

sus estudios empleó la zeolita natural del yacimiento Tasajera.

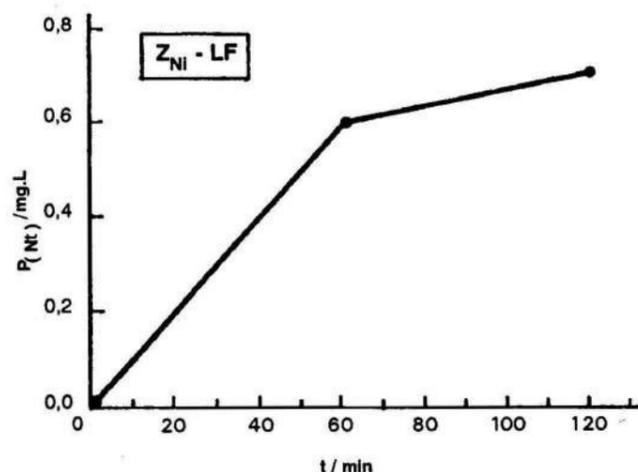


FIGURA 3. Comportamiento de la elución del níquel en la zeolita con LF.

Sobre esta base es posible recuperar y reincorporar más níquel aún al proceso industrial, logrando eluir el 16,2 % del níquel retenido en la zeolita por cada 120 mL de LF empleado.

CONCLUSIONES

1. Al tratar el Licor C1 con el Agua del Cooler se produce la neutralización de estos y la precipitación de los metales presentes, disminuyendo considerablemente el contenido de las especies químicas en disolución.
2. La fase sólida precipitada es fundamentalmente una mezcla de sulfuros metálicos, siendo el sulfuro de níquel (II) su principal representante.

3. La relación volumétrica Licor C1/Agua del Cooler igual a 1 permite obtener los mejores resultados integralmente, logrando precipitar y recuperar así el 98,4 % del níquel presente en los licores iniciales.
4. El empleo del mineral zeolita, luego de la precipitación, permite disminuir aún más el contenido de níquel y otros metales en la fase líquida, al ser retenidos estos metales en este mineral.
5. El níquel retenido en la zeolita puede ser eluido con LF, lo cual permite incrementar aún más el porcentaje de níquel recuperado.
6. El tratamiento integral descrito permite aprovechar estos residuos industriales y disminuye su alto carácter nocivo para el ecosistema, adecuando el pH y contenido de sustancias disueltas a valores cercanos a los admisibles para su expulsión o uso.
7. La variante de tratamiento expuesta constituye una alternativa para el tratamiento del Licor C1, sustituyendo al NH_4HS por el residual Agua del Cooler.

BIBLIOGRAFÍA

- BURRIEL, F. et. al.: *Química analítica cuantitativa*, 10 ed., Madrid, 1978.
- KASAVIN, J.: *Separación de níquel y cobalto por el método de separación de sulfuros en las disoluciones carbonato amoniacales*, Reporte de investigación no. 518, Empresa Ernesto Che Guevara, 1970.
- RIZO, R. et. al.: *Informe sobre los trabajos de exploración orientativa y detallada 1:2 000 del yacimiento de zeolitas Caimanes*, Fondo Geológico, Ciudad de La Habana, 1990.
- RODRÍGUEZ FUENTES, G.: *Propiedades físico-químicas y aplicaciones industriales de la clinoptilolita natural*, Tesis doctoral, Universidad de la Habana, 1987.
- SARDUY, C.; L. GONZÁLEZ y A. CHANG: *Estudio de la purificación de los sulfuros de níquel más cobalto*, Informe de investigación, ISMM, Moa, 1988.

Cromitas del norte de Holguín. Estado actual de las investigaciones

Ing. Emilio Leyva Ramírez
Lic. Oscar Figueredo Stable
Ing. Agustín Guerra Quintas
Ing. Jesús Ortiz Bárcenas
Lic. Jesús E. Rodríguez García

Centro de Investigaciones Siderúrgicas de Nicaro

RESUMEN: Se revisan las investigaciones realizadas sobre cromitas cubanas con el objetivo de utilizar éstas como materia prima de carga en la producción de ferrocromo de alto carbono. La fusión de la cromita refractaria con serpentina níquelífera como fundente permite obtener una ferroaleación en la que la deficiencia de cromo se suple con un 3-5 % de níquel. La fusión de cromita metalúrgica y/o briquetas de concentrados de finos de cromita extraídos de las colas de la fábrica de Nicaro proporciona un ferrocromo con un 52-60 % de cromo y un 6,4-7 % de carbono. La producción de esta ferroaleación en nuestro país es factible desde el punto de vista técnico.

