

2. GULER, G.; D. DOLLIMORE y G.R. HEAL: "The investigation of the decomposition kinetics of calcium carbonate alone and in the presence of some clays using the rising temperature". *Thermochimica Acta*. Vol 54, p. 187-199, 1982.
3. HARNICH, K. y R. LAZEMBERG: "Determination of the Avrami exponent by non-isothermal analysis". *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 53, p. 235-249, 1982.
4. HAYDU, K.; J. VELA e I. JANOSI: *DTA measurement system with ZX spectrum*. Budapest, Eotvos Lorand, 1984.
5. HENDERSON, D.W.: "About the determination of the Avrami's exponent". *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol 30, p. 301-313, 1979.
6. KISSINGER, H.E.: "Determination of activation energies by differential thermal analysis". *Analytical Chemistry*. Vol 29, p. 1702-1715, 1957.
7. PILOYAN, F.O.; I.O. RYABCHIKOV y O.S. NOVIKOVA: "Determination of activation energies of chemical reactions by differential thermal analysis". *Nature*. Vol. 212, No. 5067, p. 1229-1240, 1966.
8. ROMERO, M.M. y J.C. LLOPÍZ: "Expresiones analíticas para los modelos cinéticos de crecimiento por nucleación y nucleación-cristalización". *Revista Cubana de Física*. Vol VII, No. 3, 1987.
9. SESTAK, J.: *Thermophysical properties of solids, their measurements and theoretical thermal analysis*. Praga, Academia, 1984.
10. _____: "Determination of kinetic parameters by non-isothermal analysis". *Phys. Chem. Glasses*. Vol. 6, p. 137, 1974.

CARTA TECNICA DEL FUNDENTE FUNDIDO CIS-F10

Carácter básico según Bonichevski: 1,02 - 1,2
Actividad química según Padgaletski: 0,3 - 0,6

PROPIEDADES TECNOLÓGICO SOLDABLES

- Buen desprendimiento de la escoria (autoseparable).
- Buena estabilidad del arco (longitud de ruptura del arco 16 mm).
- No desprende humo, gases tóxicos, ni produce llama.
- Produce cordones con coeficientes de forma constante, de buena apariencia.

Nota aclaratoria: Los cordones de soldadura no poseen poros, inclusiones no metálicas o grietas, según dictámenes metalográficos realizados por la norma de la AWS A: 5.23.80. La estructura del metal es de tipo ferrítica, con una macrodureza de 140 - 145 HV y 145 - 150 HV en las zonas de influencia térmica y del cordón respectivamente.

PARAMETROS EXPLOTACIONALES

| | |
|---|--------------------|
| - Corriente de soldadura máxima | 1 100 A. |
| - Voltaje mínimo de encendido de arco | 60 V. |
| - Velocidad máxima de soldadura | 40 m/h. |
| - Alambres recomendados | CB 08, CB 08 |
| | EL 12 o similares. |

COMPOSICION QUIMICA DEL METAL DEPOSITADO

La composición química de la capa depositada, según metodología seguida para los depósitos (GOST 6996-66), es la siguiente:

| C | Si | Mn | P | S | Cu |
|------|-----|-------|-------|-------|------|
| 0.07 | 0.3 | <0.35 | 0.019 | 0.019 | 0.30 |
| 0.08 | 0.4 | | 0.200 | 0.020 | 0.35 |

Las composiciones químicas fueron obtenidas con alambre Ferro Cuper 70 (EL 12), según la AWS y cb 08.

PARAMETROS FISICO-MECANICOS DEL METAL DEPOSITADO

Los resultados de los ensayos mecánicos según las normas AWS A: 5.17.80, A: 5.23.80 y GOST 6996-66, son los siguientes:

| | |
|---|-------------------------|
| - Límite de resistencia (σ_m) | ≤ 480 MPa. |
| - Límite de fluencia (σ_f) | ≤ 375 MPa. |
| - Límite de rotura (σ_r) | ≤ 395 MPa. |
| - Porcentaje de elongación (δ) | 25 %. |
| - Porcentaje de estricción (ψ) | 50 %. |
| - Resistencia | ≤ 8 J/mm ² . |

NOTA ACLARATORIA

El Centro de Investigaciones de Soldadura y sus colaboradores se complacerán en ofrecer su asistencia técnica y su ayuda en las pruebas necesarias, así como en la construcción del equipamiento para la obtención del fundente fundido CIS F10 y su aplicación industrial. Las instituciones, Fábricas o Ministerios, que estén interesados en el resultado, pueden dirigirse a:

Centro de Investigaciones de Soldadura,
Universidad Central de Las Villas,
Carretera de Camajuani, Km 5.
Teléfono 81586, telex 41334

ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DEL HIERRO, NIQUEL Y COBALTO EN LOS TAMAÑOS DE LOS GRANOS QUE COMPONEN EL PERFIL DE LAS CORTEZAS DE INTEMPERISMO DE LAS ROCAS ULTRAMAFICAS HASTA SU DESARROLLO LATERITICO Y SU RELACION CON LA MINERALOGIA

Dra. Akda Cristina Almaguer Furnaguera*
Dr. Vitezslav Zamarzy**

* Empresa Geólogo Minera Oriente
** Escuela Superior de Minas de Ostrava

RESUMEN: El tamaño del grano en el perfil de las cortezas de intemperismo de las rocas ultramáficas de la provincia de Holguín, juega un papel controlador de la mineralogía, la cual está en dependencia del tipo de zona litológico-geoquímica. Las partículas finas, lamas, son importantes desde el punto de vista de las reservas volumétricas del níquel y el cobalto. El beneficio granulométrico, en el tratamiento tecnológico de las menas con la obtención de los tamaños de granos apropiados para diferentes fines, traería aparejado ventajas económicas a la industria y el aprovechamiento integral de las lateritas.

