

GONZÁLEZ, VICTOR: «La industria extractiva y el ambiente», Boletín de Minas, vol. 27, no. 3, Lisboa, 1990.

GONZÁLEZ OTERO, L.M.: *Rehabilitación funcional de áreas minadas a cielo abierto como premisa para la optimización del medio ambiente cubano*, II Activo de protección del Medio Ambiente del MINBAS, 1989.

GUARDADO LACABA, RAFAEL: *Ingeniería Geológica, Ingeniería Petrológica*, 2da ed., Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, Cuba, 1988.

———: *Guía Metodológica para la confección de Mapas Ingeniero Geológicos*, ISMMM, Moa, Cuba, 1986.

HENDRY, M. and P. BACÓN: *Hurricane Impacts on Caribbean beaches, the development of a data base and guidelines for coastal area planning and management*, 12 th. Caribbean Geological Conference, agosto, 1989.

HONTORIA GARCÍA, E.: «Establecimiento de un modelo de descontaminación por lavado de las calzadas urbanas», *Revista de Obras Públicas*, no. 13, pp. 247, 1986.

JOCKSON, R.E.: *La pollution et la prediction des formation aquifer. Nature et ressources*, UNESCO, vol. XVIII, no.3, jul.-sep., 1982.

JUÁREZ BADILLO, ALFONSO RICO: *Mecánica de Suelos*, t.I y II, 9na ed., México, 1986.

KOZLOVSKY, E.A.: *Geological Problems of Enviromental protection*, 27th International Geological Congress, pp. 162., agosto, Moscú, 1984.

MILLER, U.: *Elementos-sustancias contaminantes en sistemas ecológicos como objetivo de las investigaciones geográficas*, Colombia Geográfica, vol. 14, no. 2, pp. 7.

REICHE, R.H.: *Desertification in the Sahel: The exposing of the Old Erg of and Earlier Sahelian, Cattle-Breeding, Natural Recources and development*, vol. 30, pp. 104, 1989.

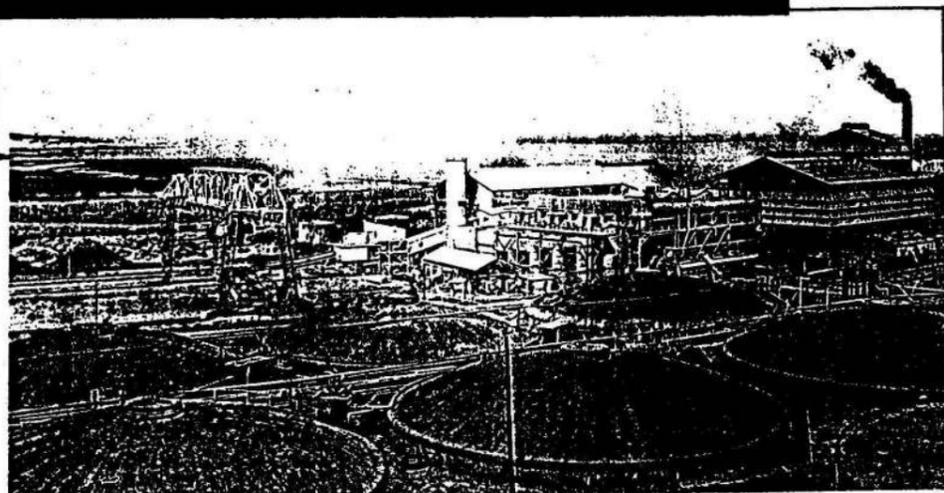
RIBERÓN ZALDIVAR, BEATRIZ: *Estudio de las particularidades ingeniero-geológicas del sector Playa La Vaca de Moa*, Informe Geotécnico, ISMM, 1991.

Saneamiento en barrios suburbanos: una necesidad, Politécnica, vol. 10, no. 31, Ecuador, 1985.

VENKATESH, S.: *Model simulations of the drif and spread of the Exxon Valdes Oil. Atmosfere Ocean*, vol. 28, no.1, 1990.

WALTHAM, T.: *Catastrophe. The Violent Earth*, Mc Millan, London, 1978.

**ACERO
PARA EL DESARROLLO**



Caracterización de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guam y su empleo en la fundición

Ing. José A. Pons Herrera
Ing. Oneysis Pérez Valdés
Ing. Beatriz Ramírez Serrano
María Caridad Ramírez Pérez

Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN: Se ofrece la caracterización de esta materia prima con grandes posibilidades de aplicación como material refractario, lo cual queda demostrado al evaluarse su uso como mortero y hormigón en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.

