

BENEFICIO DE CAOLÍN PROCEDENTE DEL MUNICIPIO DE AGUA BLANCA POR FLOTACIÓN INVERSA: PRUEBAS PRELIMINARES

Claudia Verónica Tenorio Vargas, Felipe Legorreta García, Leticia E. Hernández Cruz

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Mineral de la Reforma Hidalgo; México.

felegorreta@hotmail.com

Resumen

En el municipio de Agua Blanca en el estado de Hidalgo, se encuentra un yacimiento abundante de caolín, éste, continúa ampliándose hasta el municipio de Huayacocotla, en el estado de Veracruz, sin embargo su valor económico es muy bajo debido a la calidad del mismo. En este trabajo se presenta una investigación bibliográfica del beneficio del caolín, haciendo énfasis en el amplio potencial que tiene el estado de Hidalgo para incrementar su desarrollo económico, aumentando el valor agregado de este material, siendo necesario un estudio de investigación aplicada. Una estrategia clave en el desarrollo de este proyecto, es que no se trabaja de manera aislada, sino que se está realizando un trabajo sinérgico entre instituciones gubernamentales (municipios), ingenieros con amplia experiencia en la ubicación y comercialización del caolín, alumnos y profesores investigadores, cada uno con una visión y aportación técnica y científica especializada.

Se presenta la manera en que se va a realizar la caracterización del mineral, las estrategias de investigación que se llevarán a cabo y los parámetros a estudiar.

El mineral de caolín dependiendo de su origen, está principalmente contaminado con diversas impurezas, tales como óxidos y sulfuros de fierro, minerales titano féreos, mica, feldspatos, materia orgánica, etc. Los trabajos preliminares de flotación; muestran una

mejora en la coloración del concentrado (se observan mas blancos) pero aun se tienen bajas recuperaciones en peso.

Introducción

El estado de Hidalgo posee importantes yacimientos de caolín que son explotados y procesados de manera muy rudimentaria. Como consecuencia el producto obtenido es un caolín de baja calidad.

El beneficio del caolín es considerado todo un reto en por los especialistas, debido a las importantes diferencias que existen entre los minerales de sulfuros metálicos en comparación con los minerales no sulfurosos, estas diferencias han sido descritas por Nagaraj y colaboradores [1], explicando además que la flotación en espuma de estos dos grupos de minerales se trata de diferente manera. Dentro de las principales diferencias se encuentran las siguientes:

- Diferente afinidad de reactivos de flotación; la química de superficie de los minerales sulfurosos esta básicamente regida por reacciones electroquímicas, mientras que para los minerales no sulfurosos, la química de superficie esta gobernada por intercambio iónico.
- Los minerales sulfurosos tienen muy poca diferencia en sus propiedades de superficie, sin embargo; en los minerales no sulfurosos las propiedades de superficie tienen importantes variaciones y por lo tanto las condiciones de flotación son mucho más específicas.

- Muchos minerales no sulfurosos están constituidos por lamas tales como arcillas u óxidos de fierro, esto presenta problemas en diferentes etapas del proceso, además es bien conocido que la presencia de las lamas causa inconvenientes en la flotación puesto que el consumo de colector incrementa notablemente debido a la alta área específica de las lamas, otros problemas son: el entrapamiento de partículas dentro de cúmulos de otras, la insolubilidad de la partículas finas, la viscosidad elevada y la dificultad en el espesamiento del producto.
- Puesto que la química de superficie de los minerales no sulfurosos está regida por intercambio iónico, la calidad del agua es muy importante (presencia de iones).
- La calidad de los productos de minerales no sulfurosos es mucho más estricta que aquella de los minerales de sulfuros metálicos.

Uno de los lugares abundantes de caolín en el mundo es el estado de Georgia en los Estados Unidos, el material de este lugar, ha sido investigado exhaustivamente durante décadas y han logrado obtener caolín de alta pureza; convirtiéndose en el mayor productor de caolín en el mundo [2]. Según el Servicio Geológico de este país, más de 8 millones de toneladas de caolín se extrajeron de las minas de Georgia en 1999, cuyas ganancias superan los \$ 1 mil millones.