ABSTRACT: The grain size in the weathering profile of ultramafic rocks in Holguín, plays a controlator role of mineralogy which are dependence of the type of litologo-geochemistry zone. Small particles, dust, are the most important under viewpoint of nickel, cobalt volumetric reserve. The granulometric benefic in the technological treatment of are for obtain the grain size apropiate for differents purpose brings on economic profit for the industry and the integral utility of laterite.

INTRODUCCION

El estudio que a continuación se expone toma como base las exploraciones de los yacimientos ferroniquelíferos enclavados en las cortezas de intemperismo desarrolladas sobre las rocas ultramáficas del este de Cuba.

Se presenta el balance de hierro, níquel y cobalto según el tamaño medio de los granos que componen la masa de la corteza friable y se relaciona con las fases mineralógicas que la componen, teniendo en cuenta las

diferentes zonas geoquímicas del perfil de la corteza de intemperismo.

Previamente se realizó en los yacimientos Pinares de Mayarí [1], Luz Norte [2], Canadá [3,4], Luz Sur [10], Levisa [8], Piloto [5] y Santa Teresita [6], el estudio correspondiente, por separado para cada uno de ellos, con vista a la posible utilización de los datos en el análisis integral que se presenta.

METODOLOGIA Y METODOS EMPLEADOS

El trabajo se elaboró utilizando determinaciones de Fe, Ni y Co en clases homogéneas; previamente se realizó el análisis granulométrico a 132 muestras por vía húmeda, con la obtención de las siguientes clases granulométricas:

- + 1,6 ; -1,6 + 1,0 ; -1,0 + 0,43 ;
- 0,43 + 0,25 ; -0,25 + 0,10 ;
- 0,10 + 0,05 ; -0,05 + 0,0 mm .

El corte de la corteza de intemperismo fue agrupado en una zona de ocre con tres características: inestructural con concreciones, inestructural y con estructura y una zona de serpentinitas lixiviadas en la cual se incluyen algunas muestras de la base de los ocre estructurales con caracte-

terísticas más semejantes a ésta que a los ocre estructurales finales. El estudio se realizó, por tanto, atendiendo a la "litología" del corte y no por tipo de mena.

Como primer paso se realizó el análisis de los contenidos absolutos de Fe, Ni y Co en las diferentes clases granulométricas, el cual fue realizado por el Laboratorio "Elio Trincado Figueredo" de la Expedición Geológica de Santiago de Cuba.

Como segundo paso se efectuó el estudio mineralógico por microscopía óptica de las clases granulométricas, completándose con estudios de fases, el cual incluyó el análisis roentgenométrico, térmico, espectro infrarrojo y microscopía electrónica realizado en la Universidad de Minas de Ostrava, Checoslovaquia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Por los estudios integrales realizados, puede asegurarse que en cuanto al tamaño de los granos, estas rocas intemperizadas son bastante dispersas y homogéneas, con excepción de la base final del perfil que presenta variaciones mineralógicas determinadas por el tipo de zona geoquímica y los granos que componen la misma.

Los grupos homogéneos de tamaño de grano en las diferentes zonas del perfil poseen características mineralógicas propias, en diferentes grados de alteración y cristalinidad.

Del resultado de los análisis del contenido absoluto, puede decirse que el tamaño del grano que compone la roca, juega un papel clave como controlador de los elementos útiles de Fe, Ni y Co. Este factor no puede verse aislado de la mineralogía de las diferentes clases granulométricas, lo que se comprueba estadísticamente.

No poseen igual distribución cada uno de los elementos en las diferentes clases granulométricas a lo largo del corte del perfil de la corteza de intemperismo. Se analiza cada uno por separado.

El Hierro. No existe una tendencia específica a su concentración en las clases granulométricas, aunque en casi todas las zonas del corte se observa un incremento en las clases gruesas mayores de 1,6 mm y las finas menores de 0,05 mm, con excepción de los ocrees estructurales, donde tiene una marcada tendencia a la concentración en las partículas finas menores de 0,05 mm y en las serpentinitas lixiviadas en las clases finas, desde las menores de 0,10 mm (ver figura 1 y tabla 1). Esto está determinado por lo siguiente:

Comenzando por la base del perfil las clases finas de la zona lixiviada están integradas por minerales del grupo de las esmectitas y serpentinitas neoformadas, aunque ya participan en ellas las goethitas. En las partes rojas del corte las clases finas, sobre todo en el ocre estructural, están formadas por goethitas en casos como fase monomineral, pero hacia la zona superior se incorporan otras fases mineralógicas en pequeñas cantidades.

