Ejercicio #1

Parte a)

$T_p = 1200°C = 1473°K$

Cobre oxidado $\begin{cases} 99\% \ Cu \\ 1\% \ O_2 \end{cases}$

La masa de cobre oxidado es de 100 kg entonces el cobre oxidado tiene 99 kg de Cu y 1 kg de O_2

Además nos dicen que se agregan 600 g de carbono al sistema entonces hacemos un balance de masa

Balance O_2:

PM: Peso molecular

$$1kg = \%O_{2(CO)} \cdot m_{CO} + \% O_{2(CO_2)} \cdot m_{CO_2}$$

$$= \frac{PM_O}{PM_C + PM_O} \cdot m_{CO} + \frac{PM_{O_2}}{PM_C + PM_{O_2}} \cdot m_{CO_2}$$

$$= \frac{16}{12+16} m_{CO} + \frac{2 \cdot 16}{12 + 2 \cdot 16} \cdot m_{CO_2}$$

$$\Rightarrow 1kg = 0,57 \, m_{CO} + 0,73 \, m_{CO_2}$$

Balance de C:

$$0,6 \, kg = \% C_{(CO)} m_{CO} + \% C_{(CO_2)} m_{CO_2}$$

$$= \frac{12}{12+16} \cdot m_{CO} + \frac{12}{12+2 \cdot 16} \cdot m_{CO_2}$$

$$\Rightarrow 0,6 \, kg = 0,43 \, m_{CO} + 0,27 \, m_{CO}$$

Resolviendo el sistema de 2x2 queda

$m_{CO} = 1050\,g$

$m_{CO_2} = 550\,g$

Ahora se calcula el número de moles de CO y CO_2

$$n_{CO} = \frac{m_{CO}}{PM_{CO}} = 37{,}5 \text{ moles}$$

$$n_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{PM_{CO_2}} = 12{,}5 \text{ moles}$$

Finalmente calculamos las fracciones molares

$$x_{CO} = \frac{n_{CO}}{n_{CO}+n_{CO_2}} = \frac{37{,}5}{37{,}5+12{,}5} = 0{,}75 \quad (0{,}5 \text{ ptos})$$

$$x_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_{CO}+n_{CO_2}} = \frac{12{,}5}{37{,}5+12{,}5} = 0{,}25 \quad (0{,}5 \text{ ptos})$$

Ahora se calculan las viscosidades μ_{CO} y μ_{CO_2}

- μ_{CO} : $M_{CO} = 28{,}01$ $\quad \sigma = 3{,}59$ $\quad \frac{\varepsilon}{K} = 110$

$\frac{K}{\varepsilon} \cdot T \approx 13{,}4$ con $T = 1473{,}15\ °K$

se obtiene Ω_μ de la tabla $\Omega_\mu \approx 0{,}78$

se usa la ecuación

$$\mu = 2{,}6693 \cdot 10^{-5} \frac{\sqrt{M \cdot T}}{\sigma^2 \cdot \Omega_\mu}$$

$$\Rightarrow \mu_{CO} = 2,6693 \cdot 10^{-5} \frac{\sqrt{28,01 \cdot 1473,15}}{(3,59)^2 \cdot (0,78)}$$

$$\boxed{\mu_{CO} = 5,39 \ 10^{-4} [p]}$$ (0,5 ptos)

• μ_{CO_2}:

$M = 44,01$, $\sigma = 3,996$, $\varepsilon / k = 190$

$\frac{k}{\varepsilon} \cdot T = 7,75$ $\qquad \Omega_\mu \approx 0,86$

$$\Rightarrow \mu_{CO_2} = 2,6693 \cdot 10^{-5} \frac{\sqrt{44,01 \cdot 1473,15}}{(3,996)^2 \cdot 0,86}$$

$$\boxed{\mu_{CO_2} = 4,95 \ 10^{-4} [p]}$$ (0,5 ptos)

Tenemos que

	M_i	X_i	μ_i
CO	28,01	0,75	$5,39 \cdot 10^{-4}$
CO_2	44,01	0,25	$4,95 \cdot 10^{-4}$

Se construye la tabla

i	j	M_i/M_j	μ_i/μ_j	ϕ_{ij}	$X_i \phi_{ij}$
1 = CO	1 = CO	1	1	1	0,75
	2 = CO_2	0,64	1,1	1,3	0,975
2 = CO_2	1 = CO	1,57	0,92	0,76	0,19
	2 = CO_2	1	1	1	0,25