Los procesos más comunes utilizados en México para procesar el caolín son: quebrado, molido, separado por hidrociclones, decantado, cribado en húmedo y secado generalmente a la intemperie. Si bien es cierto que el caolín tratado de esta manera incrementa su calidad, ésta última es raramente suficiente para la industria del papel o de la pintura, que exigen caolín con menor cantidad de impurezas. Una de las formas más importantes de determinar la calidad es la blancura según la norma ISO 3262-8 que determina la especificación y métodos de prueba de las arcillas naturales. La especificación mínima para arcillas hidratadas es de 85% ISO. Raghavan et al. han reportado que la blancura obtenida para el caolín ampliamente procesado y no calcinado, puede alcanzar máximo 90 % ISO [3].

El procesamiento del caolín con el fin de incrementar su pureza y por ende su blancura ha sido estudiado durante varias décadas [4,5]. Los trabajos científicos revisados, proponen cuatro métodos fundamentales: floculación, lixiviación, separación magnética de muy alta intensidad y flotación en espuma; un caolín de alta calidad y con recuperaciones en peso significativas, puede ser obtenido al combinar estos procesos, sin embargo para lograrlo se necesitan numerosas horas de investigación en laboratorio. La flotación de las impurezas del caolín (flotación inversa), ha sido ya reportada por Duke et al. 1951, Greene et al. 1961, Iannicelli et al. 1965 [4-9].

En diversos trabajos científicos, se ha publicado que la dispersión es una etapa crucial que debe aplicarse antes de la flotación [4,7-16]. Ésta es una etapa indispensable debido a que la distribución de tamaños del caolín es muy fina de tal suerte, que frecuentemente se forman conjuntos de partículas, dentro de las cuales se quedan atrapadas otras y no se logra el contacto mineral – reactivo .

En la mayoría de los trabajos de investigación consultados, los autores realizan la dispersión a muy altas revoluciones (28000 rpm) y a 50 %; sin necesidad espumante, sin embargo la flotación se realiza a 20% en peso.

En estudios recientes referentes al beneficio del caolín por flotación, cuya cabeza son las colas de un proceso anterior de separación magnética de muy alta intensidad, se han aplicado como dispersantes al silicato de sodio, carbonato de sodio, policarboxilato, policrilato y otros reactivos de la empresa CYANAMID, con dosificaciones de 1 a 3 kilogramos por tonelada [9,10]. Los primeros reactivos utilizados para la flotación de las impurezas (minerales titanio féreos) fueron los quelatos [9]; posteriormente otros estudios pusieron en evidencia que los hidroxamatos exhiben mejor selectividad y no necesitan un espumante para la formación de burbujas [10-16]. Ambos, un hidroxamato y una enérgica agitación son necesarias para efectuar una flotación con buenos resultados.

En la sección consecuyente, se presentan las estrategias de investigación que involucra un muestreo in situ en minas de caolín, del municipio de Agua Blanca, la caracterización del material y los efectos de los parámetros a estudiar en el proceso de flotación a fin de obtener productos cuya pureza incremente su valor agregado, y con una calidad que le permita ingresar al producto en el mercado del papel y de la pintura entre otras industrias.

Materiales y/o Procedimiento Experimental

Muestreo

Diversas visitas de campo a las zonas caoliníferas del municipio de Agua Blanca y a la presidencia municipal, serán realizadas a fin de muestrear y contar con los permisos correspondientes de la presidencia; un ingeniero experto en la ubicación de las diferentes calidades del caolín será quien nos guiará a los lugares idóneos para la toma de muestras. Las técnicas de muestreo serán dirigidas por investigadores del AACTyM. Las muestras serán identificadas mediante un registro y se asignará una ubicación de coordenadas mediante un GPS.

Caracterización

- Para efectuar la caracterización se utilizará el microscopio electrónico de barrido de la marca Jeol, modelo JSM-6300, para observar la morfología de la muestra y un análisis cualitativo por EDS.
- Un equipo de difracción de rayos X para caracterizar las fases cristalinas presentes,
- Una serie de tamices para un análisis de tamaño de partícula, y para las partículas finas, un equipo Beckman & Coulter, modelo LS-13320; que determina el tamaño

promedio y la distribución de las partículas suspendidas en un medio líquido (agua desionizada).

