



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Departamento de Ingeniería de Procesos

EXPERIMENTACIÓN EN INGENIERÍA
QUÍMICA

Juan Carlos Lozano Medina

PRÁCTICA N° 8: Filtración con reacción química.

Guía docente práctica: FILTRACIÓN CON REACCIÓN QUÍMICA.

Objetivo
Introducción
Procedimiento
Materiales
Cuestiones,...

JUAN CARLOS LOZANO MEDINA
INGENIERO INDUSTRIAL
PROFESOR ASOCIADO ULPGC

ISBN 978-84-16989-25-6
01 de SEPTIEMBRE 2013



PRÁCTICA N° 8: FILTRACIÓN CON REACCIÓN QUÍMICA.

1. OBJETIVO.

Se trata de separar un producto de una reacción en base a la diferencia de solubilidad con otras especies en medio acuoso. Asimismo, se pretende que el alumno se familiarice con la técnica de la filtración a vacío, que permite aislar el precipitado de su disolución de origen.

2. INTRODUCCIÓN.

La filtración se basa en la separación sólido-líquido, mediante este proceso, partículas de sólidos suspendidas en un líquido son separadas de él, utilizando para ello un medio permeable al líquido, el medio filtrante.

El sólido va formando paulatinamente una torta porosa al ir depositándose sobre el medio filtrante, a través de la cual circula el fluido generalmente en forma laminar, lo que hace que se incremente gradualmente la resistencia al flujo. El conjunto torta de sólido-medio filtrante se denomina **lecho filtrante**.

Generalmente, los poros tienen una forma tortuosa y son mayores que las partículas que se quiere separar, por eso el filtro actúa de manera eficaz una vez formada la torta en la superficie del mismo. En esta práctica la filtración se produce a través de un kitasato, siendo absorbida la suspensión mediante una manga de vacío, pudiendo utilizar también bombas de vacío.

En gran parte de los casos, lo que se interesa sacar en un filtrado son los sólidos, siendo sus propiedades físicas y químicas (viscosidad,, densidad, propiedades corrosivas) y su naturaleza (tamaño y forma de las partículas, distribución de tamaños, características de relleno, etc) de gran importancia para seleccionar las condiciones de operación y, por supuesto, un equipo de filtración.



PRÁCTICA N° 8: Filtración con reacción química.

Este tipo de filtración se denomina filtración por torta, donde la proporción de sólidos en la suspensión es elevada y la mayor parte de las partículas se recogen en el lecho filtrante para su posterior separación del medio. Si la proporción de sólidos es muy pequeña, como ocurre en la filtración de aire o agua, las partículas serán mucho más pequeñas que los poros del medio filtrante y, por lo tanto penetrarán hasta que queden atrapadas, a una profundidad considerable. A este tipo de procesos se les denomina filtración de profundidad.

Los conceptos más importantes de la filtración son:

- **Caudal de filtrado:** volumen de líquido que atraviesa el lecho filtrante por unidad de tiempo. Depende de la diferencia de presiones entre la superficie de la torta del sólido en contacto con la suspensión (P_1) y en la superficie inferior del medio filtrante (P_3).

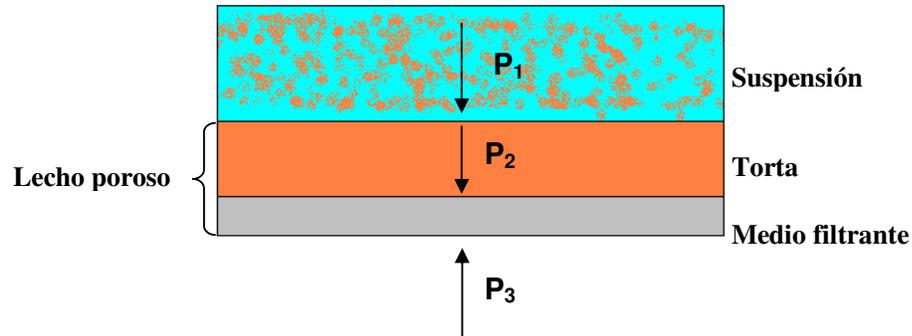
Se ha de tener en cuenta la presión de trabajo, ya que, si la presión de filtración es constante, la velocidad de flujo irá disminuyendo a medida que crece la resistencia ofrecida por el lecho filtrante, al ir aumentando el grosor de éste al depositarse las partículas de sólido formando la torta.

Por otro lado si se mantiene constante la velocidad de filtrado, la presión debe aumentar para compensar dicha resistencia.

En la siguiente figura se observa el esquema de un sistema básico de filtrado consistente en la **suspensión** a ser filtrada, la **torta** y el **medio filtrante**:



PRÁCTICA Nº 8: Filtración con reacción química.



Como las partículas de sólido que forman la torta son pequeñas y el flujo que atraviesa el lecho es lento, y casi siempre en forma laminar, como se ha dicho anteriormente, se puede utilizar la ley general de velocidad para expresar el caudal de filtrado por unidad de área:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P_1 - P_2}{\mu \cdot R_t} = \frac{P_2 - P_3}{\mu \cdot R_f} = \frac{P_1 - P_3}{\mu(R_t + R_f)}$$

Es decir, que el caudal de filtrado depende de los siguientes factores:

A : superficie del medio filtrante en contacto con la suspensión,

μ : viscosidad del medio filtrante.

R_t : resistencia de la torta sobre la circulación del fluido.

R_f : resistencia del medio filtrante sobre la circulación del fluido.

P_2 : presión en la superficie superior del medio filtrante.

- **Resistencia que opone la torta (R_t)** : dada por

$$R_t = \left(\frac{W}{A} \right) \cdot \alpha_m$$

donde:

W = masa de torta seca que en un instante dado hay sobre el medio filtrante.