ABSTRACT: A study of the ferrocaolinites-gibbsites clays from Cayo Guam zone is presented. The characterization of this raw material which possesses great possibility as refractory material are also shown. These possibilities were demonstrated with the evaluation as refractory mortar and concrete in the foundry workshop at the Mechanical Enterprise of Nickel.

Las plantas metalúrgicas, por sus características, constituyen una de las industrias que mayor cantidad de productos refractarios consumen, los cuales elevan considerablemente los costos de producción. La mayoría de estos materiales refractarios se adquieren en el extranjero con el consiguiente gasto de divisas. Sin embargo, en el país existen importantes recursos minerales con determinadas propiedades refractarias que pueden ser utilizados, preparándolos adecuadamente, en sustitución de gran parte de los productos refractarios que consumen las principales empresas del país.

En Cuba, la parte norte de la región oriental ha sido objeto de estudio por diferentes investigadores y se cuenta con importante información geológica sobre sus principales recursos minerales.

Específicamente, en la región de Moa existen importantes recursos minerales entre los que se encuentran las arcillas refractarias relacionadas con las cortezas de intemperismo bauxíticas, las cuales han sido investigadas por varios autores (Camacho y otros, 1993; Jeréz y otros, 1995; Pons y Leyva, 1996). Estas arcillas se localizan principalmente en las zonas de Centeno y Cayo Guam.

Las arcillas ferrocaolínicas gibbsíticas de la zona de Centeno se caracterizaron y evaluaron como material refractario en el taller de fundición de la Unión del Níquel de Moa, obteniéndose buenos resultados en el revestimiento de cazuelas de vertido y en algunas partes del horno de arco eléctrico (Pons y otros, 1996). Sin embargo, las reservas de arcilla refractaria localizadas en la zona de Cayo Guam no habían sido lo suficientemente estudiadas con vistas a su utilización en la industria como material refractario, aunque con los trabajos de Camacho y otros (1993) y de Jeréz y otros (1995) se amplió significativamente el conocimiento geológico sobre estas reservas.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las arcillas ferrocaolínicas gibbsíticas de la zona Cayo Guam, así como evaluarlas tecnológicamente con vistas a su utilización como mortero y hormigón refractario en los talleres de fundición.

Selección y preparación de la materia prima

Las muestras seleccionadas se tomaron de un afloramiento artificial de grandes taludes, situado en la zona de Cayo Guam, a un kilómetro aproximadamente de la carretera Moa-Baracoa. Posteriormente se sometieron a un proceso de homogeneización mediante el método del cono y el anillo, lo que permitió alcanzar la representatividad necesaria de las muestras que serían sometidas a diferentes análisis y pruebas experimentales.

Una vez homogeneizadas, las muestras se secaron a una temperatura de 300 °C y se les realizó un tratamiento mecánico con el objetivo de alcanzar la granulometría requerida para su empleo como mortero y hormigón refractario.

Antes y después del proceso de preparación mecánica de las muestras se realizó el análisis granulométrico para determinar el porcentaje obtenido en las clases de tamaño principales (Tablas 1 y 2).

TABLA 1. Resultados del análisis granulométrico realizado a las muestras de arcillas estudiadas antes del proceso de preparación mecánica

| Clases de tamaño (mm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Masa promedio (%) |
|-----------------------|------|------|------|------|-------|-------------------|
| + 1,0 | 34,0 | 35,7 | 35,3 | 34,2 | 34,1 | 34,66 |
| -1,0 + 0,4 | 43,0 | 41,0 | 42,0 | 42,0 | 41,88 | 41,8 |
| -0,4 + 0,2 | 6,9 | 7,2 | 7,2 | 6,3 | 7,2 | 6,99 |
| -0,2 + 0,1 | 12,3 | 12,3 | 11,2 | 12,8 | 12,70 | 12,3 |
| -0,1 | 3,4 | 2,7 | 3,4 | 3,2 | 2,9 | 3,12 |

TABLA 2. Resultados del análisis granulométrico realizado a las muestras de arcillas estudiadas después del proceso de preparación mecánica

| Clases de tamaño (mm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Masa promedio (%) |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-------------------|
| + 1,0 | 1,8 | 3,3 | 1,9 | 1,5 | 1,7 | 2,04 |
| -1,0 + 0,4 | 61,9 | 75,6 | 72,7 | 72,1 | 73,3 | 71,12 |
| -0,4 + 0,2 | 12,3 | 13,1 | 16,3 | 16,0 | 15,2 | 14,58 |
| -0,2 + 0,1 | 5,4 | 5,4 | 6,5 | 6,2 | 6,7 | 6,04 |
| -0,1 | 1,2 | 1,4 | 0,9 | 1,7 | 1,7 | 1,18 |

