

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES MESOPOROSOS POLIFUNCIONALIZADOS PARA EL PRETRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA MINERA

Ramírez Mata Ilse Alejandra (1), Salazar Hernández Ma. Mercedes (2)

1 [Programa educativo de Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] Dirección de correo electrónico [mata36_@hotmail.com]

2 [Departamento de Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] Dirección de correo electrónico: [merce@ugto.mx]

Resumen

La sílice mesoporosa triamino modificada denominada UGM-triamin, ha mostrado en sistemas de Cu-CN la capacidad de remoción del Cu(I) y la destrucción del CN en el sistema. El presente trabajo evalúa la capacidad de adsorción y destrucción de cianuro de una sílice mesoporosa triamino modificada obtenida a partir de Si(OH)₄. Se observando una capacidad de destrucción del cianuro en un 95 %.

Abstract

The mesoporous silica polyamine modified."UGM-triamin" has shown the capacity of remove to Cu(I) and destruction of cyanide in the system. This study evaluates the adsorption capacity and cyanide destruction with triamine modified mesoporous silica obtained from Si(OH)₄. A capacity of cyanide destruction is observed in 95%.

Palabras Clave

Cianuración; argentífero; sílice porosa.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la Recuperación de Metales Preciosos (oro y plata) la cianuración es uno de los principales procesos que se utilizan en México y en el mundo. El proceso de cianuración se aplica al oro nativo, plata o distintas aleaciones entre estos, que son solubles en soluciones de cianuro alcalinas diluidas. [2] Este proceso es relativamente simple y económico, consiste básicamente en colocar durante un periodo de tiempo determinado (hasta 72 hrs), la mena en contacto con una disolución básica de NaCN en presencia de O₂, el cual puede provenir de un sistema simple de aireación. [2]

Aun cuando la cianuración es un proceso relativamente simple, en esta pueden ocurrir un gran número de reacciones colaterales, las cuales básicamente causan la pérdida del cianuro (cianicidas) o bien desfavorecen la disolución del metal. Una de las especies que ocasionan reacciones cianicidas (consumidoras de cianuro) y que afectan en gran medida este proceso, es la presencia de especies de cobre en las menas, este metal presenta una velocidad de cianuración mayor a la del oro y la plata, lo que provoca un alto consumo de cianuro en el sistema además de una serie de problemas en la recuperación de los metales preciosos, es por ello que menas con un contenido de cobre ($\geq 0.5\%$) no son cianuradas. [1,2]

Entre los problemas que ocasiona el Cu en el proceso de cianuración se encuentra por ejemplo:

- 1.- Alto consumo de Cianuro en el proceso, debido a la mayor velocidad de Cianuración del cobre que los metales preciosos.
- 2.- Alto consumo de Zinc en el proceso de Merrill-Crowe, por la reducción del cobre presente en el sistema.

Recientemente se han propuesto el uso de materiales adsorbentes de sílice como posibles adsorbentes de los complejos $[\text{Cu}(\text{CN})_x]^{1-x}$ [3]. En estos trabajos, los materiales porosos de sílice permiten la remoción de Cu (I) en los sistemas hasta en un 90% [3,4]. Arenas y col. estudiaron la

remoción de Cu (I) en sistemas acuosos con materiales híbridos poliaminofuncionalizados de sílice denominados UGM-triamin; estos materiales fueron obtenidos mediante procesos no acuosos y precursores poco convencionales como son alcóxidos de silicio derivados del dietilenglicol[4], en estos trabajos se ha demostrado la capacidad de estos materiales para la remoción de Cu (I) con una capacidad máxima de 7.54 mg^{-1} y se ha observado la destrucción del cianuro durante el proceso de adsorción de Cu(I) [4].

El presente proyecto considera el estudio de la destrucción del cianuro y remoción de Cu(I) con sílice mesopora modificada con grupos triamino (MS-triamin).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados en este proyecto para la síntesis de la sílice MS, fueron Pluronic P-123 y N-propildietiltri aminotrimetoxisilano grado reactivo de la casa comercial Sigma Aldrich y silicato de sodio grado industrial.

Síntesis de la MS y modificación con grupos N-propildietiltri amino (MS-triam)

La síntesis de la sílice mesoporosa (MS), se realizó mediante proceso sol gel utilizando como precursor $\text{Si}(\text{OH})_4$ generado a partir de silicato de sodio y una columna de intercambio iónico, utilizando Pluronic P-123 como tamiz molecular. La obtención de la MS-triam se realizó mediante técnicas de postsíntesis utilizando como precursor del grupo orgánico el N-propildietiltri aminotrimetoxisilano.

Estudios de Adsorción de Cu(I)

Los estudios de adsorción de Cu(I) se realizaron por duplicado, colocando 0.1g del material (UGM-triam y/o MS-triam) con 10 mL de una solución sintética de Cu(I) de 250 ppm construida con CuCN/KCN. Se determinó la concentración

residual de Cu(I) en la solución a los 0,2,6,8,15 y 20 minutos de contacto.