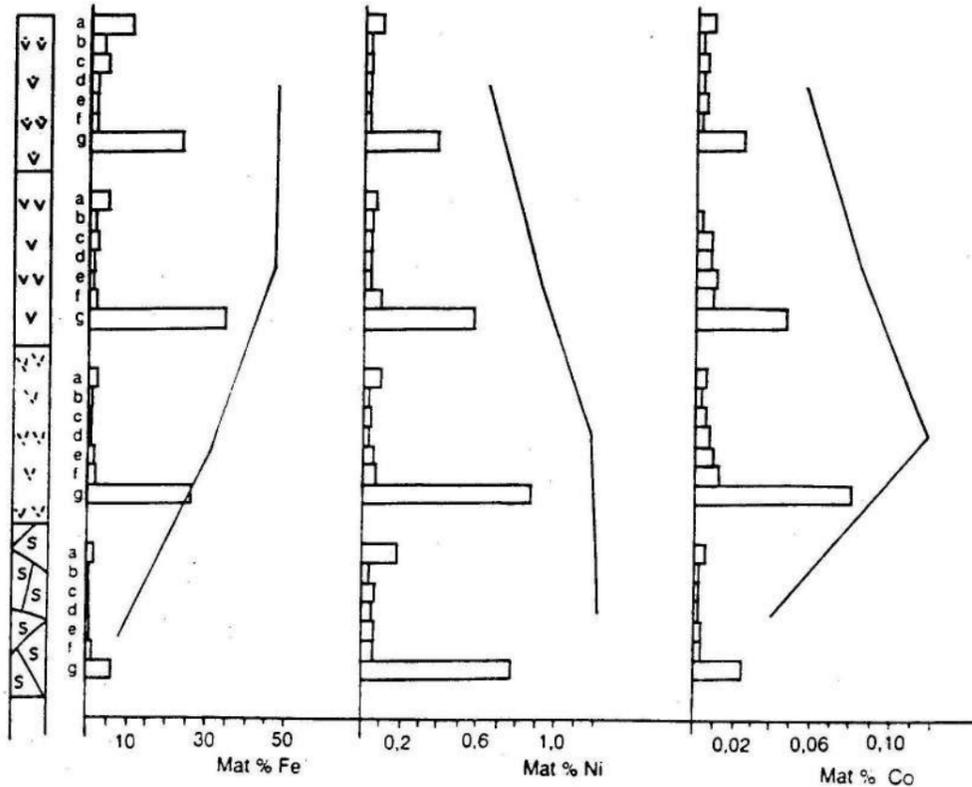


FIGURA 1. Distribución del contenido relativo de hierro, níquel y cobalto, según el tamaño del grano, en el perfil de la corteza de intemperismo de las rocas ultramáficas.

TABLA 1. Análisis estadístico del balance del contenido de Hierro por clases granulométricas en las zonas del perfil de la corteza de intemperie de las rocas ultramáficas de Cuba.

| Clases en mm | N | Contenidos Absoluto | | | | Contenidos Relativo | | | | | |
|--|----|----------------------------|--------|--------|-------|---------------------|----------------------------|--------|--------|-------|----------------|
| | | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Mínimo | Máximo | S | S ² | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Mínimo | Máximo | S | S ² |
| Ocre estructural con Concreciones | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 33 | 50.00 ± 0.93 | 35.90 | 57.00 | 5.35 | 28.59 | 10.92 ± 1.43 | 0.67 | 26.99 | 8.24 | 67.83 |
| + 1.00 | 33 | 49.94 ± 0.82 | 37.10 | 55.60 | 4.69 | 22.00 | 3.06 ± 0.32 | 0.31 | 7.44 | 1.83 | 3.35 |
| + 0.43 | 33 | 47.51 ± 0.90 | 34.80 | 54.80 | 5.15 | 26.48 | 4.50 ± 0.66 | 0.27 | 16.53 | 3.77 | 14.24 |
| + 0.25 | 33 | 43.84 ± 1.20 | 24.00 | 52.00 | 6.91 | 47.80 | 2.25 ± 0.33 | 0.24 | 7.37 | 1.92 | 3.68 |
| + 0.10 | 33 | 40.50 ± 1.40 | 19.00 | 50.60 | 8.06 | 64.91 | 1.84 ± 0.19 | 0.37 | 4.27 | 1.10 | 1.21 |
| + 0.05 | 33 | 40.49 ± 1.37 | 19.50 | 51.90 | 7.85 | 61.65 | 1.72 ± 0.19 | 0.45 | 5.67 | 1.07 | 1.15 |
| - 0.05 | 33 | 45.32 ± 1.66 | 14.63 | 57.71 | 9.54 | 91.05 | 23.21 ± 2.18 | 1.04 | 48.20 | 12.57 | 157.90 |
| Ocre Inestructural | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 33 | 46.60 ± 1.97 | 10.50 | 65.20 | 10.99 | 120.84 | 4.17 ± 0.79 | 0.06 | 16.24 | 4.40 | 19.39 |
| + 1.00 | 33 | 43.96 ± 1.88 | 10.20 | 53.90 | 10.48 | 109.87 | 1.55 ± 0.27 | 0.14 | 6.11 | 1.48 | 2.19 |
| + 0.43 | 33 | 43.13 ± 1.79 | 19.30 | 58.40 | 9.97 | 99.32 | 2.03 ± 0.31 | 0.22 | 6.24 | 1.71 | 2.94 |
| + 0.25 | 33 | 38.99 ± 1.72 | 17.90 | 52.60 | 9.58 | 91.77 | 1.14 ± 0.15 | 0.25 | 3.49 | 0.83 | 0.69 |
| + 1.10 | 33 | 37.60 ± 1.93 | 17.30 | 53.00 | 10.73 | 115.20 | 1.46 ± 0.19 | 0.30 | 5.34 | 1.07 | 1.15 |
| + 0.05 | 33 | 40.55 ± 2.00 | 20.30 | 62.00 | 11.15 | 124.24 | 1.92 ± 0.24 | 0.30 | 4.92 | 1.36 | 1.86 |
| - 0.05 | 33 | 48.54 ± 0.76 | 35.78 | 54.60 | 4.25 | 18.10 | 34.53 ± 1.54 | 19.53 | 49.50 | 8.55 | 73.15 |