ABSTRACT: A revision of the investigations about cuban chromites is done with the aim to use it as raw material of charge in the production of ferrochromium of high carbon. Mixing refractory chromites with nickeliferous serpentine as fusing gives us the possibility to obtain a ferroalloy that advance the deficiency of Cr with a 3-5 % of Ni. The fusion of metallurgical chromites with concentrate briquettes of thin extracted chromite of the tailing of Nicaro factory gives a ferrochromium with 52-60 % of Cr and 6,4-7 % of C.

Los minerales de cromo tienen tres usos fundamentales: metalúrgico, refractario y químico, con un cuarto menor uso en fundición como arena de moldeo. Convencionalmente la cromita metalúrgica tiene un contenido de Cr_2O_3 de 45-56 %, con una relación Cr/Fe de 2,5 a 4,3. Las menas de grado químico poseen un contenido medio de Cr_2O_3 mayor o igual a 44 %, relación Cr/Fe cercana a 1,5 y SiO_2 por debajo de 3,5 %. Tradicionalmente han sido denominados minerales de cromo de grado refractario, aquellos que poseen de un 30 a un 40 % de Cr_2O_3 , relación Cr/Fe de 2,0 a 2,5 con un contenido de hierro total relativamente bajo (FeO menor de un 15 %).

Los yacimientos magmáticos más importantes de Cuba están constituidos por cromoespinelas asociadas a la banda de rocas intrusivas ultrabásicas serpentizadas y se ubican en la unidad tectónica anticlinal oriental y en la unidad tectónica de Camagüey.

El macizo Mayarí-Baracoa, que forma parte de la unidad tectónica anticlinal oriental, se extiende cubriendo un área de 150 km de largo y 30 km de ancho. Dentro de este macizo se destacan las regiones minerales siguientes:

Mayarí-Nicaró: posee 50 yacimientos y manifestaciones, en él se localizan los mayores cuerpos de cromita metalúrgica (Casimba, Caracol, Juanita, La Estrella de Mayarí, Nueva Caledonia, etcétera).

Sagua de Tánamo: con 50 yacimientos y manifestaciones, donde se localizan yacimientos más pequeños de cromitas metalúrgicas (Albertina, Demajagua, Caridad).

Moa-Baracoa: en esta región existen más de 100 yacimientos y manifestaciones. Se localizan las cromitas refractarias Merceditas-Yarey, Cayo Guam, Cromita, Delta, Cantarrana, Potosí, entre otras (Quesada, 1981).

En los últimos años el Centro de Investigaciones Siderúrgicas (CIS) ha desarrollado una tecnología para la extracción de la cromoespinela contenida en las colas de la fábrica de níquel de Nicaro. Este trabajo aborda la posibilidad de producir ferrocromo de carga a partir de cromitas nacionales y a la vez mostrar los resultados alcanzados que señalan el camino para el desarrollo de las ferroaleaciones en nuestro país.

Trabajos realizados

La producción de acero inoxidable está indisolublemente ligada al empleo del cromo como elemento aleante básico. Hasta principios de la década del 70 el acero inoxidable se producía básicamente en hornos de arco eléctrico empleando ferrocromo de bajo carbono. A partir de esta fecha y motivado por el desarrollo alcanzado por las tecnologías de aceración inoxidable AOD, VOD y KLU se empieza a sustituir el ferrocromo de bajo carbono por el de alto horno.

La materia prima fundamental para la producción de aleaciones base cromo es la cromita. Con el agotamiento de las reservas de cromita metalúrgica a nivel mundial, ha surgido la necesidad de utilizar cromitas con menor concentración de Cr_2O_3 y menor relación Cr/Fe, obteniéndose, para algunos concentrados de baja ley, ferrocromo con un 52 % de cromo denominado ferrocromo de carga.

La ciudad
del níquel

LE OFRECE
LA POSIBILIDAD
QUE Ud. ESPERA

Cromitas refractarias

Con el objetivo de determinar la posibilidad de obtener ferrocromo utilizable en la producción de acero inoxidable a partir de estas cromitas, el Ministerio de la Industria Sideromecánica, en sus centros de investigación ha ejecutado desde 1979 investigaciones que han permitido esclarecer la compleja situación del abastecimiento de cromo a la industria de acero inoxidable en nuestro país.

