

TRANSFERENCIA DE OXÍGENO EN REACTORES

1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1.1 REACTOR AGITADO

Previo a la experiencia se llenó el reactor con aproximadamente 10 L de agua de la llave. Se instaló el electrodo de oxígeno en su interior a una altura aproximada de 5 cm desde la base del reactor y en un lugar lejano a la hélice debido a que su proximidad genera lecturas erráticas producto de las burbujas que se forman. Además, se conectó el electrodo al amplificador de señal y éste al puerto USB del computador.

- (1) Saturar el reactor con oxígeno. Para ello, conectar el compresor de aire al difusor de gas mediante las mangueras disponibles y encender el compresor.
- (2) Calibrar el electrodo con la concentración de saturación de oxígeno en agua (para el caso de agua pura a 20°C y 1 atm de presión, la concentración de saturación es 9,1 mg/L). Para ello, hacer click en el botón “CALIBRATE” buscar el sensor y setear su valor en la concentración de saturación.
- (3) Comenzar la agitación encendiendo el agitador y ajustando la velocidad a 400 RPM.
- (4) Iniciar el programa DataStudio.
- (5) Comenzar la toma de datos con DataStudio, haciendo click en el botón “START” en la ventana principal. Se puede ajustar la frecuencia con que el programa toma datos (por defecto se encuentra en 2 Hz. Se puede cambiar en “Setup”).
- (6) Una vez que se haya estabilizado la lectura del sensor, comenzar una nueva corrida. (Estos serán los datos utilizados para la determinación de los coeficientes de transferencia de masa).
- (7) Detener la alimentación de oxígeno al reactor apagando el compresor y cerrando la pinza de la manguera que conecta el compresor con el difusor. Abrir la pinza de la manguera que conecta el cilindro de nitrógeno con el difusor.
- (8) Comenzar la alimentación de nitrógeno. Para ello, abrir la válvula de paso del balón de nitrógeno y luego la válvula regulatoria (esta última funciona al revés de la regla de la mano derecha).
- (9) Esperar a que la lectura del sensor alcance un valor mínimo constante.
- (10) Detener la alimentación de nitrógeno cerrando las válvulas del balón y cerrar la pinza de la manguera de nitrógeno.
- (11) Abrir la pinza de la manguera de aire comprimido y encender el compresor.
- (12) Esperar a que la lectura del sensor alcance el valor de saturación.
- (13) Detener la toma de datos haciendo click en el botón “STOP”.
- (14) Ajustar la velocidad de agitación a 600 RPM.
- (15) Repetir el procedimiento entre los pasos 5 y 12 para la toma de datos en la nueva condición.
- (16) Guardar los datos del experimento. Exportar los datos a un archivo .txt.

1.2 REACTOR TIPO AIRLIFT

En este caso se realiza el mismo procedimiento anterior, pero teniendo en cuenta lo siguiente:

- (1) El nivel del agua debe estar como máximo hasta un nivel de 25 cm del borde superior del reactor para evitar el rebalse del reactor. (producto de las burbujas formadas, el nivel del agua aumenta).

- (2) La transferencia de oxígeno en este reactor es mucho más rápida que en el caso anterior, por lo que el cambio de alimentación de gases debe ser hecho rápidamente.

2 TRATAMIENTO DE DATOS EXPERIMENTALES

2.1 PROCESO DE ABSORCIÓN DE OXÍGENO

La ecuación que rige el proceso es:

$$\boxed{\frac{dC_{O_2}}{dt} = k_L^1 a \cdot (C_{O_2}^* - C_{O_2})} \quad (1)$$

Donde $k_L^1 a$ corresponde al coeficiente de transferencia de oxígeno, en s^{-1} , a través del área total de transferencia (considera el área de las burbujas y el área superficial del reactor en contacto con el ambiente). $C_{O_2}^*$ corresponde a la concentración de saturación de oxígeno en agua en las condiciones de experimentación (a 20°C y 1 atm de presión, la concentración de saturación del agua pura corresponde a 9,1 mg/mL).

Integrando esta ecuación entre el mínimo de concentración y la concentración alcanzada en un tiempo t , se tiene:

$$\int_{C_{min}}^{C_{O_2}} \frac{dC_{O_2}}{C_{O_2}^* - C_{O_2}} = \int_0^t k_L^1 a \, dt$$

$$-Ln(C_{O_2}^* - C_{O_2}) + Ln(C_{O_2}^* - C_{min}) = k_L^1 a \cdot t$$

$$\boxed{Ln \frac{C_{O_2}^* - C_{min}}{C_{O_2}^* - C_{O_2}} = k_L^1 a \cdot t} \quad (2)$$

Un gráfico $Ln(C_{O_2}^* - C_{min}/C_{O_2}^* - C_{O_2})$ vs. t , permitirá determinar el coeficiente de transferencia de masa a partir de su pendiente.

2.2 PROCESO DE DESORCIÓN DE OXÍGENO

La ecuación que rige este proceso es:

$$\boxed{\frac{dC_{O_2}}{dt} = -k_L^2 a \cdot C_{O_2} + k_L^3 a \cdot (C_{O_2}^* - C_{O_2})} \quad (3)$$

Donde $k_L^2 a$ (en s^{-1}) corresponde al coeficiente de transferencia de la desorción de oxígeno y $k_L^3 a$ corresponde al coeficiente de absorción a través de la superficie del reactor (que está en contacto con el ambiente).

Considerando que en el ESTADO TRANSIENTE el término de absorción contribuye muy poco, puede ser despreciado, obteniendo:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = -k_L^2 a \cdot C_{O_2} \quad (4)$$

Integrando esta ecuación entre la concentración de saturación (condición inicial) y la concentración alcanzada en un tiempo t , se obtiene:

$$\int_{C_{O_2}^*}^{C_{O_2}} \frac{dC_{O_2}}{C_{O_2}} = - \int_0^t k_L^2 a \, dt$$

$$\boxed{\ln \frac{C_{O_2}^*}{C_{O_2}} = k_L^2 a \cdot t} \quad (5)$$

Un gráfico $\ln(C_{O_2}^*/C_{mín})$ vs. t permitirá determinar el coeficiente de desorción a partir de su pendiente.

Por último, el coeficiente $k_L^3 a$ puede ser determinado a partir de la Ecuación (3). Cuando se alcanza la mínima concentración de oxígeno luego de la desorción, se llegará a un estado estacionario donde se cumplirá lo siguiente:

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = 0$$

$$C_{O_2} = C_{mín}$$

Reemplazando en la Ec. (3), se tiene:

$$k_L^2 a \cdot C_{mín} = k_L^3 a \cdot (C_{O_2}^* - C_{mín})$$

$$\boxed{k_L^3 a = k_L^2 a \frac{C_{mín}}{C_{O_2}^* - C_{mín}}} \quad (6)$$