TABLA 3. Resultados de los análisis químicos (%) realizados a las muestras estudiadas

| Muestras | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | TiO ₂ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | P.P.I |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------|-------------------|------------------|-------|
| 1 | 40,78 | 31,77 | 5,65 | 0,22 | 0,55 | 0,17 | 0,28 | 0,16 | 0,02 | 13,25 |
| 2 | 44,74 | 37,95 | 1,47 | 0,49 | 0,25 | 1,10 | 0,07 | 0,66 | 0,16 | 13,90 |
| 3 | 42,32 | 35,45 | 3,36 | 0,87 | 0,44 | 0,89 | 0,25 | 0,36 | 0,12 | 12,92 |

Análisis termodiferencial

Este análisis se realizó a tres muestras representativas de la zona de estudio y se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura de calentamiento: 1 000 °C
- Masa: 544 mg
- A.T.G.: 200 μV
- A.T.D.: 500 μV
- Vc: 20 °C/min
- Vp: 5 mm/min

En la Figura 1 aparecen representadas las curvas de A.T.D. donde puede apreciarse un comportamiento térmico similar para cada una de las muestras estudiadas.

Parte experimental

Análisis físico-químico

Al seguir las normas internacionales ICONTEC y A.S.T.M. se realizaron los análisis físico cuyos resultados principales fueron:

- pH: 4,9-5,0
- Humedad: 12 %
- Poder de hinchabilidad: no tiene
- Coloidalidad: 12-14,70 %
- Refractariedad: 19 (según cono seger)
- Cs = 32-34
- Temperatura equivalente = 1 616 - 1 737 °C
- Punto de sintetización: mayor de 1 400 °C

El contenido significativo de SiO₂ y Al₂O₃ que presentan las arcillas estudiadas pudo comprobarse a través de los análisis químicos realizados (Tabla 3), los que confirman el carácter semirrefractario de esta materia prima.

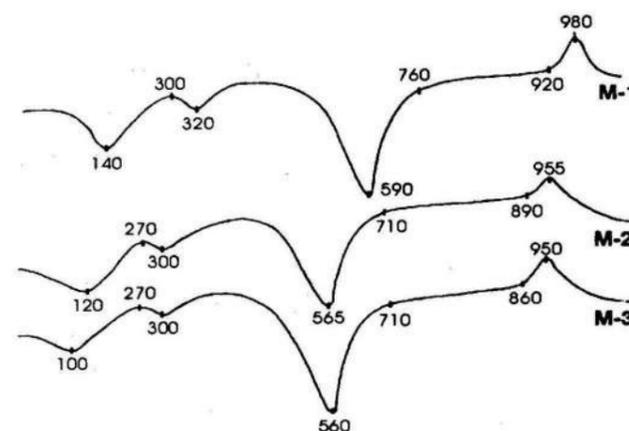


FIGURA 1. Análisis térmico diferencial (A.T.D) de las arcillas estudiadas.

En la curva de A.T.G. (Figura 2) se sigue la evolución de las pérdidas de peso de cada una de las muestras durante el calentamiento. El desprendimiento del agua estructural se hace evidente en la región comprendida

entre 300 - 500 °C. Las principales características térmicas observadas para las muestras M-1, M-2 y M-3 se ofrecen en las Tablas 4, 5 y 6 respectivamente.