- Un Espectrofotómetro de Plasma (ICP), Perkin Elmer, Optima 3000 XL, y un espectrofotómetro de Absorción Atómica, Perkin Elmer, 2380, para realizar el análisis químico de las muestras.

Preparación mecánica

Se utiliza como materia prima, en las pruebas preliminares mineral de caolín de muy baja calidad y por lo tanto de un color muy amarillo tendiendo a café. El material que se encuentra húmedo y en terrones de entre 0.5 y 5 kilogramos, los terrones grandes, son reducidos de tamaño por medio de cincel y martillo, no se usó una quebradora debido a la plasticidad del mineral, el cual podía atascarse, además de contaminarse. Los pequeños trozos obtenidos se agregan a una celda de flotación Marca Denver adicionando agua hasta obtener una pulpa homogénea. La pulpa es vaciada lentamente en una criba #80; el producto a -80 # es la materia prima para la flotación. La pulpa se separa en lo posible del agua mediante filtros marca Sepor, utilizando aire, posteriormente el material es secado en una estufa a 100°C durante 8 horas.

Pruebas de flotación

Inicialmente se realizó una dispersión con silicato de sodio aplicando una dosis de 3 k/ton, realizando entonces la subsecuente prueba de flotación de anatasa (TiO_2), del caolín, a 20 % de sólidos utilizando ácido graso como colector (2.5 kilogramos por tonelada), acondicionando 30 minutos, se emplea un espumante frother a una dosis de 0.5 k/ton, durante el acondicionamiento del espumante (10 min) se agrega hidróxido de sodio para modificar el pH de la pulpa y mantenerlo entre 9 y 10, tal y como en un momento fue

propuesto por Yoon y colaboradores [11]. Sin embargo, los resultados (no presentados) no fueron significativos.

Dispersión

La dispersión se realiza a 35 % de sólidos en peso, adicionando el dispersante CYQUEST de la empresa CYANAMID a una concentración de 2 kilogramos por tonelada de caolín; para la agitación se utilizó una maquina marca Denver a 1700 rpm durante 1 hora. La segunda etapa del proceso es la flotación, en esta etapa, la pulpa dispersada, es diluida a 20% de sólidos en peso y se agregan de 1 a 2 kilogramos por tonelada de AERO 6423, la pulpa se acondiciona durante 30 minutos. La tabla 1 indica los parámetros del proceso de dispersión y flotación.

Proceso	Tiempo de acondicionamiento (minutos)	% sólidos en peso	Tipo de reactivo	Concertación del reactivo (K/Ton)
Dispersión	60	35	CYQUEST	2
Flotación	30	20	AEROFLOAT	2

Tabla 1. Parámetros de dispersión y flotación del caolín en celda de flotación marca Denver.

Resultados y Discusión

Gracias a las pruebas realizadas, hemos diseñado proceso para de elaborar una pulpa de una manera práctica.

Se obtuvo 1.2% en peso del material que quedó en la malla 80, este material es principalmente sílice y materia vegetal.

En los primeros resultados en donde se pretendió flotar el caolín a un pH de 10, los análisis químicos del concentrado y colas (no presentados) son muy similares y la recuperación en peso es de 50%.

Conclusiones

1. Es necesario crear nuevas tecnologías que nos permitan impulsar el potencial del caolín del estado de Hidalgo, promoviendo así, el desarrollo económico regional.
2. Si bien es bien conocido que el color amarillo del caolín se debe a las impurezas de los minerales titano féreos; una caracterización física y química de las muestras de partida es definitivamente necesaria para determinar la totalidad de especies y en su caso cuáles son los procesos que se deben incluir.
3. El uso de la flotación del caolín utilizando ácido graso como colector, presenta baja selectividad y por lo tanto presenta bajas recuperaciones.
4. Un proceso imprescindible que debe de llevarse a cabo es la dispersión de la pulpa, este proceso ayuda a un mejorar el contacto mineral – reactivo, haciendo eficiente la flotación.
5. Varios autores coinciden en que el uso del hidroxamato como colector de las impurezas del caolín (flotación inversa) resulta ser mas selectivo que el ácido graso.
6. De acuerdo con la literatura científica, los parámetros a estudiar en el proceso de flotación son: dosificación de los reactivos, tiempos de acondicionamiento, revoluciones por minuto de la etapa de dispersión y %de sólidos en el proceso de dispersión.