Estudios de Remoción del CN en soluciones de Cu-CN

Los estudios de la destrucción del cianuro, se realizaron determinando la concentración del cianuro libre en la disolución de Cu-CN utilizada en los estudios de adsorción de Cu(I) mediante electrodo selectivo de cobre y la determinación del cianuro total por destilación.

Estudios de Remoción del CN en soluciones de KCN

Se determinó la concentración del CN⁻ en la solución a 2, 6, 8, 15 y 20 minutos de contacto. Se colocó 0.1 gr del material (MS-triam o UGM-triam) con 10 ml de KCN a 50 ppm de CN⁻. La concentración del cianuro en la solución se determinó por titulación volumétrica con nitrato de plata utilizando rodamina como indicador para el punto final de la titulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1, muestra los espectros de FTIR comparativos de la MS y la MS-triamin, en donde se observan las vibraciones orgánicas de νC-H y δC-H para la sílice modificada a 2900-2800 y 1400-1000 cm⁻¹ confirmándose el anclaje del grupo triamino en la sílice; mientras que las vibraciones de la red de νSi-O-Si, δSi-OH y δSi-O se observan a 1080, 981 y 804 cm⁻¹ respectivamente, ambos materiales muestran una vibración a 1650 cm⁻¹, que corresponde a agua fisisorbida.

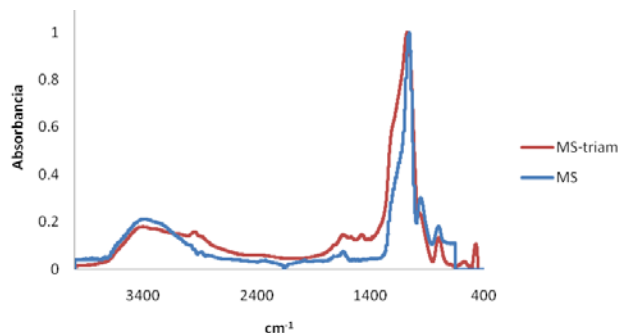


Figura 1. Espectros de FTIR comparativos de la MS y la MS-triamin.

Los estudios de fisisorción de N₂ de la MS se muestran en la Figura 2, en donde se observa una sílice mesoporosa con una isoterma tipo IV de acuerdo a la IUPAC con un área superficial de 977 m²g⁻¹, un volumen de poro promedio de 1.1cm³g⁻¹ y un diámetro promedio de 4.6 nm. El análisis de la distribución de poros por el modelo de BJH, muestra un poro mayoritario a 3.4 nm y una segunda distribución de poros a 5.5 nm.

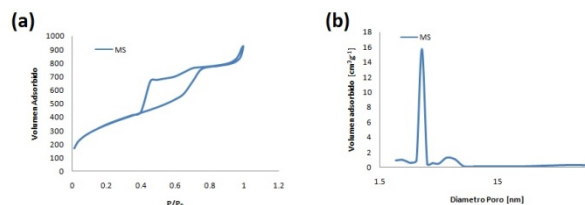


Figura 2. Estudios de Fisisorción de N₂ para la MS.

Los estudios de adsorción de Cu(I) con la MS-triamin, se muestran en la Figura 3, en donde se observa una carga al equilibrio de 12 mgg⁻¹, superior a la reportada para la UGM-triam y la SiO₂ mesoporosa de 7.5 y 8 mgg⁻¹ respectivamente[3,4]. El aumento en la carga observada en esta sílice se puede deber a la alta área superficial que presenta este material.

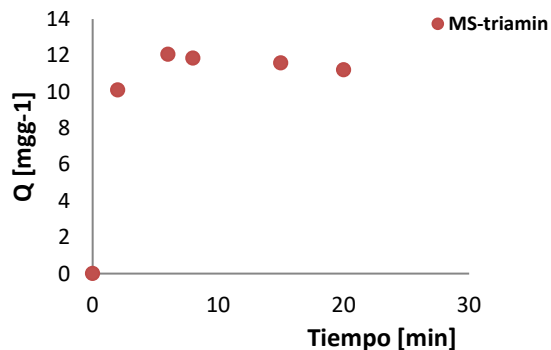


Figura 3. Estudios de Adsorción de Cu(I) con la MS-triamin.

La evaluación de la destrucción de cianuro en este sistema se muestra en la Figura 4, en donde se observa una disminución de la concentración inicial del cianuro en un 87.3 % a en los primeros 6 minutos de contacto y una disminución del 95.8% de la concentración del cianuro a los 20 minutos de contacto. Estos resultados muestran una rápida destrucción del cianuro presente en el sistema durante el proceso de adsorción de Cu(I).

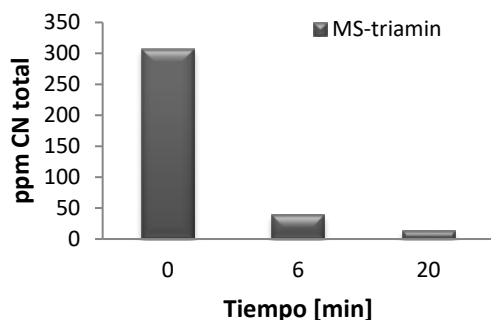


Figura 4. Estudios de la destrucción de cianuro total en los procesos de adsorción de Cu(I) con la MS-triamin en sistemas de Cu-CN en una relación 1:3.