TABLA 1. Cont.

| Clases en mm | N | Contenidos Absoluto | | | | Contenidos Relativo | | | | | |
|-------------------------------|----|----------------------------|--------|--------|-------|---------------------|----------------------------|--------|--------|-------|----------------|
| | | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Mínimo | Máximo | S | S ² | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Mínimo | Máximo | S | S ² |
| Ocre estructural | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 33 | 20.79 ± 3.07 | 3.60 | 56.10 | 17.62 | 310.61 | 1.99 ± 0.34 | 0.04 | 7.75 | 1.97 | 3.88 |
| + 1.00 | 33 | 23.12 ± 3.09 | 5.30 | 55.70 | 17.78 | 316.16 | 0.69 ± 0.18 | 0.05 | 5.57 | 1.02 | 1.05 |
| + 0.43 | 33 | 22.46 ± 2.68 | 5.30 | 51.40 | 15.38 | 236.67 | 0.93 ± 0.13 | 0.16 | 3.38 | 0.74 | 0.55 |
| + 0.25 | 33 | 22.52 ± 2.46 | 6.10 | 49.30 | 14.16 | 200.47 | 0.65 ± 0.07 | 0.13 | 1.58 | 0.40 | 0.16 |
| + 0.10 | 33 | 24.61 ± 2.34 | 7.30 | 57.00 | 13.46 | 181.30 | 0.94 ± 0.10 | 0.12 | 3.00 | 0.60 | 0.36 |
| + 0.05 | 33 | 29.04 ± 2.24 | 6.70 | 49.10 | 12.87 | 165.74 | 1.50 ± 0.17 | 0.23 | 4.96 | 1.01 | 1.03 |
| - 0.05 | 33 | 38.91 ± 2.71 | 18.30 | 95.21 | 15.55 | 241.77 | 26.20 ± 1.80 | 8.10 | 46.69 | 10.55 | 111.32 |
| Serpentinita Lixiviada | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 33 | 10.82 ± 2.48 | 1.60 | 64.00 | 13.34 | 178.08 | 1.87 ± 0.30 | 0.01 | 7.02 | 1.57 | 2.47 |
| + 1.00 | 33 | 9.33 ± 0.77 | 4.70 | 26.40 | 4.16 | 17.29 | 0.34 ± 0.02 | 0.03 | 0.55 | 0.18 | 3.27 |
| + 0.43 | 33 | 9.26 ± 0.67 | 4.20 | 23.40 | 3.58 | 12.83 | 0.64 ± 0.06 | 0.16 | 1.53 | 0.34 | 9.28 |
| + 0.25 | 33 | 10.25 ± 0.97 | 3.90 | 33.60 | 5.24 | 27.42 | 0.52 ± 0.05 | 0.13 | 1.18 | 0.28 | 0.08 |
| + 0.10 | 33 | 12.63 ± 1.60 | 4.30 | 53.20 | 8.61 | 74.06 | 0.69 ± 0.08 | 0.19 | 1.88 | 0.43 | 0.19 |
| + 0.05 | 33 | 15.36 ± 1.87 | 4.80 | 62.00 | 10.09 | 101.90 | 1.01 ± 0.19 | 0.30 | 2.24 | 0.99 | 0.98 |
| - 0.05 | 33 | 12.04 ± 1.65 | 0.21 | 37.50 | 8.90 | 79.22 | 6.41 ± 0.76 | 0.10 | 15.83 | 4.00 | 16.19 |

En los ocres inestructurales las clases mayores de 0,43 mm están formadas casi exclusivamente por hematitas y algo de goethitas, sobre todo en los ocres con concreciones.

