

EFFECTO DE LA GRANULOMETRIA DEL LECHO Y MORFOLOGIA DEL DEPOSITO EN LA FILTRACION DE MAGNETITA A TRAVES DE LECHOS GRANULARES DE GRAFITO.

R.R. Barbieri, E.J. Bercovich y S.J. Liberman

Departamento Química de Reactores-CNEA.

Uno de los métodos de gran interés para la purificación de agua del sistema primario de los reactores nucleares por su posibilidad de operar a temperatura elevada es el de los filtros de grafito.

Los escasos estudios que han sido publicados hasta el presente, realizados tanto en circuitos dentro como fuera del reactor, indican elevadas eficiencias de retención para las partículas en suspensión^{1,2}. Recientemente se ha determinado el efecto de la longitud, el caudal³ y la influencia de las fuerzas superficiales en la eficiencia de retención de magnetita en filtros de grafito a temperatura ambiente, encontrándose que los mismos presentan coeficientes de filtración elevados, incluso para condiciones desfavorables de interacción partícula gránulo⁴.

En este trabajo se estudia la eficiencia de filtración de magnetita en función de la granulometría del grafito. Se analizan también los valores de pérdida de carga con respecto al volumen específico de depósito en el filtro para obtener información sobre la morfología del mismo.

Experimental

El sistema de filtración y la técnica utilizada ha sido descripta previamente³.

Las suspensiones se prepararon utilizando magnetita BDH en concentraciones alrededor de 8 ppm en H_2O , HNO_3 , $OHNa$ y $NaNO_3$ $10^{-3}M$.

La densidad del grafito, 1,87 g/ml, se determinó por picnometría con agua.

Se utilizaron tres granulometrías de grafito: 14-18 (1,0-1,4 mm), 18-25 (0,71-1,0 mm) y 25-35 (0,50-0,71 mm). El diámetro medio de gránulo se calculó a partir de su densidad y el peso de un número determinado de partículas.

Se analizaron muestras de magnetita y de magnetita depositada sobre grafito utilizando un microscopio electrónico de transmisión Philips EM300.

Resultados y Discusión

1.- Porosidades

La Figura 1 muestra las pérdidas de carga Δp por unidad de longitud L del lecho en función del caudal q para las tres granulometrías consideradas. En todos los casos se verifica el comportamiento del flujo laminar dado por la ecuación de Blake-Kozeny:

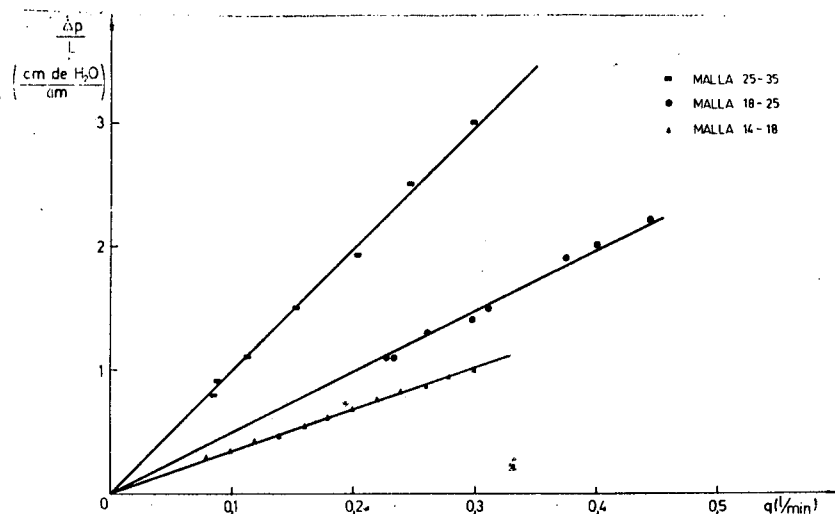


Figura 1. Caracterización de lechos granulares de grafito

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{150 q \mu}{A d_p^2} \frac{(1-\epsilon_0)^2}{\epsilon_0^3} \quad (1)$$

donde ϵ_0 es la porosidad del filtro limpio, μ la viscosidad del agua, d_p el diámetro del gránulo y A la sección del filtro.