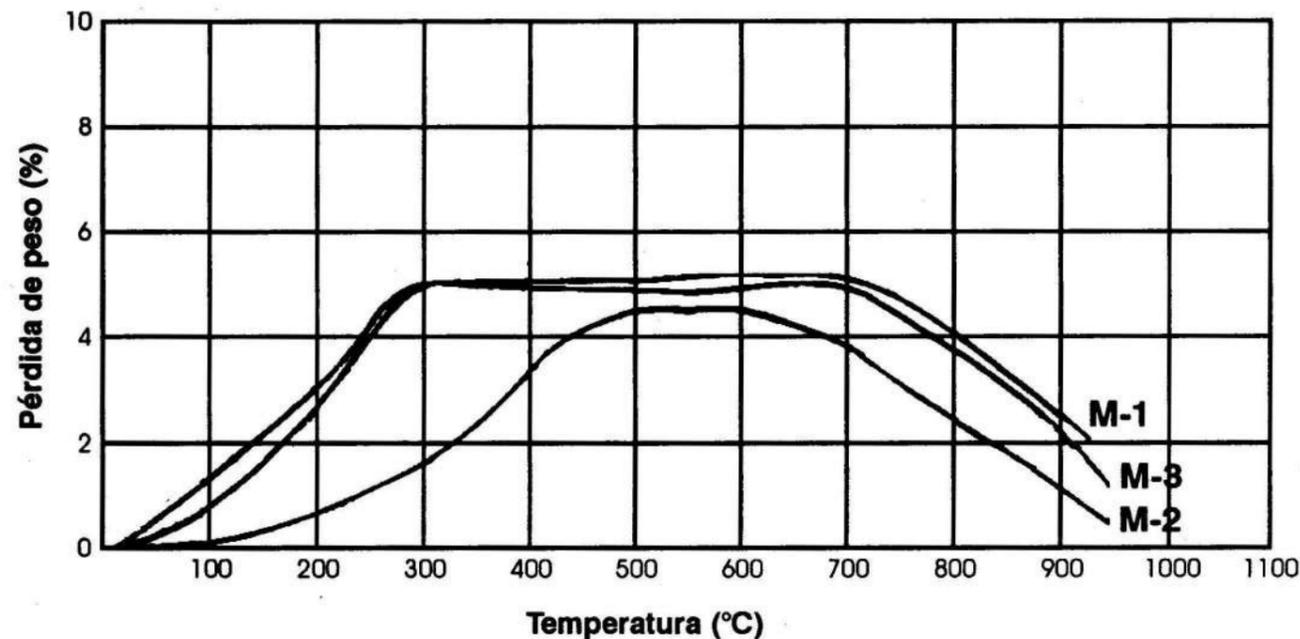


FIGURA 2. Análisis termogravimétrico (A.T.G) de las muestras de arcillas estudiadas.

TABLA 4. Principales características de las curvas A.T.D. y A.T.G. de la muestra M-1

| End. | Exot. | Pérdidas de Peso | | Composición mineralógica | Designación del efecto térmico |
|------|-------|------------------|----------------|--------------------------|---|
| | | 300 °C | 300 - 1 000 °C | | |
| | | mg | % | mg | % |
| 140 | --- | | | | Eliminación de la humedad absorbida |
| --- | 300 | 27,2 | 5,0 | | |
| 320 | --- | | | 28,0 | 5,14 |
| --- | 470 | | | | Goethita gibbsita Óxidos de Aluminio inestables Eliminación de la humedad absorbida Deshidratación |
| 590 | --- | | | 30,4 | 5,58 |
| --- | 700 | | | | Caolinita Oxidación |
| 760 | --- | | | | Caolinita Sillimanita Mullita Transformaciones de fases |
| 920 | --- | | | 5,6 | 1,02 |
| --- | 980 | | | | |

TABLA 5. Principales características de las curvas A.T.D. y A.T.G. de la muestra M-2

| End. | Exot. | Pérdidas de Peso | | | | Composición mineralógica | Designación del efecto térmico |
|------|-------|------------------|------|----------------|------|--|---|
| | | 300 °C | | 300 - 1 000 °C | | | |
| | | mg | % | mg | % | | |
| 120 | --- | | | | | | Eliminación de la humedad absorbida |
| --- | 270 | 16,0 | 2,94 | | | | |
| 300 | --- | | | | | Goethita gibbsita Óxidos de Aluminio inestables | Eliminación de la humedad absorbida Deshidratación |
| --- | 470 | | | 24,8 | 4,56 | | |
| 565 | --- | | | | | Caolinita | Oxidación |
| --- | 700 | | | 24,0 | 4,41 | | |
| 710 | --- | | | | | Caolinita Sillimanita Mullita | Transformaciones de fases |
| 890 | --- | | | | | | |
| --- | 955 | | | 4,8 | 0,88 | | |