No se tienen referencias de que la cromita refractaria pueda usarse sola como material de carga en los hornos productores de ferrocromo, pues esto implicaría altos consumos energéticos. La firma mexicana Minera Autlán ha empleado cromita refractaria cubana hasta un 40 % de la carga como regulador de la relación Al/Mg, aunque con un consumo energético elevado. Pruebas de laboratorio de la firma finlandesa Outokumpu Oy proponen una mezcla de 75 % de cromita refractaria cubana con cromita metalúrgica, utilizando cuarcita como fundente para obtener ferrocromo con 6-8 % de C y 59-62 % de Cr (Jiménez, 1990).

Como resultado de investigaciones nacionales se logró desarrollar una tecnología alternativa que propone eliminar la refractariedad de las cromitas cubanas al mezclarlas con serpentina niquelífera en calidad de fundente que aporta la sílice necesaria al proceso, además de hierro y níquel, elementos estos muy importantes para la producción de aceros inoxidables.

Para disminuir la refractariedad de la cromita se molió la serpentina hasta una granulometría de -0,150 mm y se mezcló con finos de cromita de granulometría -1,0 mm, usando como aglutinante bentonita, se peletizó la mezcla. Los pelets se calcinaron a 1 250 °C y se fundieron en un horno de arco eléctrico trifásico de 135 kVA. Este procedimiento viabiliza la obtención de una ferroaleación con 41-45 % de Cr, 6-8 % de C y 3-5 % de Ni, semejante al cromo de carga (charge chromo) producido por Sudáfrica, pero con menor concentración de Cr (5-8 %) y contenido de Ni de 3-5 % (Jiménez, 1984; Nieto *et. al.*, 1987).

Esta aleación puede sustituir parcial o totalmente al ferrocromo de alto carbono de importación, además, incorpora hasta el 13 % del níquel necesario durante la aceración inoxidable de la marca AISM 304, y sustituye el 11 % de la chatarra ordinaria. Como elemento negativo se prevé cierta pérdida en productividad debido al incremento de la concentración de carbono al que es necesario oxidar, así como que se debe incrementar el consumo de refractarios, agua de enfriamiento y oxígeno destinado a la descarburación en cantidad de 11,7 m (Jiménez, 1990).

En los últimos años una nueva tecnología se abre paso en la elaboración de cromitas de baja ley, la fusión reductora de cromitas con corriente de plasma. Esta tecnología emplea mineral de cromo con baja granulometría y baja concentración de Cr_2O_3 mezclado con reductores sólidos donde en presencia del arco plasmático rápidamente cada partícula pasa al estado líquido y entra en

reacción. El proceso es continuo, rápido y con alta concentración energética.

En el año 1992, en colaboración con el CENIM de España, se concluyeron ensayos en un horno de plasma de 120 kW para la obtención de ferrosilicromo a partir de los finos generados en el beneficio de las cromitas refractarias de la zona Moa-Baracoa, en mezcla con serpentina niquelífera, cuarcita y magnesita indistintamente, lográndose obtener un producto no estandarizado de 45,92-51,25 % de Cr; 8,48-15,76 % de Si y 4,20-5,65 % de C.

Cromita metalúrgica

Se le realizó análisis químico y estudio de trituración, en trituradora de mandíbula, a dos muestras procedentes de los yacimientos Casimba y Sorpresa. La muestra de Casimba se caracterizó por su bajo contenido de Cr_2O_3 (27,53 %) y una relación Cr_2O_3/FeO de 3,29. Según el estudio de trituración esta muestra clasifica en la categoría de triturabilidad de Rasumov como de dureza media, y no es posible lograr clases enriquecidas en Cr_2O_3 para ser elaboradas en la producción de ferrocromo sin un proceso previo de beneficio.

El estudio de beneficio a escala de laboratorio mostró la factibilidad de un esquema combinado donde las clases superiores a 12,7 mm se separan en medio denso obteniéndose concentrados con 42,29-47,7 % de Cr_2O_3 y relación Cr/Fe de 2,3 (Figueredo y Leyva, 1990).

La muestra del yacimiento Sorpresa arrojó un contenido de Cr_2O_3 de 41,02 % y relación Cr_2O_3/FeO de 2,83. Al comparar la curva de característica de grosor con las curvas tipo de los productos triturados en trituradoras de mandíbulas, según Rasumov, esta muestra se comporta como mena de dureza media. La muestra triturada con abertura de la boca de salida de la trituradora a 45 mm, se fundió en un horno de 225 kVA, obteniéndose un ferrocromo con 60 % de Cr y 7,12 % de C (Figueredo y Leyva, 1994; Castaño *et. al.*, 1996).