La Tabla 1 muestra las porosidades de cada uno de estos lechos calculada a 22°C a partir de las pendientes de la Figura 1 y la ec.(1). Se puede observar que no hay una variación apreciable de la porosidad con el tamaño del gránulo.

Tabla 1.- Porosidades iniciales, coeficientes de filtración y eficiencias de colector esférico ($d = 4 \times 10^{-4}$ cm).

d_p (cm)	ϵ_0	λ (cm ⁻¹)	η_{exp} X10 ³	η_G X10 ³	η_D X10 ⁵	η_I X10 ⁵
0,115	0,35	0,047±0,014	5,63	3,8	1,9	0,21
0,086	0,37	0,14 ±0,01	12,9	3,8	2,6	3,2
0,058	0,38	0,18 ±0,02	11,4	3,8	6,7	7,1

2.- Coeficientes de filtración

El coeficiente de filtración se define como:

$$\lambda = - \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial L} \quad (2)$$

donde c es la concentración de la suspensión a la longitud L .

λ varía durante el transcurso de la filtración con el depósito en el lecho, sin embargo, puede considerarse constante para el rango tan bajo de fracciones de volumen de sólido depositado.

En la Tabla 1 se muestran también los coeficientes de filtración promedio de varias filtraciones para cada una de las granulometrías utilizadas. Debe destacarse que la dispersión en λ obtenida es una consecuencia de la dificultad en reproducir la misma distribución de tamaño de las partículas debida a la agregación producida por interacciones magnéticas.

La Tabla 1 muestra también los valores de eficiencia de colección (relación entre la velocidad de las partículas que chocan con la superficie respecto de la velocidad con que fluyen hacia él) para colectores esféricos calculadas para Fe_3O_4 de 4×10^{-4} cm de diámetro d , de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\eta_{\text{exp}} = \frac{2}{3} \lambda \alpha \frac{d_p}{\epsilon_o} \quad (3)$$

$$\eta_D = 0,9 \left(\frac{kT}{\mu d_p d v_o} \right)^{2/3} \quad (4)$$

$$\eta_G = \frac{(\rho_p - \rho) g d^2}{18 \mu v_o} \quad (5)$$

$$\eta_I = \frac{3}{2} (d/d_p)^2 \quad (6)$$

donde α es el factor de eficiencia de choque, en este caso considerado unitario debido a que la interacción superficial no influencia en forma apreciable la colección⁴.

η_{exp} , η_D , η_I son las eficiencias de colección experimentales y gobernadas por mecanismos de difusión, sedimentación y de intercepción respectivamente, v_o la velocidad del líquido, k la constante de Boltzman, T la temperatura y g la aceleración de la gravedad.

Se puede apreciar que las η_{exp} son del mismo orden de magnitud que η_G , no pudiendo esperarse mayor concordancia debido a la amplia dispersión de tamaños de la magnetita. De acuerdo con la ecu. (6) el mecanismo de intercepción se hace predominante cuando d aumenta, lo que ocurre para agregados más grandes, mientras

que el mecanismo difusional sólo se hace apreciable para partículas menores de 10^{-4} cm (ec.4).

Una conclusión muy importante desde el punto de vista práctico es que la retención parecería ser independiente de la naturaleza de la partícula en suspensión, a menos que se produzcan interacciones superficiales muy fuertes⁷, dependiendo sólo de su tamaño. Esto permitiría hacer predicciones para sistemas más complejos y optimizar el diseño del filtro en dichas condiciones.

3.- Pérdidas de carga

La Figura 2 muestra las pérdidas de carga por unidad de longitud en función de la fracción de volumen ocupada por el sólido σ para las tres granulometrías utilizadas.