TABLA 6. Principales características de las curvas A.T.D. y A.T.G. de la muestra M-3

| End. | Exot. | Pérdidas de Peso | | | | Composición mineralógica | Designación del efecto térmico |
|------|-------|------------------|------|----------------|------|--|---|
| | | 300 °C | | 300 - 1 000 °C | | | |
| | | mg | % | mg | % | | |
| 100 | --- | | | | | | Eliminación de la humedad absorbida |
| --- | 270 | 28,0 | 5,14 | | | | |
| 300 | --- | | | | | Goethita gibbsita Óxidos de Aluminio inestables | Eliminación de la humedad absorbida Deshidratación |
| --- | 470 | | | 24,0 | 4,41 | | |
| 560 | --- | | | | | Caolinita | Oxidación |
| --- | 700 | | | 30,4 | 5,48 | | |
| 710 | --- | | | | | Caolinita Sillimanita Mullita | Transformaciones de fases |
| 860 | --- | | | | | | |
| --- | 950 | | | 6,4 | 1,17 | | |

Análisis mineralógico

Se empleó el método de difracción de rayos X utilizando un difractómetro Hc del tipo HZG-4, de fabricación alemana. Se utilizó radiación $K\alpha$ de cobalto, bajo las siguientes condiciones de trabajo:

Velocidad de exploración: 2°/min

Rendija (detector): 0,79 mm

Constante de tiempo: 2 s

Velocidad del papel (Vp): 30 cm/h

Condiciones eléctricas: 30 mA y 40 kV

Se empleó un campo de exploración (2ϕ) que varió de 6 a 60 grados.

Se obtuvieron difractogramas de polvo para las muestras de arcilla previamente homogeneizadas, molidas y tamizadas por el tamiz no. 325 de la serie A.S.T.M. (tamaño de partícula inferior a 44 micrones).

Las principales fases minerales identificadas a partir de los resultados del análisis de rayos X fueron: caolinita, gibbsita y goethita (Tabla 7).

TABLA 7. Principales fases minerales obtenidas a partir de los resultados del análisis de Rayos X

| Fases | Minerales | Fórmula química |
|-------------|-------------|------------------------------------|
| Principales | Caolinita | $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ |
| | Gibbsita | $Al(OH)_3$ |
| | Goethita | $\alpha-FeO.OH$ |
| Secundarias | Sillimanita | Al_2SiO_5 |
| | Jadeita | $NaAlSi_3O_8$ |
| | Halloysita | $Al_2Si_2O_5(OH)_4.H_2O$ |
| | Nefelina | $(Na,K)AlSi_3O_8$ |
| Terciarias | Magnetita | Fe_3O_4 |
| | Clorita | $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$ |
| | Cromita | $FeCr_2O_4$ |

El difractograma que aparece representado en la Figura 3 y que pertenece a una de las muestras estudiadas coincide con el resultado obtenido por Camares (1983) y Pons y otros (1996).

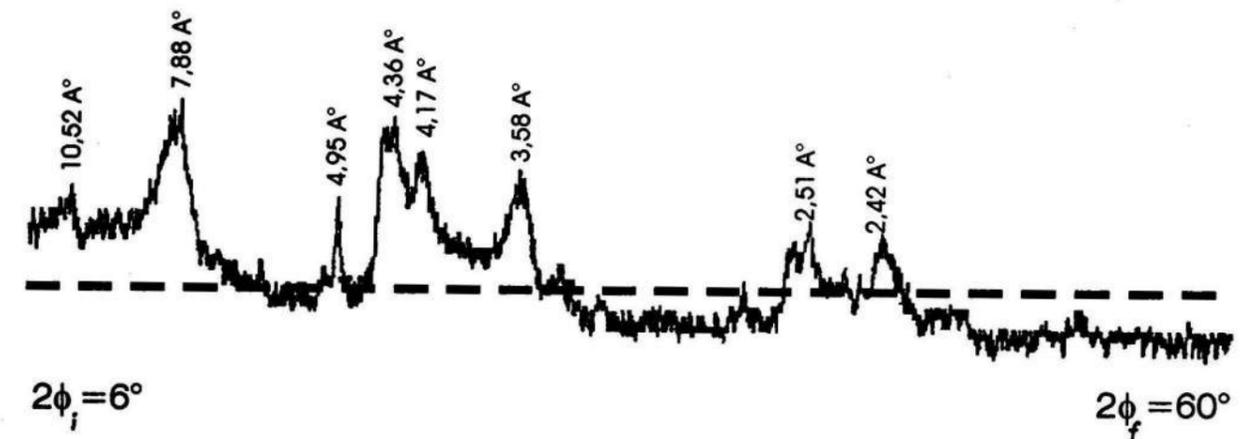


FIGURA 3. Diafractograma de la muestra M-1.