Agradecimientos

Agradecemos a FONDOS Mixtos por los recursos otorgados.

Referencias

- [1] NAGARAJ, D. R., et al., "Non-Sulfide Mineral Flotation: An Overview", Proceedings of Symp. Honoring M. C. Fuerstenau, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, CO, 1999 pp.
- [2] MATHUR, S., Kaolin flotation. Journal of Journal of Colloid And Interface Science 256. 2002, 153-158 pp.
- [3] RAGHAVAN, P., CHANDRASEKHAR, Sathy, DEMODARAN, A.D., Value addition of paper coating grade kaolins by the removal of ultrafine colouring impurities. Internacional Journal of Mineral Processing 50. 1997. 307-316 pp.
- [4] CUNDY, E. K., Processing of clay US Pat. 3. 1969. 450,257 pp.
- [5] DUKE, J.B., Clay Brightness by flotation US Pat. 2, 894.628. 1959. ALDRICH, C. FENG,
- [6] LEEK, T.G., 1951. Flotation process for whitening clay. US Pat. 2,569,680.
- [7] GREENE, E.W., DUKE J.B. HUNTER, J.L. Froth flotation method. US Pat. 2,990.958. LANNICELLI, J., 1965. Kaolin clay beneficiation. US Pat. 2,990.958
- [8] LANNICELLI, J., 1965. Kaolin clay beneficiation. U.S Pat. 3,224,582. 1961.
- [9] RAGHAVAN, P., CHANDRASEKHAR, S. VOGT, V. GOCK, E., SURESH, N., Additional Investigations on the Separation of Titaniferrous Impurities from kaolin by High Shear Pretreatment and froth flotation – Part I. Applied Clay Science. 2007. 38,33-42 pp.

- [10] RAGHAVAN, P., CHANDRASEKHAR, S. VOGT, V. GOCK, E., SURESH, N., Additional Investigations on the Separation of Titaniferrous Impurities from kaolin by High Shear Pretreatment and froth flotation – Part II. Applied Clay Science. 2008. 42, 50-56 pp.
- [11] YOON, R.H., and HILDERBRAND, T.M., Purification of kaolin clay by front flotation using hydroxamate collectors. US Pat. 4,629,556. 1986.
- [12] YOON, R.H., NAGARAJ, D.R. WANG S.S., HIDERBRAND, T.M.,. Beneficiation of kaolin clay by front flotation using hidroxamate collectors, Minerals Engeneering 5(3-5). 1992. 457-467 pp.
- [13] BASILIO, C., LOWE, R.A., GORKEN, A., MAGLIOCCO, L., HAGY, R., Modifiel Hydroxamate collectors for kaolin floration. Proc. XXI Int. Mineral Processing Congress, IMPC, Rome, Italy. 2000. 51-55 pp. C8b.
- [14] ENGEL, M.D., MIDDLEBROK, P.D., JAMESON, G.J., Advances in the study of high intensity conditioning as a means of a means of improving mineral flotation performance Minerals Engineering 10 (1). 1997. 55-68 pp.
- [15] LUZ, A.B., YILDIRIM, I., YOON, R.H. Purification of Brazilian kaolin clay by flotation. Proc. XXI Int. Mineral Processing Congress, IMPC, Rome, Italy, 2000. 79-83 pp. C8b.
- [16] RAGHAVAN, P., CHANDRASEKHAR, Sathy, VOGT, V., GOCK, E., Separation of titaniferrous impurities from kaolin by high shear pretreatment and froth flotation. Applied Clay Science 25. 2004. 111-120 pp.