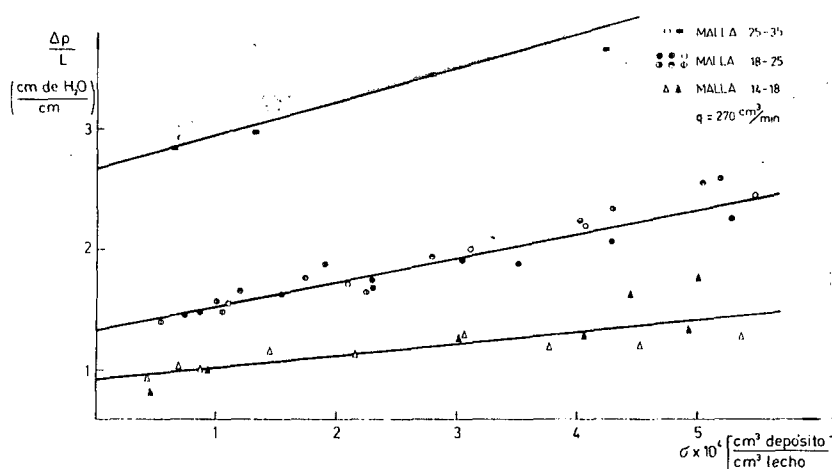


Figura 2.- Filtración de suspensiones acuosas de $\text{Fe}_3\text{O}_4 \sim 8$ ppm.

Se puede observar que en todos los casos, de acuerdo a lo encontrado previamente, la relación es lineal.

$$\frac{\Delta P}{L} = \left(\frac{\Delta P}{L} \right)_0 + b \sigma \quad (7)$$

La pendiente b es mayor cuanto menor es la granulometría del grafito, según lo indicado por la ecuación de Poiseuille respecto de la variación de la pérdida de carga con el radio del tubo a través del cual circula el fluido.

Los resultados que se muestran en la Figura 2 permiten optimizar la selección de la granulometría del lecho para una suspensión filtrante del tipo de la magnetita.

Para dos filtros de longitudes L_1 y L_2 y coeficientes

de filtración λ_1 y λ_2 , a igualdad de eficiencia de retención $E = 1 - \exp(-\lambda L)$ se verifica:

$$L_1 \lambda_1 = L_2 \lambda_2 \quad (8)$$

Con los valores de λ dados por la Tabla 1, las pendientes b de la Fig. 2 y las ecs. (7) y (8), se deduce que incluso aumentando L en 29% para lograr igual cantidad de sólido depositado, la pérdida de carga para la granulometría 18-25 es siempre menor que para la 25-35. La comparación con la granulometría 14-18 es realmente desfavorable para este último caso como consecuencia de su bajo coeficiente de filtración.

Se puede concluir que la granulometría óptima para este sistema es la 18-25.

4.-Morfología del depósito

Se realizaron filtraciones utilizando la granulometría óptima 18-25 a fuerza iónica constante $10^{-3}M$. La Fig. 3 muestra resultados de pérdida de carga en función del depósito específico de sólido y los coeficientes de filtración correspondientes. La recta de trazos indica los valores para el agua. Se puede observar que independientemente de λ , las suspensiones en HNO_3 y en $NaOH$ tienen aproximadamente la misma pendiente que para H_2O , mientras que en $NaNO_3$ b es mucho menor, lo que indica posiblemente un depósito más compactado y con menor efecto de obstrucción.