Preparación del mortero refractario

La preparación de las mezclas refractarias (morteros) se realizó tomando como base los trabajos desarrollados con anterioridad por Pons y Leyva (1996) y teniendo en cuenta la experiencia acumulada en los talleres de fundición de la Unión del Níquel. En este caso se utilizaron las fracciones granulométricas menores de 1 mm obtenidas a partir del proceso de clasificación del material.

Para la preparación del mortero se utilizó una proporción de un 95 a un 98 % de arcilla refractaria y de un 3 a un 5 % de silicato de sodio como aglomerante; se añadió agua hasta alcanzar la homogeneización requerida.

Preparación del hormigón refractario

Al tomar como base la experiencia acumulada en los talleres de fundición y trabajos especializados (Capello, 1974; Pons y Leyva, 1996), las mezclas de hormigón refractario se prepararon empleando un 70 % de arcillas refractarias de tamaño de grano no mayor de 4 mm y un 30 % de arena sílice, agregando agua y melaza hasta lograr la compactibilidad deseada.

Ensayos realizados

Para realizar los experimentos con las arcillas refractarias de Cayo Guam se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en los trabajos de Pons *et al.* (1996). Cuando la mezcla refractaria alcanzó la homogeneidad requerida, el mortero preparado fue utilizado en el revestimiento de dos cazuelas de 150 kg cada una. El pegado de los ladrillos refractarios se realizó sin ninguna dificultad, lográndose una buena adhesión entre ambos materiales y las paredes de las cazuelas de vertido.

La arcilla refractaria, utilizada como hormigón refractario, se aplicó igualmente a las cazuelas de vertido, mezclada en este caso con arena sílice. Con las mezclas obtenidas se revistieron cuatro cazuelas de 150 kg cada una, empleadas diariamente en las coladas de diferentes aleaciones de acero, hierro y aleaciones no ferrosas.

RESULTADOS

La preparación mecánica de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guam resulta relativamente sencilla debido, principalmente, a su baja dureza. La clasificación realizada antes del proceso de preparación mecánica indica que se obtiene más del 75 % de la fracción mayor de 0,4 mm utilizada como hormigón refractario sin necesidad de someterla a todo el proceso de beneficio.

Por su parte, los resultados del análisis granulométrico luego del proceso de preparación confirman que más del 90 % del material se concentra en las fracciones menores de 1,0 mm que son precisamente las que forman parte del mortero refractario. Esto demuestra la posibilidad de obtener dos productos importantes después de la clasificación, a los que se les elimina completamente la humedad, como se puede apreciar en el análisis termogravimétrico (A.T.G.), donde se ratifica que las mayores pérdidas en peso de las arcillas (12,7 - 16,7 %) se alcanzan en los tres primeros tramos correspondientes al rango de temperatura entre 300 y 600 °C aproximadamente.

Los resultados de los análisis físicos y químicos confirman las buenas propiedades de esta materia prima, las cuales han sido comparadas con otras arcillas similares (Carames y otros, 1983; Salcines, 1985) usadas en la industria de materiales refractarios.

Como resultado del análisis termogravimétrico (A.T.D. y A.T.G.) se destacan, alrededor de los 300 °C, luego de eliminarse la humedad, dos picos endotérmicos, uno a los 390 °C aproximadamente por la presencia de la goethita ($\alpha-FeO.H_2O$) y otro alrededor de los 470 °C, característico de la fase caolínica bien cristalizada.

A partir de los 860 °C comienza a aparecer la fase sillimanita ($Al_2O_3.SiO_2$) así como la reacción de la alúmina con la sílice agregada, formándose un silicato de alúmina de alta refractariedad, lo que coincide con resultados obtenidos en otros trabajos (Campos, 1980a; Cam-

pos, 1980b; Carames y otros, 1983; Pérez y Pons, 1996). Entre los 950 y 980 °C comienza la transformación de la sillimanita en mullita, la cual posee una alta estabilidad química y una elevada refractariedad, comprobada posteriormente durante el revestimiento de las cazuelas de vertido.

Los resultados del análisis mineralógico evidencian la estabilidad de las fases caolinítica-gibbsíticas y de la goethita, la presencia de la cual, aunque no es significativa, es necesario tenerla en cuenta, ya que en este caso el hierro constituye una de las principales impurezas en los materiales refractarios.

Las fases secundarias principales presentes en las arcillas estudiadas corresponden a minerales de aluminio con contenidos relativamente bajos de impurezas que no afectan las propiedades refractarias del material.

