

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Flotación de minerales de plomo empleando colectores respetuosos con el medio ambiente

Karina Galache · Monday, February 28th, 2022

Categorías: Cuartil Uno, Ciencias Exactas, Sin categoría

En la actualidad se observa un agotamiento de los recursos minerales fáciles de procesar. En el caso particular del plomo, se prevé que en las próximas décadas se obtendrá de yacimientos mineralógicamente cada vez más complejos, parcialmente oxidados. Ante este panorama, es urgente la necesidad de estudiar el procesamiento de otras fuentes potenciales de plomo, como la cerusita (PbCO_3) y la anglesita (PbSO_4), las cuales se han detectado en yacimientos alrededor del mundo.

En México, la unidad minera Bismark (Ascensión, Chihuahua) recientemente localizó una zona de minerales oxidados de plomo (principalmente cerusita), los cuales están a la espera de ser explotados con éxito y a gran escala, por lo que es indispensable el desarrollo de estrategias y procesos para el aprovechamiento de estos filones de baja ley.

El beneficio de los minerales oxidados constituye un gran atractivo, debido a que muchas minas de sulfuro de plomo alrededor del mundo tienen importantes reservas de minerales oxidados, asociados con el depósito principal de sulfuro de plomo primario. No obstante, una de las grandes limitantes en su procesamiento es la respuesta deficiente que presentan frente a los xantatos (ROC(=S)S^-), colectores más comúnmente empleados en la flotación de sulfuros. Así, los minerales oxidados requieren un proceso de sulfuración de su superficie, previo a la etapa de acondicionamiento con el colector (generalmente xantato), mediante la instrumentación de prácticas estratégicas adicionales que consumen reactivos y tiempo, disminuyendo la eficiencia y productividad del proceso.

Por otro lado, las normas ambientales son cada vez más estrictas con el almacenamiento y manipulación de sustancias peligrosas, así como con la liberación de gases tóxicos a la atmósfera. Desafortunadamente, se ha demostrado que el xantato tiene impactos negativos en la seguridad, la salud y el medio ambiente, debido a su inestabilidad química y a la generación de disulfuro de carbono (CS_2), compuesto altamente tóxico e inflamable.

Los aspectos mencionados, motivaron a nuestro grupo de investigación encabezado por el doctor Alejandro Uribe Salas, investigador del CINVESTAV-IPN Unidad Saltillo, a la búsqueda de colectores que exhibieran un rendimiento superior y fueran respetuosos con el medio ambiente.

En un artículo publicado en la revista *Minerals Engineering* (2020, vol. 155), reportamos los resultados de un estudio en el cual se investigó el comportamiento de la flotación individual de galena (PbS), cerusita (PbCO_3) y anglesita (PbSO_4) sin sulfuración, utilizando como colectores alternativos al xantato, el ácido benzohidroxámico (BHA) y el ácido octanohidroxámico (OHA). Se efectuaron mediciones de espectroscopia UV/Vis para investigar el efecto del pH en la adsorción de ambos colectores en la superficie de estos minerales. Asimismo, se realizaron mediciones del ángulo de contacto para evaluar la hidrofobicidad impartida a los minerales. Además, se estimó la selectividad de ambos colectores hacia el cuarzo (SiO_2) y la pirita (FeS_2), especies minerales comúnmente encontradas como ganga. A la fecha, existe poca información en la literatura sobre el uso de hidroxamatos como colectores directos en la flotación de minerales sulfurados y oxidados de plomo, principal objetivo en el desarrollo de esta investigación.

En general, el colector OHA mostró un mejor desempeño en la flotación de galena, cerusita y anglesita, en comparación con lo observado con BHA. Este comportamiento quizá se deba a los enlaces menos fuertes con los sitios de plomo desplegados por el benzohidroxamato, en comparación con los desplegados por el octanohidroxamato. De forma similar, se obtuvieron ángulos de contacto mayores con OHA, en cotejo con los obtenidos con BHA. Como resultado, la alta hidrofobicidad se traduce en mayores recuperaciones, como lo muestran los resultados de microflotación.



Figura 1. Ángulo generado en el punto de contacto gas/sólido/líquido. PbCO_3 acondicionada con BHA (3×10^{-4} M): (a) pH 5, (b) pH 8 y (c) pH 10; PbCO_3 acondicionada con OHA (10^{-4} M): (d) pH 5, (e) pH 8 y (f) pH 10.

La anglesita demostró ser el mineral más difícil de flotar, lo que conduce a la conjetura de que es a causa de su alta solubilidad. Ésta requiere de dosis más altas de OHA y la presencia de sulfato como ion común (por ejemplo, para reducir su solubilidad), con el fin de lograr buenas recuperaciones en condiciones ligeramente ácidas. Además, las recuperaciones de cerusita y anglesita se vieron afectadas bajo condiciones alcalinas. El modelado termodinámico sugiere que el comportamiento observado se debe a la presencia de especies hidrofílicas en sus superficies, la hidrocerusita ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) y la leadhillita ($\text{Pb}_4(\text{CO}_3)_2(\text{SO}_4)(\text{OH})_2$).



Figura 2. Diagrama de distribución de especies a 25 °C abierto a la atmósfera (79.02% v/v N_2 , 20.94% O_2 , 0.035% CO_2) del sistema a) $\text{PbCO}_3\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-O}_2$ (10 g PbCO_3/L) y b) $\text{PbSO}_4\text{-H}_2\text{O-CO}_2\text{-O}_2$ (10 g PbSO_4/L).

El ácido octanohidroxámico demostró ser el colector más eficaz; no obstante, también exhibió una pérdida importante de selectividad frente a la pirita, aunque no ante el cuarzo, por lo que su uso dependerá de la naturaleza de la ganga presente en el mineral a tratar. Para encontrar una ventana más selectiva al empleo de OHA como colector, será necesario estudiar el comportamiento de algunos depresores (no tóxicos) de pirita. Por su parte, el BHA no flota al cuarzo ni a la pirita.

Los resultados fueron publicados en la revista *Minerals Engineering* (2020, vol. 155), los cuales forman parte del proyecto de investigación doctoral titulado “Colectores alternativos al xantato: Estudio de la adsorción de hidroxamatos sobre galena (PbS), cerusita (PbCO_3) y anglesita (PbSO_4) y evaluación de su respuesta a la flotación”, realizado por la Dra. Martha Araceli Elizondo Álvarez (egresada de CINVESTAV-IPN Unidad Saltillo) bajo la dirección del Dr. Alejandro Uribe Salas

(Investigador de CINVESTAV-IPN Unidad Saltillo).

Elizondo-Álvarez, M.A., Uribe-Salas, A., Nava-Alonso, F., Flotation studies of galena (PbS), cerussite (PbCO₃) and anglesite (PbSO₄) with hydroxamic acids as collectors. *Minerals Engineering*, 2020, 155, 106456.

<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106456>

This entry was posted on Monday, February 28th, 2022 at 4:26 pm and is filed under [Cuartil Uno](#), [Ciencias Exactas](#), [Sin categoría](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.