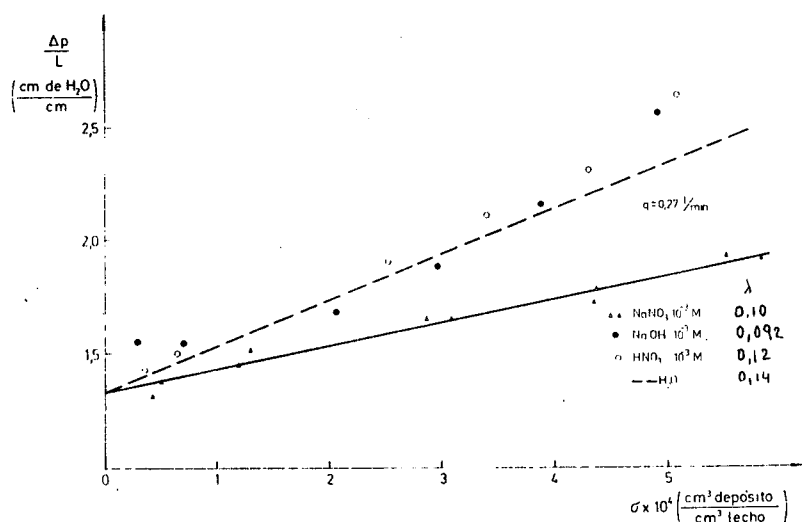


Figura 3. Influencia del medio en la filtración de suspensiones acuosas de $Fe_3O_4 \sim 8$ ppm.

La reducción de λ en HNO_3 y en $NaOH$ respecto del H_2O es una consecuencia del incremento de las fuerzas de repulsión

$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-C}^4$. La reducción de λ en NaNO_3 sólo se puede interpretar como consecuencia de una mayor compactación aparente del depósito. Este efecto podría atribuirse en forma tentativa a una mayor distancia entre las partículas de Fe_3O_4 y C consecuencia de la reducción del ancho de la atmósfera iónica al aumentar la concentración del electrolito.

Mediante las ecuaciones (1) y (7) y los valores experimentales se pudo calcular la porosidad del lecho para las diversas filtraciones realizadas. La relación $a = (\epsilon_a - \epsilon) / \sigma$ da una medida del efecto de obstrucción del sólido. Para H_2O , HNO_3 y NaOH $a = 110$, mientras que para NaNO_3 $a = 60$.

El análisis de gráficos del tipo de la Fig. 3 haría posible realizar estimaciones respecto de la morfología del depósito para una dada granulometría del lecho, así como también permitiría optimizar el control químico del sistema de limpieza.

5.-Conclusiones

Se ha logrado:

- a) determinar la granulometría óptima de operación del filtro,
- b) indicar la contribución más importante al mecanismo de depósito y
- c) establecer una relación entre morfología del depósito y variación de la pérdida de carga en el filtro.

Referencias

- 1.- Heathcock, R.E. y Lacy, C.S. Graphite Beds for Coolant Filtration. at High temperature. BNES Int. Conf. Water Chem. of Nuclear Reactors Systems, p. 265 Oct. (1977).
- 2.- Darras, R. Dolle, L. Chenouard, J. y Laylavoix, F. Recent Improvements in the Filtration of Corrosion Products in High Temperature Water and Application to reactor Circuits. BNES Int. Conf. Water Chem. of Nuclear Reactor Systems, p.295 Oct. (1977).
- 3.- Barbieri, R. Blanco, E.K.de., Grosso, R. y Liberman, S.J. Filtración de suspensiones Acuóas de Magnetita a Través de Lechos Granulares de Grafito a Temperatura Ambiente. VIII Reunión Científica Asociación Argentina de Tecnología Nuclear. Buenos Aires Noviembre (1979).
- 4.- Barbieri, R. Bercovich, E.J. y Liberman S.J. Influencia de la Interacción Superficial en el Depósito de Magnetita en Filtros Granulares de Grafito. XV Sesiones Químicas Argentinas. Tucumán Sept. (1980).
- 5.- Ives, K.J. Research on Deep Filters. Trans. Instn. Chem. Engrs. 43, 1238. (1965).
- 6.- Yao, K.M. Habibian, M.T. y O'Melia, C.R. Water and Waste Water Filtration: Concepts and Applications. Environ. Sci. Technol. 5, 1105 (1971).
- 7.- Tien, C. y Payatakes, A.C. Advances in Deep Bed Filtration. AIChE 25, 737 (1979).