La tendencia a la disminución del hierro en las clases intermedias está relacionada con la selección de ellas por las espinelas cromíferas y pueden constituir, en fracciones electromagnéticas, fases monominerales. [7]

El Níquel. Sigue una marcada tendencia a la concentración en las clases finas menores de 0,05 mm en todo el corte de la corteza de intemperismo (figura 1 y tabla 2), por lo que el estudio de estos tamaños de granos, en las rocas que componen el perfil de la corteza se hace de mayor interés económico por ser este el metal fundamental en el aprovechamiento de las lateritas cubanas.

El níquel, en las partículas finas de la base del corte, está relacionado con las fases silicatadas de neoformación, fundamentalmente esmectita y en partes de las goethitas, en estado amorfo o poco cristalino.

En el tratamiento tecnológico de las menas la posibilidad de contar con fases monominerales para la zona de los ocres (goethita, como principal portador del níquel) abre la posibilidad y la perspectiva del posible aprovechamiento integral de todo el perfil, incluido las zonas no aprovechadas, (los ocres con concreciones y las serpentinitas lixiviadas), las cuales están formadas en lo fundamental por esmectitas y goethitas enriquecidas en este metal.

La concentración preferenciada de las espinelas cromíferas en las clases intermedias provoca al igual que para el hierro, la disminución en ellas del níquel, lo que puede posibilitar la separación de parte del cromo con el beneficio de las menas para su posible aprovechamiento.

No existe una concentración del níquel en las clases intermedias, así mismo están enriquecidas tan-

to las fracciones magnéticas como las electromagnéticas. [7]

El Cobalto. A diferencia del hierro y el níquel, el cobalto posee un enriquecimiento de sus contenidos absolutos en los granos de las clases intermedias y las zonas de los ocres inestructurales están más enriquecidas que en los ocres con concreciones (figura 1 y tabla 3). Los estudios de los minerales de manganeso, durante las investigaciones de los yacimientos demuestra una relación directa de estos con los contenidos de cobalto, por lo que es de suponer que sean ellos portadores de este metal en las cortezas.

Para las cortezas cubanas han sido determinados diferentes minerales de manganeso, psilomelano, todoroquita, wedruffita [4], feitknechtita [4] y formas amorfas.

No obstante no pueden descartarse las posibles inclusiones del Mn y Co en las ferrihidritas [9] lo que provoca incluso el retraso de éstas en productos más cristalinos.

Como segundo paso de este trabajo, el balance de elementos útiles según el tamaño del grano en el perfil de la corteza de intemperismo, se llevó a cabo el cálculo del contenido relativo de ellos, o sea, teniendo en cuenta el volumen que componen las clases granulométricas en las rocas, dentro de cada zona geoquímica.

De ello puede inferirse que son las partículas menores de 0,05 mm las de mayor interés desde el punto de vista de las reservas volumétricas para estos metales, los cuales se diferencian notablemente del resto de las clases que componen las rocas del corte (ver figura 2 y tablas 1, 2 y 3).

En las figuras 1 y 2 aparecen en líneas continuas los contenidos medios para las zonas del perfil de la corteza, o sea, la sumatoria de los contenidos relativos a las siete clases granulométricas.

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado demuestra que el tamaño del grano en el perfil de las cortezas de intemperismo, juega un papel controlador de la mineralogía, la cual está en dependencia del tipo de zona litólogo-geoquímica.
2. Las clases granulométricas finas menores de 0,05 mm son las más importantes desde el punto de vista de las reservas volumétricas de estos metales. Estas clases finas están formadas fundamentalmente por las siguientes fases mineralógicas: en la base del corte, esmectitas y goethitas con minerales serpentínicos. En las zonas rojas, por esmectitas y goethitas en la base y por goethitas en la partes superiores del corte. Las clases gruesas están formadas por espinelas cromíferas, hematitas (fundamentalmente en la zona de oxidación), goethitas y otras fases acompañantes.
3. La clasificación por clases granulométricas en el tratamiento tecnológico de las menas, con el fin de la obtención de las clases finas, traería aparejadas las siguientes ventajas tecnológicas:
 - a) Se incrementa la eficiencia en el proceso tecnológico de extracción del níquel al ser eliminados de la mena elementos dañinos que se encuentran en las partículas de mayor tamaño.
 - b) El aprovechamiento integral de las lateritas cubanas al ser separadas de las clases gruesas que contienen otros metales (cromo, etc).
 - c) El aprovechamiento íntegro del perfil de las cortezas de intemperismo, desde la zona de oxidación hasta las serpentinitas lixiviadas al ser las clases menores de 0,05 mm ricas en estos metales.