Donde

$$\phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \cdot \left(1 + \frac{M_i}{M_j}\right)^{-1/2} \left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j}\right)^{1/2} \left(\frac{M_j}{M_i}\right)^{1/4}\right]^2$$

$$\phi_{12} = \frac{1}{\sqrt{8}}\left(1 + 0,64\right)^{-1/2}\left[1 + (1,1)^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{0,64}\right)^{1/4}\right]^2$$

$$\phi_{12} = 1,3$$

$$\phi_{21} = \frac{1}{\sqrt{8}}\left(1 + 1,57\right)^{-1/2}\left[1 + (0,92)^{1/2} \cdot \left(\frac{1}{1,57}\right)^{1/4}\right]^2$$

$$= 0,76$$

$$\mu_{mix} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i \mu_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j \cdot \phi_{ij}}$$

$$= \frac{x_1 \cdot \mu_1}{x_1 \cdot \phi_{11} + x_2 \cdot \phi_{12}} + \frac{x_2 \cdot \mu_2}{x_1 \phi_{21} + x_2 \phi_{22}}$$

$$= \frac{0,75 \cdot 5,39 \; 10^{-4}}{0,75 \cdot 1 + 0,25 \cdot 1,3} + \frac{0,25 \cdot 4,95 \cdot 10^{-4}}{0,75 \cdot 0,76 + 0,25 \cdot 1}$$

$$= 3,76 + 1,51$$

$$= 5,27 \cdot 10^{-4} \, [P]$$

$$\mu_{CO_2} < \mu_{mix} < \mu_{CO}$$

Parte b)

Flujo momentum Entrante $-$ Flujo momentum saliente $+ \sum \vec{F}$ sistema $= 0$

volumen de control cilindro hueco de radio $r + \Delta r$

- Consideramos perfil completamente desarrollado $\Rightarrow$ no hay flujo convectivo

FM: Entrada: $\tau_{rz}|_{r=r} \cdot 2\pi r L$

Salida: $\tau_{rz}|_{r=r+\Delta r} \cdot 2\pi r L$

Presiones: Entrada: $P_0 (\pi (r+\Delta r)^2 - \pi r^2) = P_0 \, 2\pi r \, \Delta r$

salida: $-P_L \cdot 2\pi r \, \Delta r$

* La gravedad no afecta el perfil de velocidad

$$\sum F = \Delta FM$$

$$2\cancel{\pi} r L \left((\tau_{rz})|_{r=r+\Delta r} - (\tau_{rz})|_{r=r} \right) = 2\cancel{\pi} r \cdot \Delta r \, (P_0 - P_L)$$

$$\frac{(r\tau_{rz})_{r+\Delta r} - (r\tau_{rz})_r}{\Delta r} = \frac{r (P_0 - P_L)}{L} \qquad \Delta r \to 0$$

$$\frac{d(r\tau)}{dr} = \frac{r (P_0 - P_L)}{L} \qquad / \int$$

$$r\tau = \frac{r^2 (P_0 - P_L)}{2L} + C$$

$$\tau = \frac{(P_0 - P_L) r}{2L} + \frac{C}{r}$$

Cond de Borde

$r = 0 \quad \tau = 0 \Rightarrow C = 0$

$$\Rightarrow \boxed{\tau_{rz} = \frac{P_0 - P_L}{2L} \cdot r} \quad (1pto)$$

Por Ley de Viscosidad de Newton

$$\frac{(P_0 - P_L)}{2L} r = -\mu_{mix} \frac{dV}{dr}$$

$$\frac{dV}{dr} = -\frac{(P_0 - P_L)}{2L \mu_{mix}} r \quad / \int$$

$$V = -\frac{(P_0 - P_L)}{4L \mu_{mix}} r^2 + C$$

cond. de Borde

en $r = R \Rightarrow v = 0 \Rightarrow C = \frac{(P_0 - P_L)}{4L \mu_{mix}} R^2$

$$\Rightarrow \quad V_z = \frac{(P_0 - P_L)}{4L \mu_{mix}} \left[R^2 - r^2 \right] \quad (1pto)$$

Para el caudal

$$\bar{V_z} = \frac{1}{\pi R^2} \int_0^{2\pi} \int_0^R V_z \, r dr d\theta = \left(\frac{P_0 - P_L}{L} \right) \cdot \frac{R^2}{8\mu_{mix}}$$

$$Q = A \cdot \bar{V_z} = \pi R^2 \cdot \left(\frac{P_0 - P_L}{L} \right) \cdot \frac{R^2}{8 \mu_{mix}}$$

$P_0 = 50$ [atm]
$P_L = 0$

$$= \frac{\pi R^4}{8 \mu_{mix}} \left(\frac{P_0 - P_L}{L} \right) \quad (1pto)$$

No se descontó por no reemplazar