α_m = resistencia específica media de la torta. Resistencia media que ofrecería la unidad de masa de torta seca depositada sobre la unidad de área de sección transversal.



PRÁCTICA Nº 8: Filtración con reacción química.

Además se tiene que:

$$W = \rho \cdot \frac{V \cdot x}{1 - M \cdot x}$$

ρ = densidad del filtrado.

x = fracción másica del sólido en la suspensión que se filtra.

M = relación másica (torta húmeda / torta seca)

Combinando estas dos ecuaciones con la ley general, se obtiene:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{P_1 - P_3}{\frac{\mu \cdot V \cdot x \cdot \rho}{A(1 - M \cdot x)} \cdot \alpha_m}$$

- **Condiciones de operación:** Como se ha comentado antes, la operación de filtrado se puede llevar a cabo a presión constante o a velocidad de filtrado constante. En este caso, se realiza a presión constante.
- **Tortas incompresibles:** Su resistencia específica, α_m , así como la relación másica M y la porosidad se mantienen constantes durante el proceso de filtración a través de la torta. Para tortas incompresibles se obtiene la siguiente ecuación a partir de la ley general:

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \cdot x \cdot \rho \cdot \alpha_m}{2(1 - Mx) \cdot A^2 \cdot (P_1 - P_3)} \cdot V + \frac{\mu \cdot R_f}{A \cdot (P_1 - P_3)}$$

o bien,

$$\frac{t}{V} = C_1 \cdot V + C_2$$

Las constantes de esta ecuación se obtienen experimentalmente representando t/V vs. V para una pérdida de presión (ΔP) constante. Una vez conocidas las constantes se pueden determinar los parámetros α_m y R_f mediante las ecuaciones:

$$\alpha_m = \frac{2(1 - Mx) \cdot A^2 \cdot (P_1 - P_3)}{\mu \cdot x \cdot \rho} \cdot C_1$$

En el caso de tortas incompresibles, cuando se opera a volumen constante, las ecuaciones que se deducen a partir de la ley general de velocidad, son:



PRÁCTICA N° 8: Filtración con reacción química.

Si en una experiencia a caudal constante se representa $.P = f(t)$, igualmente se obtiene una recta a partir de cuya pendiente y ordenada se determinan los parámetros α_m y R_f .

- **Tortas compresibles:** En ellas las magnitudes α_m , R_f , y M varían con el tiempo.

Además, un aumento de presión diferencial o de velocidad de flujo provoca la formación de una torta más densa con una resistencia mayor. Está comprobado que la resistencia específica α_m y R_f siguen la ley:

$$\alpha_m = r(P_1 - P_3)^s$$

$$R_f = r'(P_1 - P_3)^s$$

siendo s el “factor de compresibilidad” que varía entre 0.9 (tortas muy compresibles) y 0.01 (tortas prácticamente incompresibles).

3. MATERIAL.

- 2 Vasos de precipitados de 250 ml.
- 1 Vidrio de reloj.
- 1 Varilla de vidrio.
- 1 Embudo Büchner.
- 1 Kitasato.
- 1 Termómetro.
- 1 Espátula.
- 1 Placa calefactora.
- 1 Frasco lavador.
- 1 Probeta de 100 ml.
- Papel de filtro.
- Tijeras



PRÁCTICA N° 8: Filtración con reacción química.

4. REACTIVOS.

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$
- Disoluc. AgNO_3

5. PROCEDIMIENTO.

- a) En uno de los vasos de precipitados, se disuelven 5 g de cloruro cálcico en 100 mL de agua. En el otro vaso, se prepara una disolución muy concentrada de carbonato sódico, disolviendo 9 g de carbonato de sodio decahidratado en 100 mL de agua.
- b) Se calienta la primera disolución hasta unos 50°C y, a continuación, se le añade la disolución de carbonato. Se observa la aparición de un producto en forma de precipitado.
- c) Seguidamente se realiza una filtración a vacío. Para ello, se introduce en el embudo Büchner **un papel de filtro de peso conocido**, que cubra todos los agujeros. Se coloca el embudo Büchner sobre el kitasato y se conecta éste a la trompa de vacío. Antes de echar el líquido a filtrar se añade una pequeña cantidad de agua sobre el papel de filtro con el fin de que se adhiera perfectamente al embudo y evitar pérdidas de precipitado.
- d) Realizadas estas operaciones se comienza la filtración, vertiendo sobre el embudo el contenido del vaso que contiene el precipitado, de forma que la suspensión resbale sobre una varilla de vidrio.
- e) Se lava repetidas veces el precipitado y se ensayan periódicamente muestras del líquido que gotea del embudo hasta que no aparezca turbidez al añadirle una gota de nitrato de plata en el vidrio de reloj.



PRÁCTICA N° 8: Filtración con reacción química.

f) Finalmente, se retira el papel de filtro con el precipitado a un vidrio de reloj previamente pesado, se seca en la estufa hasta **peso constante**, para determinar la cantidad de carbonato cálcico obtenida. Pesar cada 5 minutos (dejar enfriar antes de pesar) y representar la curva de secado (masa frente a tiempo).

6. CUESTIONES.

- 1) Escribir la ecuación de la reacción química que tiene lugar.
- 2) ¿Por qué se forma un precipitado? ¿Qué precipitado se ha obtenido?
- 3) ¿Por qué es necesario lavar el precipitado obtenido?
- 4) ¿Qué misión tiene el añadir AgNO_3 al agua que gotea del embudo?
- 5) ¿Por qué la curva de secado no es una línea recta?
- 6) Calcular el rendimiento del proceso.