TABLA 2. Análisis estadístico del balance del contenido de Níquel por clases granulométricas en las zonas del perfil de la corteza de intemperismo de las rocas ultramáficas de Cuba.

| Clases en mm | N | Contenidos Absolutos | | | Contenidos Relativo | | |
|-----------------------------------|----|----------------------|----------------|-------|---------------------|--------|------|
| | | Mínimo | Máximo | S | Mínimo | Máximo | S |
| | | X ± error | S ² | | | | |
| Ocre estructural con Concreciones | | | | | | | |
| + 1.60 | 34 | 0.54 ± 0.04 | 0.05 | 0.023 | 0.10 ± 0.010 | 0.01 | 0.07 |
| + 1.00 | 34 | 0.54 ± 0.03 | 0.03 | 0.20 | 0.03 ± 0.004 | 0.01 | 0.02 |
| + 0.43 | 34 | 0.55 ± 0.04 | 0.05 | 0.23 | 0.04 ± 0.006 | 0.01 | 0.03 |
| + 0.25 | 34 | 0.56 ± 0.04 | 0.05 | 0.22 | 0.03 ± 0.003 | 0.01 | 0.02 |
| + 0.10 | 34 | 0.52 ± 0.04 | 0.04 | 0.21 | 0.02 ± 0.003 | 0.01 | 0.01 |
| + 0.05 | 34 | 0.51 ± 0.03 | 0.04 | 0.19 | 0.03 ± 0.010 | 0.01 | 0.05 |
| - 0.05 | 34 | 0.71 ± 0.05 | 0.09 | 0.30 | 0.38 ± 0.050 | 0.01 | 0.29 |
| | | | | | | | |
| Ocre inestructural | | | | | | | |
| + 1.60 | 26 | 0.63 ± 0.05 | 0.07 | 0.26 | 0.06 ± 0.020 | 0.01 | 0.09 |
| + 1.00 | 26 | 0.67 ± 0.05 | 0.06 | 0.26 | 0.04 ± 0.020 | 0.01 | 0.18 |
| + 0.43 | 26 | 0.67 ± 0.06 | 0.08 | 0.28 | 0.05 ± 0.020 | 0.01 | 0.12 |
| + 0.25 | 26 | 0.69 ± 0.06 | 0.11 | 0.33 | 0.04 ± 0.020 | 0.01 | 0.08 |
| + 1.10 | 26 | 0.76 ± 0.08 | 0.17 | 0.41 | 0.04 ± 0.010 | 0.01 | 0.06 |
| + 0.05 | 26 | 0.70 ± 0.06 | 0.10 | 0.31 | 0.08 ± 0.030 | 0.01 | 0.16 |
| - 0.05 | 26 | 0.99 ± 0.07 | 0.14 | 0.37 | 0.57 ± 0.070 | 0.03 | 0.37 |

TABLA 2. Cont.

| Clases en mm | N | Contenidos Absolutos | | | Contenidos Relativo | | |
|------------------------|----|----------------------|----------------|------|---------------------|--------|------|
| | | Mínimo | Máximo | S | Mínimo | Máximo | S |
| | | X ± error | S ² | | | | |
| Ocre estructural | | | | | | | |
| + 1.60 | 31 | 0.79 ± 0.11 | 0.36 | 0.60 | 0.09 ± 0.020 | 0.01 | 0.12 |
| + 1.00 | 31 | 0.71 ± 0.09 | 0.25 | 0.50 | 0.02 ± 0.005 | 0.01 | 0.03 |
| + 0.43 | 31 | 0.77 ± 0.09 | 0.28 | 0.53 | 0.04 ± 0.007 | 0.01 | 0.04 |
| + 0.25 | 31 | 0.91 ± 0.12 | 0.48 | 0.69 | 0.03 ± 0.005 | 0.01 | 0.03 |
| + 0.10 | 31 | 1.01 ± 0.13 | 0.54 | 0.73 | 0.05 ± 0.007 | 0.01 | 0.03 |
| + 0.05 | 31 | 1.14 ± 0.10 | 0.31 | 0.56 | 0.06 ± 0.007 | 0.01 | 0.04 |
| - 0.05 | 31 | 1.46 ± 0.13 | 0.52 | 0.72 | 0.87 ± 0.070 | 0.01 | 0.39 |
| | | | | | | | |
| Serpentinita Lixiviada | | | | | | | |
| + 1.60 | 27 | 0.90 ± 0.12 | 0.36 | 0.60 | 0.18 ± 0.003 | 0.01 | 0.18 |
| + 1.00 | 27 | 0.83 ± 0.11 | 0.30 | 0.55 | 0.03 ± 0.005 | 0.01 | 0.02 |
| + 0.43 | 27 | 0.83 ± 0.11 | 0.30 | 0.55 | 0.06 ± 0.080 | 0.01 | 0.04 |
| + 0.25 | 27 | 0.88 ± 0.10 | 0.28 | 0.53 | 0.04 ± 0.006 | 0.01 | 0.03 |
| + 0.10 | 27 | 0.90 ± 0.09 | 0.24 | 0.49 | 0.05 ± 0.008 | 0.01 | 0.02 |
| + 0.05 | 27 | 0.89 ± 0.10 | 0.28 | 0.53 | 0.07 ± 0.020 | 0.01 | 0.10 |
| - 0.05 | 27 | 1.46 ± 0.14 | 0.53 | 0.73 | 0.78 ± 0.070 | 0.01 | 0.39 |

TABLA 3. Análisis estadístico del balance del contenido de Cobalto por clases granulométricas en las zonas del perfil de la corteza de Intemperismo de las rocas ultramáficas de Cuba.

