

FENÓMENOS DE TRASPORTE EN METALURGIA EXTRACTIVA

Clase 05/05

Transporte de Masa

Prof. Leandro Voisin A, MSc., Dr.

Académico – Universidad de Chile

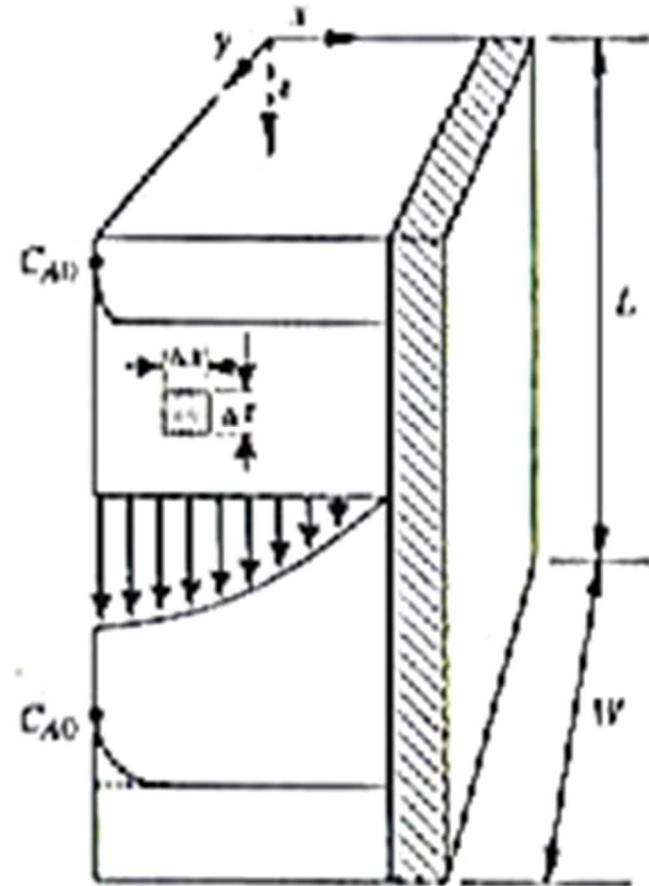
Jefe del Laboratorio de Pirometalurgia

Investigador Senior - Tohoku University, Japan.

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13:

En el problema se considera un líquido B (film) descendiendo de forma laminar por una pared vertical, el sistema se encuentra inmerso en una atmósfera de un gas A. Asuma que el perfil de distribución de velocidad del fluido no es afectado por la difusión desde A a B y además que la distancia de penetración de A en B es pequeña en relación al espesor del film.



Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

Lo primero es realizar un balance de masa sobre el componente A.

La concentración de A en la interfase gas-líquido y en todo valor de z estará limitado a la concentración de saturación C_A^0 y \therefore A difunde en B considerando que éste presenta una concentración inicial inferior a la saturación.

Es evidente entonces que la concentración C_A cambiará en las direcciones x , z y por ende lo más apropiado es elegir un volumen de control cartesiano Δx , Δy , Δz en donde Δy puede asumirse unitario.

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

$$N_{Az|z} \Delta x - N_{Az|z+\Delta z} \Delta x + N_{Ax|x} \Delta z - N_{Ax|x+\Delta x} \Delta z = 0$$

Dividiendo por el volumen de control $\Delta x \Delta z$ encontramos las derivadas correspondientes:

$$\frac{\partial N_{Az}}{\partial z} + \frac{\partial N_{Ax}}{\partial x} = 0$$

Luego, debemos considerar el flujo molar en ambas componentes definido por la ley de Fick y contribuciones difusiva y convectiva:

$$N_{Az} = -CD_A \frac{\partial X_A}{\partial z} + C_A v_z^*$$

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

A se moverá en la dirección-z principalmente debido al flujo del seno del fluido y podemos despreciar la contribución por difusión, además para pequeños incrementos de A en B la velocidad en z no se ve afectada.

$$N_{Az} = C_A v_z^* = C_A v_z$$

Para el flujo molar en la dirección-x tendremos:

$$N_{Ax} = -D_A \frac{\partial C_A}{\partial x} + C_A v_x^*$$

En la dirección-x, A es transportado principalmente por difusión debido a la pequeña solubilidad de A en B y ∴

$$N_{Ax} = -D_A \frac{\partial C_A}{\partial x}$$

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

Reemplazando los resultados anteriores en la ec. de continuidad:

$$v_z \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_A \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}$$

El siguiente paso corresponde a incorporar el perfil de velocidad adecuado, asumiendo que conocemos dicho perfil desde el módulo de transferencia de momentum, tendremos que:

$$v_z = v_{max} \left[1 - \left(\frac{x}{\delta} \right)^2 \right]$$

Donde δ corresponde al espesor del film y x es la distancia de penetración del gas en el líquido.

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

Como se aprecia en la fig. si A ha penetrado una pequeña distancia en el líquido, las especies de A enfrentarán una velocidad-z muy similar a la velocidad máxima. Siendo que A no penetra considerablemente en B podemos utilizar la solución de modelo semi-infinito.

$$v_{max} \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_A \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}$$

Condiciones de borde:

$$\text{en } z = 0, \quad C_A = C_A^i, \quad x \geq 0;$$

$$\text{en } x = 0, \quad C_A = C_A^o, \quad L \geq z \geq 0;$$

$$\text{en } x = \infty, \quad C_A = C_A^o, \quad L \geq z \geq 0;$$

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

Aplicando el modelo semi-infinito, obtenemos:

$$\frac{C_A - C_A^o}{C_A^i - C_A^o} = \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D_A \cdot z / v_{max}}}$$

Luego conociendo el perfil de concentración, podemos determinar el flujo de difusión másica local en $x = 0$.

$$N_{Ax}|_{x=0} = -D_A \left(\frac{\partial C_A}{\partial x} \right)_{x=0} = (C_A^o - C_A^i) \frac{D_A v_{max}}{\pi z}$$

La ec. anterior proporciona la tasa promedio de transferencia de A por unidad de sección a lo largo de z.

Absorción en un film líquido que desciende verticalmente por una pared

Ejemplo 13, Solución:

La tasa total estará definida por la ec.:

$$\overline{N}_{Ax|x=0} = \frac{1}{L} \int_0^L N_{Ax|x=0} dz = 2(C_A^o - C_A^i) \frac{D_A V_{max}}{\pi z}$$

Y la ec. diferencial total:

$$V_{max} \left[1 - \left(\frac{x}{\delta} \right)^2 \right] \frac{\partial C_A}{\partial z} = D_A \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2}$$

Combinando ambas ecs., R.L. Pigford encontró que:

$$\frac{\overline{C}_A^L - C_A^o}{C_A^i - C_A^o} = 0.7857 e^{-5.12\eta} + 0.1 e^{-39.31\eta}$$