Las mezclas refractarias preparadas con las arcillas ferro-caoliníticas gibbsíticas de la zona Cayo Guam se desplazan con suavidad sobre ladrillos refractarios poniendo de manifiesto la capacidad que tienen las mismas para adherirse a las paredes de las cazuelas.

Las cazuelas revestidas con el mortero refractario trabajaron durante más de seis meses recibiendo, cada una de ellas, más de 300 coladas, lo que representa valores por encima de la media de las cucharas actualmente utilizadas en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel.

Se observó además, que el mortero utilizado posee buena estabilidad térmica y mecánica, no detectándose contracciones ni dilataciones significativas en el revestimiento.

Los resultados obtenidos al usar la arcilla como hormigón refractario son excelentes, ya que en las cazuelas revestidas con este material se realizaron 30 coladas como promedio, mientras que en las tradicionalmente utilizadas sólo se pueden realizar alrededor de 5 coladas.

Igualmente se observó en la mezcla preparada una gran facilidad para adherirse a los ladrillos refractarios, además de poseer una alta estabilidad térmica y mecánica que le permite soportar el choque térmico con el metal líquido, el efecto abrasivo de las escorias y las altas temperaturas de colada cuando se vierten en las cazuelas diferentes tipos de aleaciones de hierro (FG-18, Fe-X, etcétera), aceros (40X, 40X24H12, etc.) con temperaturas que oscilaron entre 1 160 y 1 600 °C. Se pudo verificar también que tanto el metal líquido como la escoria salen con relativa facilidad, sin pegarse a las paredes.

Se comprobó la estabilidad química del material, así como la poca variación de sus dimensiones, todo lo que conlleva un aumento del tiempo de duración de las cazuelas.

CONCLUSIONES

1. La preparación mecánica de las arcillas refractarias de la zona de Cayo Guam puede realizarse con relativa facilidad y obtenerse dos productos refractarios (mortero y hormigón) de gran aplicación en las empresas metalúrgicas del país.

2. Los análisis físicos y químicos y las pruebas tecnológicas demostraron las excelentes propiedades refractarias de las arcillas estudiadas y la posibilidad de su aplicación con un bajo costo de operación.
3. La fase sillimanita, presente alrededor de los 860 °C, se transforma a partir de los 959 °C en mullita, fase de alta estabilidad química y refractariedad.
4. En las arcillas refractarias de la región de Moa es común la presencia de caolinita, gibbsita y goethita como fases principales, unidas a fases secundarias de aluminio que elevan la refractariedad de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- BATEMAN, A.M.: *Yacimientos minerales de rendimiento económico*, Universidad de Yale, EE.UU., 1977.
- BLANCO TORRENS, R. y L.G. SOTO: *Materiales de construcción*, Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1976.
- BETEJIN, A.: *Curso de mineralogía*, Ed. Mir, Moscú, 1977.
- CAMACHO, J. y otros: *Características geólogo-tecnológicas de materias primas refractarias en la región de Moa para su utilización en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel*, Informe técnico, ISMM, Moa, 1993.
- CAMPOS, D.: «Materiales refractarios: Generalidades y clasificación», *Revista Metalúrgica*, vol. 16, no. 2, pp. 113-130, 1980a.
- : «Materiales refractarios del sistema sílice-alúmina. II parte», *Revista Metalúrgica*, vol. 16, no. 6, pp. 343-348, 1980b.
- CAPELLO, E.: *Tecnología de fundición*, Gustavo Gili, Barcelona, 1974.
- CARAMES, L. y otros: *Contribución al conocimiento de los depósitos caoliníferos de Pontevedra*, Cuaderno de Laboratorio Xeológico de Laxe, no. 4, 1983.
- DIDIER, J.: *Materiales refractarios y sus características*, Edición española, 1983.
- GONZALO, B. y otros: «Evaluación de materiales cerámicos para la industria automotriz», *Minería y Geología*, vol. 12, no. 2, pp. 65-70, 1995.
- HURBULT, C.S. y C. KLEIN: *Manual de mineralogía de Dana* [s.l., s.n., s.a].
- JERÉZ, G.; C. LEYVA y J. PONS: *Estudio geólogo-tecnológico de las cortezas caoliníticas de la región de Moa*, Informe técnico, ISMM, Moa, 1995.
- MITROFANOV, S.Y. y otros: *Investigación de la capacidad de enriquecimiento de los minerales*, Ed. Mir, Moscú, 1982.
- LEYVA, C. y J. PONS: «Materias primas minerales de la región de Moa como materiales refractarios y aislantes térmicos en la industria del níquel», *Minería y Geología*, vol. 13, no. 1, 1996.
- PÉREZ, O. y J. PONS: *Análisis de prefactibilidad para la producción de refractarios a partir de materias primas locales*, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa, 1996.
- PONS, J. y C. LEYVA: «Empleo de las arcillas ferro-caolinítica-gibbsíticas de la zona de Centeno en los talleres de fundición», *Minería y Geología*, vol. 13, no. 2, 1996.
- SALCINES, C.: *Tecnología de fundición*, t. Y, Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1985.
- TITOV, D. y A. STEPANOV: *Tecnología de los procesos de fundición*, Ed. Mir, Moscú, 1981.
- TRIANA, T.: *Tecnología de los refractarios*, Ed. Ciencia y Educación, Ciudad de La Habana, 1971.
- ZAHN, R.: *Seminario de materiales refractarios*, La Habana, 1990.