| Clases en mm | N | a | | | | | b | | | | |
|-------------------------------------|----|----------------------------|--------|--------|-------|----------------|----------------------------|--------|--------|--------|-----------------------|
| | | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Máximo | Mínimo | S | S ² | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Máximo | Mínimo | S | S ² |
| Ocre Inestructural con Concreciones | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 34 | 0.074 ± 0.019 | 0.010 | 0.680 | 0.112 | 0.010 | 0.009 ± 0.0010 | 0.0010 | 0.034 | 0.0060 | 5 x 10 ⁻⁵ |
| + 1.00 | 34 | 0.072 ± 0.019 | 0.010 | 0.680 | 0.114 | 0.010 | 0.003 ± 0.0004 | 0.0008 | 0.009 | 0.0020 | 4 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.43 | 34 | 0.083 ± 0.019 | 0.010 | 0.560 | 0.109 | 0.010 | 0.005 ± 0.0008 | 0.0008 | 0.018 | 0.0041 | 2 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.25 | 34 | 0.100 ± 0.022 | 0.010 | 0.515 | 0.126 | 0.020 | 0.003 ± 0.0005 | 0.0004 | 0.012 | 0.0030 | 8 x 10 ⁻⁶ |
| + 0.10 | 34 | 0.095 ± 0.017 | 0.010 | 0.370 | 0.102 | 0.010 | 0.005 ± 0.0020 | 0.0005 | 0.021 | 0.0120 | 15 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.05 | 34 | 0.079 ± 0.014 | 0.010 | 0.360 | 0.080 | 0.006 | 0.003 ± 0.0008 | 0.0004 | 0.024 | 0.0048 | 2 x 10 ⁻⁵ |
| - 0.05 | 34 | 0.049 ± 0.006 | 0.0008 | 0.110 | 0.033 | 0.001 | 0.027 ± 0.0040 | 0.0005 | 0.098 | 0.0251 | 53 x 10 ⁻⁵ |
| Ocre Inestructural | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 31 | 0.083 ± 0.012 | 0.013 | 0.361 | 0.065 | 0.004 | 0.0008 ± 0.0010 | 0.0003 | 0.031 | 0.0080 | 6 x 10 ⁻⁵ |
| + 1.00 | 31 | 0.168 ± 0.048 | 0.015 | 1.240 | 0.278 | 0.077 | 0.0032 ± 0.0006 | 0.0003 | 0.015 | 0.0030 | 1 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.43 | 31 | 0.172 ± 0.034 | 0.018 | 0.850 | 0.193 | 0.037 | 0.0068 ± 0.0015 | 0.0004 | 0.040 | 0.0080 | 7 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.25 | 31 | 0.227 ± 0.044 | 0.012 | 1.100 | 0.255 | 0.065 | 0.0056 ± 0.0014 | 0.0003 | 0.043 | 0.0079 | 6 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.10 | 31 | 0.238 ± 0.040 | 0.017 | 0.895 | 0.232 | 0.054 | 0.0110 ± 0.0036 | 0.0004 | 0.109 | 0.0200 | 4 x 10 ⁻⁴ |
| + 0.05 | 31 | 0.167 ± 0.026 | 0.020 | 0.062 | 0.148 | 0.022 | 0.0090 ± 0.0025 | 0.0003 | 0.060 | 0.0139 | 2 x 10 ⁻⁵ |
| - 0.05 | 31 | 0.074 ± 0.009 | 0.010 | 0.211 | 0.051 | 0.003 | 0.0467 ± 0.0056 | 0.0080 | 0.128 | 0.0310 | 96 x 10 ⁻⁵ |

TABLA 3. Cont.