La evaluación de la capacidad de destrucción del cianuro sin la presencia del cobre, se realizaron con soluciones de KCN de 50 ppm de CN. Se observó una caída de la concentración del cianuro en un 82.8 % a partir de los 15 minutos de contacto (Figura 5).

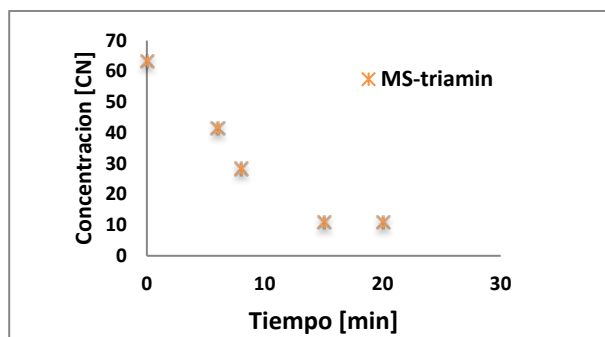


Figura 5. Estudios de la destrucción de cianuro en soluciones de KCN con la MS-triamin.

El análisis de los datos cinéticos de la destrucción del cianuro con la MS-triamin, mostró un ajuste al modelo cinético de primer orden con una constante de velocidad de 0.098 min (Figura 6). Se observó una buena correlación con el modelo al evaluar el tiempo de vida predicho por el modelo (7.1 min) con el tiempo de vida media experimental de 7.5 min.

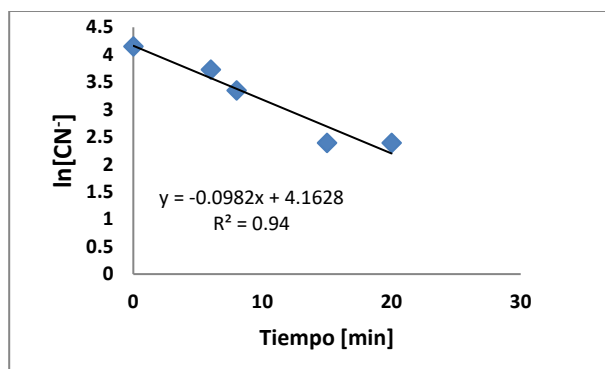


Figura 6. Estudio cinético de la destrucción de cianuro en soluciones de KCN con la MS-triamin.

La Figura 7, muestra el espectro de FTIR del sólido obtenido después del proceso de destrucción del cianuro. En donde se observa la ausencia de la vibración CN del cianuro a 2080 cm^{-1} , por lo que la destrucción de este en el sistema puede ser confirmado.

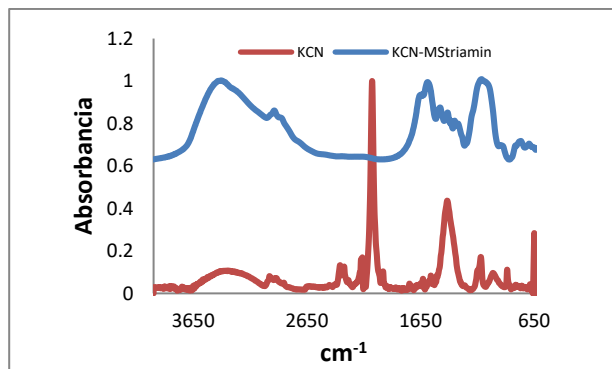


Figura 7. FTIR de KCN y el sólido residual obtenido de la solución de KCN con la MS-triamin.

Tesis para la obtención del grado de ingeniero metalúrgico;
Universidad de Guanajuato

CONCLUSIONES

La MS-triamin permite la remoción de Cu(I) en soluciones de Cu-CN con una relación de 1:3, presentando una carga al equilibrio de 12 mgg^{-1} . Este material permite la destrucción del cianuro presente en el sistema tanto en presencia de cobre como sin este. La cinética de destrucción del cianuro se lleva a cabo bajo un modelo cinético de primer orden con una constante de velocidad de 0.098 min^{-1} .

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo otorgado por la DAIP en el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Dai x., Simons A. Breuer P. (2012) A Review of Copper Cyanide Recovery Technologies for the Cyanidation of Copper Containing Gold Ores. *Minerals Engineering* (25) pp.1-13.
- [2] Habashi, F. (1967) "Kinetics and Mechanism of Gold and Silver Dissolution in Cyanide Solutions". Montana, Department of Metallurgy, Montana College of Mineral Science and Technology, pp. 42.
- [3] Salazar Hernández M. M., Salazar Hernández C., Elorza Rodríguez E., Juárez Ríos H. (2015). The use of Mesoporous Silica in the Removal of Cu (I) from the Cyanidation Process *J. Mater.Sci.* (50) pp.439-446.
- [4] Arenas Rivera Judith. (2015). Extracción selectiva de cobre de los efluentes acuosos del proceso de Cianuración de la industria minera