Concentrados de finos de cromita

Mediante el esquema de beneficio que se ensaya en el CIS para la extracción de la cromoespinela contenida en las colas de Nicaro, se obtuvo un concentrado con 43,04 % de Cr_2O_3 y relación Cr/Fe de 1,73. Debido a su extrema fineza este concentrado se aglomeró mediante la técnica de briquetización empleando melaza como aglutinante. Las briquetas tienen las siguientes características: largo 3,3 cm; ancho 2,3 cm; espesor 1,4 cm; volumen 10,5 cm³ y densidad 1,7 g/cm³. La consolidación fue en frío, alcanzando características fisicomecánicas adecuadas, luego se fundieron en un arco eléctrico de 225 kVA, obteniendo un ferrocromo con 52,42 % de Cr y 6,44 % de C (Castaño *et. al.*, 1996).

Para disminuir la refractariedad del concentrado de cromita, dada por su contenido de 12,03 % de Al_2O_3 , se realizaron ensayos donde la carga al horno estaba con-

formada por 50 % del mineral de cromita del yacimiento Sorpresa y 50 % de briquetas de concentrado de finos de cromita, logrando obtener un ferrocromo con 56,31 % de Cr y 7,42 % de C en la aleación.

Según el estado de las investigaciones sobre materias primas nacionales para la producción de ferrocromo, tenemos que actualmente se continúan los ensayos de fusión de las briquetas solas y en mezcla con mineral del yacimiento Sorpresa, de esta forma se logran índices tecnológicos mejores, aleaciones con gran calidad y se puede precisar el consumo de energía eléctrica durante las fusiones.

CONCLUSIONES

La fusión de cromita refractaria en mezcla con serpentina niquelífera, viabiliza la obtención de una ferroaleación semejante en composición química al cromo de carga producido por Sudáfrica, con menor concentración de cromo, el que se suple con 3-5 % de níquel.

La fusión de finos de cromita refractaria en mezcla con cuarcita, serpentina y/o magnesita sin aglomeración previa, demostró la posibilidad de obtención de ferrosilicromo no estandarizado.

La cromita metalúrgica del yacimiento Casimba se presenta como una mena de dureza media para su empleo como materia prima en la obtención de ferrocromo de carga. De las variantes estudiadas es la que mayor contenido de cromo reporta a la aleación.

Con el concentrado de finos de cromita se producen briquetas de características fisicomecánicas adecuadas, de las cuales se obtiene un ferrocromo que está dentro del estándar para este tipo de aleación.

Con la fusión de la mezcla de briquetas y cromita metalúrgica del yacimiento Sorpresa, además de alargar la vida útil del yacimiento de cromita metalúrgica, se puede obtener un ferrocromo de carga dentro del estándar para este tipo de aleación. De las variantes estudiadas ocupa el segundo lugar en importancia con relación a la cantidad de cromo que aporta a la aleación.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTAÑO, O. y otros. *Elaboración de la tecnología de obtención de ferrocromo a partir de minerales cubanos*, Informe CIS, Nicaro, 1996.
- FIGUEREDO, O. y E. LEYVA: *Investigaciones sobre el beneficio por método gravimétrico de las cromitas del yacimiento Pinares de Mayarí*, Informe 2/93, CIS, Nicaro, 1994.
- Informe final no. 91/101G, CENIM, Madrid, 1992.
- JIMÉNEZ, G.: *Perspectiva y desarrollo de la producción de aceros inoxidables bajo la óptica del ferrocromo y las cromitas nacionales*, Informe CIS, Nicaro, 1990.
- : *Tecnología de obtención de ferrocromoniquel*, Informe 15-029-06, Fondo CIS, Nicaro, 1984.
- MIKAMI, HARRY M.: *Cromita industrial*, Mineral and rocks, vol. 1, 5 ed. Board, New York, 1983.
- NIETO, J. y otros: *Tema PR.01.87. Tecnología para la producción de ferrocromoniquel*, Informe de Investigación, CIS, Nicaro, 1987.
- QUESADA, A.: *Introducción al estudio de los yacimientos minerales de Cuba*, ISPJAE, Ciudad de La Habana, 1981.

SUSCRÍBASE A:

**MINERIA y
GEOLOGIA**