계조건을 제시하시오. (10점)
- 2) 1)의 문제를 풀어 파이프 내에서의 온도 분포를 구하시오. (10점)
- 3) 유체가 도달할 수 있는 온도의 최댓값을 구하시오. (5점)

제 4 문. 두 비압축성 뉴턴 유체 A와 B가 다음 그림과 같이 길이(L)와 폭(W)이 무한히 긴 두 평판 사이($2h$)에 놓여있다. 두 평판은 정지 상태이고, 두 유체의 계면에는 두께를 무시할 수 있을 정도의 얇은 판이 위치해 있다. 두 유체 사이에 존재하는 얇은 판이 $t=0$ 인 순간에 x -방향으로 V 의 속도로 움직이기 시작한다고 할 때, 물음에 답하시오. (단, A 유체의 점도(μ)와 밀도(ρ)는 각각 μ_A 와 ρ_A 이고, B 유체의 점도와 밀도는 각각 μ_B 와 ρ_B 이며, 중력의 효과는 없고, 두 평판의 폭 방향($x-y$ 평면의 수직 방향)과 x -방향 유동장의 의존성은 없다고 가정한다) (총 25점)



- 1) x -방향의 Navier-Stokes식을 사용하여 각 유체에 대한 시간 t 와 위치 y 에 대한 x -방향의 속도분포($v_x = v_x(t, y)$)를 도출할 수 있는 지배 방정식을 유도하시오. (10점)
- 2) 1)의 지배방정식을 풀기 위해 필요한 경계조건을 쓰시오. (5점)
- 3) 충분한 시간이 흘러 유동장이 정상 상태에 도달했을 때, A와 B 유체의 단위 폭당 유량비와 위쪽 벽과 아래쪽 벽에 작용하는 전단력 크기의 비를 구하시오. (단, A와 B의 점도는 $\mu_A = 10\mu_B$ 의 관계를 만족시킨다) (10점)

인사혁신처 시험출제과장