Mecanismo de filtración y de suspensiones lateríticas y compresibilidad de la torta

Ing. Armín Mariño Pérez
Ing. Niurka Castillo López
Dr. René Guardiola Romero

Instituto Superior Minero Metalúrgico Lú

RESUMEN: Se caracteriza la suspensión acuosa formada por la clase (-0,045) mm del mineral que se suministra a la empresa Moa Nickel S.A. «Comandante Pedro Soto Alba». La concentración de sólidos es de 35 %, el medio filtrante tela Belting, la temperatura alrededor de los 30 °C y el intervalo de presión de 0,5-0,9 at. Se demuestra que el proceso ocurre de acuerdo al mecanismo «con formación de torta». Se obtiene la ecuación empírica que describe el comportamiento de la resistencia específica de la torta en función de la presión.

ABSTRACT: The aqueous suspension formed by the (-0,045) mm mineral class, which is fed at the Moa Nickel S.A. «Comandante Pedro Soto Alba» nickel plant is characterised, being the solid concentration 35 %, the filter cloth used of a belting type, the temperature approximately 30 °C and the pressure ranged from 0,5 to 0,9 at. The process occurrence in accordance to the mechanism «with cake formation» is also demonstrated. The empirical equation describing the cake specific resistance behaviour against the pressure is obtained.

De acuerdo con investigaciones realizadas sobre los yacimientos lateríticos, diversas clases de tamaños se encuentran enriquecidas en diferentes valores metálicos (Hernández, 1994), quedando propuesta la posibilidad de lograr un enriquecimiento si se aprovecha convenientemente esta particularidad. El proceso de enriquecimiento por vía húmeda genera suspensiones de baja concentración que deben ser sometidas posteriormente a un desagüe, preferiblemente por sedimentación y filtración. No se conocen referencias sobre la filtración de este tipo de suspensiones.

Principios Teóricos

Por velocidad de filtración se conoce el volumen de filtrado V_e que pasa a través de la unidad de área S , normal al sentido de movimiento del filtrado en la unidad de tiempo τ (Malinowskaia, 1983). Su valor instantáneo se expresa como:

$$\omega = \frac{dV}{d\tau \cdot S} \quad (1)$$

La velocidad instantánea de filtración depende de la presión y de la resistencia total del medio filtrante R (incluye la resistencia de la torta), referida a la unidad de viscosidad μ , conforme a la ecuación:

$$\omega = \frac{P}{\mu \cdot R} \quad (2)$$

La resistencia total del medio filtrante puede ser función de la presión y del volumen de filtrado. La intensidad con que se incrementa la resistencia total a la filtración, a medida que se incrementa el volumen de filtrado obtenido a partir de una unidad de área de filtración (volumen específico de filtrado) V_e , puede ser descrita mediante la siguiente dependencia:

$$\frac{dR}{dV_e} = KR^n \quad (3)$$

donde: K , constante que caracteriza la intensidad con que se incrementa la resistencia total de filtración y n es un exponente.

Esta constituye la ecuación generalizada de la filtración. El exponente en la ecuación puede tomar valores desde $-\infty$ hasta 2.

De acuerdo con su mecanismo, los procesos de filtración se clasifican como sigue:

- a) Con obstrucción total de poros del medio filtrante; $n = 2$.
- b) Con obstrucción paulatina de los poros del medio filtrante; $n = 1$.
- c) Transitoria; $n = 1$.
- d) Con obstrucción de los poros de la torta; $n = 0,5$.
- e) Con formación de torta; $n = 0$.
- f) Con resistencia constante; $n = -\infty$.