

## 전달현상

2022년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 :

성명 :

제 1 문. 내부지름이 2 cm인 관에 1기압 300 K의 유체 A가 주입되어 정상 상태의 흐름을 유지한다. 유체 A의 평균속도는 20 m/s이고, 관벽의 온도가 400 K로 유지된다. 관의 길이가 2 m일 때 다음 물음에 답하시오. (단, 유체 A의 점도( $\mu$ )는  $2 \times 10^{-2}$  cP, 열확산도( $\alpha$ )는  $2.5 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s, 밀도( $\rho$ )는 1 kg/m<sup>3</sup>, 열용량( $c_p$ )은 1 kJ/kg · K로 가정한다) (총 20점)

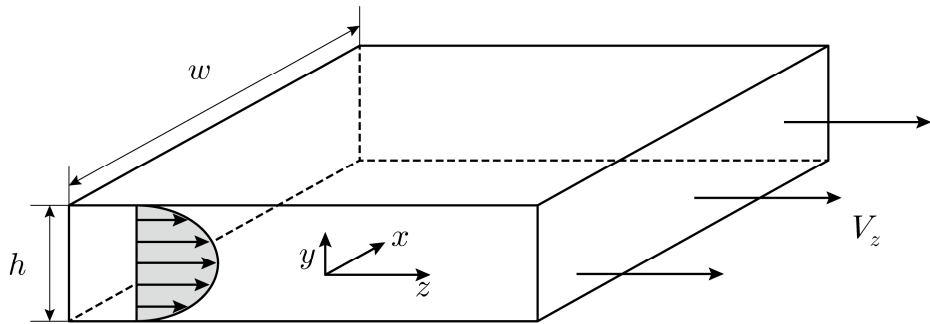
- 1) 주어진 조건에서  $St = 0.023Re^{-0.2}Pr^{-2/3}$ 이 성립한다. 대류열전달계수  $[W/m^2 \cdot K]$ 를 구하시오. (10점)
- 2) 상기 조건에서 유체 A의 출구온도[K]를 구하시오. (10점)

제 2 문. 반경이  $R$ 인 구형 석탄 입자 표면에서 산화 반응이 일어난다. 산화 반응 및 기체의 확산과 관련하여 다음과 같이 가정한다. (총 30점)

1. 산화 반응식은 다음과 같다.  $5C + 3O_2 \rightarrow 4CO + CO_2$
2. 석탄 입자 표면에서 산소의 반응 속도는 산소의 확산 속도보다 매우 빠르므로 석탄 입자 표면에서 산소의 농도는 무시할 수 있다.
3. 모든 기체의 확산은 반경( $r$ ) 방향으로의 1차원 확산이며, 정상 상태를 유지한다.
4. 석탄 입자 표면으로부터 충분히 멀리 떨어진 위치에서 산소의 몰분율은 0.21이다.
5. 산화 반응에 참여하는 기체들을 제외한 기체(질소 등)의 확산은 무시한다.
6. 산화 반응으로 인한 석탄 입자의 반경 변화는 무시한다.
7. 모든 위치에서 기체들의 총 농도는  $C_t$ 로 일정하다.
8. 산소의 확산계수는  $D_{O_2}$ 로 일정하다.
9. 생성된 CO와 CO<sub>2</sub>는 석탄 입자 표면에 흡착되거나 추가적으로 반응하지 않는다.

- 1) 산소의 총 물질전달 속도(total mass transfer rate)  $W_{O_2}$ 를  $R$ ,  $C_t$ ,  $D_{O_2}$ 로 나타내시오. (20점)
- 2)  $r = 2R$ 인 지점에서 산소의 몰분율(mole fraction)을 구하시오. (10점)

제 3 문. 그림과 같이 높이가  $h$ 이고 폭이  $w$ 인 직사각형 수평덕트에 뉴턴 유체가 정상 상태의 완전발달층류로 흐르고 있다. 다음 물음에 답하시오. (단,  $x$ 방향의 말단 효과는 무시하고  $w \gg h$ 이다) (총 30점)



- 1) 유체의 흐름 방향으로 형성되는 압력구배( $dp/dz$ )와 Darcy의 마찰계수( $f$ )는 다음과 같은 관계로 정의될 때, 마찰계수  $f$ 를 Reynolds 수(Re)의 함수로 표현되도록 유도하시오. (단,  $\rho$ ,  $V$ ,  $D_{eq}$ 는 각각 유체의 밀도, 평균유속, 상당 지름이다) (20점)

$$\frac{dp}{dz} = - \frac{f}{D_{eq}} \frac{\rho V^2}{2}$$

- 2) 10 cP의 점도를 가지는 유체가 높이( $h$ ) 1 cm인 덕트에서 흐름 방향으로 100 Pa/m의 단위 길이당 압력 강하가 일어날 때 이 유체의 단위 폭 1 m당 부피유량[m<sup>3</sup>/h]은 얼마인가? (10점)

제 4 문. 새롭게 개발된 원통형 발열체를 특수한 금속으로 제조된 내경 1 m, 두께 10 cm인 원통에 삽입하였다. 발열체와 금속 원통은 완전한 접촉을 이루고 있다. 발열체는 10<sup>5</sup> W/m<sup>3</sup>로 열을 발생하고 있다. 이 금속 원통은 25 °C로 유지되는 물 속에 위치하며 원통 표면의 대류열전달계수는 1,000 W/m<sup>2</sup> · K이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 원통 끝부분은 단열되어 있어 모든 열전달은 반경 방향으로만 발생하고, 정상상태이다. 발열체의 열전도도는 25 W/m · K이고, 금속 원통의 열전도도는 15 W/m · K이다) (총 20점)

- 1) 금속 원통의 내부 표면 및 외부 표면의 온도[K]를 구하시오. (12점)
- 2) 발열체 중앙에서의 온도[K]를 구하시오. (8점)

## 인사혁신처 시험출제과장