| Clases en mm | N | a | | | | | b | | | | |
|------------------------|----|----------------------------|--------|--------|-------|----------------|----------------------------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|
| | | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Máximo | Mínimo | S | S ² | $\bar{X} \pm \text{error}$ | Máximo | Mínimo | S | S ² |
| Ocre Estructural | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 33 | 0.069 ± 0.018 | 0.010 | 0.506 | 0.107 | 0.011 | 0.0048 ± 0.0009 | 0.0001 | 0.022 | 0.0053 | 3 x 10 ⁻⁵ |
| + 1.00 | 33 | 0.082 ± 0.022 | 0.010 | 0.600 | 0.131 | 0.017 | 0.0028 ± 0.0008 | 8 x 10 ⁻⁵ | 0.025 | 0.0047 | 21 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.43 | 33 | 0.145 ± 0.043 | 0.010 | 1.250 | 0.253 | 0.064 | 0.0053 ± 0.0014 | 0.0002 | 0.035 | 0.0082 | 67 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.25 | 33 | 0.239 ± 0.064 | 0.014 | 1.900 | 0.375 | 0.141 | 0.0067 ± 0.0020 | 0.0006 | 0.062 | 0.0113 | 13 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.10 | 33 | 0.242 ± 0.060 | 0.015 | 1.750 | 0.352 | 0.123 | 0.0088 ± 0.0021 | 0.0010 | 0.055 | 0.0120 | 15 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.05 | 33 | 0.227 ± 0.049 | 0.015 | 1.250 | 0.289 | 0.083 | 0.0120 ± 0.0035 | 0.0004 | 0.110 | 0.020 | 41 x 10 ⁻⁵ |
| - 0.05 | 33 | 0.095 ± 0.012 | 0.0001 | 0.332 | 0.072 | 0.005 | 0.0890 ± 0.0175 | 0.0001 | 0.573 | 0.100 | 0.0161 |
| Serpentinita Lixiviada | | | | | | | | | | | |
| + 1.60 | 28 | 0.022 ± 0.003 | 0.010 | 0.098 | 0.017 | 0.0003 | 0.0043 ± 0.0005 | 0.0010 | 0.011 | 0.0028 | 8 x 10 ⁻⁶ |
| + 1.00 | 28 | 0.028 ± 0.003 | 0.010 | 0.270 | 0.049 | 0.002 | 0.0013 ± 0.0002 | 0.0004 | 0.004 | 0.0009 | 8 x 10 ⁻⁷ |
| + 0.43 | 28 | 0.037 ± 0.013 | 0.010 | 0.360 | 0.066 | 0.004 | 0.0020 ± 0.0005 | 0.0004 | 0.011 | 0.0025 | 6 x 10 ⁻⁶ |
| + 0.25 | 28 | 0.056 ± 0.020 | 0.010 | 0.560 | 0.105 | 0.011 | 0.0024 ± 0.0004 | 0.0003 | 0.010 | 0.0023 | 54 x 10 ⁻⁷ |
| + 0.10 | 28 | 0.053 ± 0.011 | 0.010 | 0.320 | 0.059 | 0.003 | 0.0031 ± 0.0005 | 0.0006 | 0.012 | 0.0029 | 8 x 10 ⁻⁵ |
| + 0.05 | 28 | 0.053 ± 0.005 | 0.015 | 0.147 | 0.030 | 0.0009 | 0.0038 ± 0.0008 | 0.0010 | 0.021 | 0.0042 | 2 x 10 ⁻⁵ |
| - 0.05 | 28 | 0.049 ± 0.008 | 0.002 | 0.223 | 0.044 | 0.002 | 0.025 ± 0.0055 | 26 x 10 ⁻⁶ | 0.150 | 0.0298 | 89 x 10 ⁻⁵ |

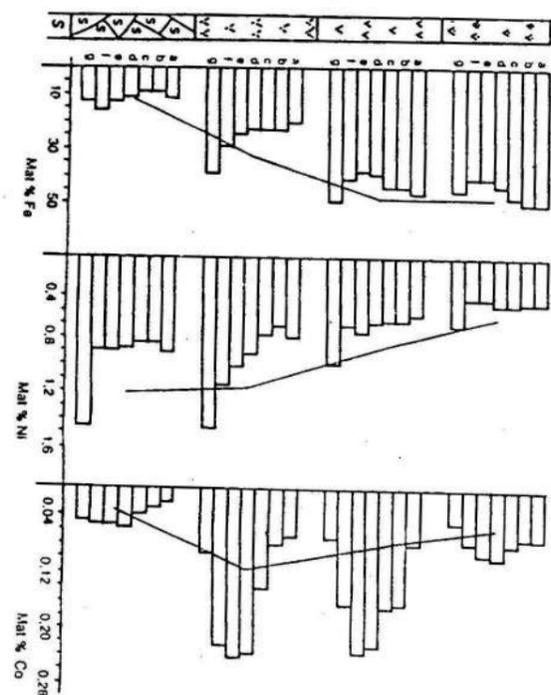


FIGURA 2. Distribución del contenido absoluto de hierro, níquel y cobalto, según el tamaño del grano en el perfil de la corteza de intemperismo de las rocas ultramáficas.

REFERENCIAS

1. ALMAGUER, A. y J. TRUTJE: "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Pineros de Mayarí. Exploración Orientativa". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1989.
2. "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Luz Norte. Exploración Detallada". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1983.
3. "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Canadá. Búsqueda Detallada". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1983.
4. "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Canadá. Exploración Orientativa". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1989.
5. ALMAGUER, A. y R. CASTILLO: "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Pico. Búsqueda Detallada". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1983.
6. ALMAGUER, A. y V. GUERRA: "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Santa Teresita". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1983.
7. ALMAGUER, A.: "Mineralogía y Geoquímica de las cortezas de intemperismo lateríticas de las rocas ultramáficas de la provincia de Holguín". Trabajo de Disertación para la obtención del título de Dra. en Ciencias Geológicas. Centro de Información Científico técnico de la Academia de Ciencias. La Habana, 1989.

8. ALMAGUER, A.: "Estudio de la composición sustancial de los sectores 1, 2, 3 y 4 del yacimiento Levisa. Exploración Orientativa". Banco de Datos de la Empresa Geólogo Minera de Oriente, Santiago de Cuba, 1989.
9. CARNELL, R. y R. GIOVANOLI: "Effect of cobalt on the formation of crystalline iron oxides from ferrihydrite in alkaline medio". Clay and Clay Minerals. Vol. 37, No. 1, 65-70, 1989.
10. ORTIZ, M. y J. TRUTIE: "Estudio de la composición sustancial del yacimiento Luz Norte parte Sur, Luz Sur. Exploración Detallada". Informe final. Centro Nacional de Fondo Geológico. La Habana, 1985.

AGRADECIMIENTO

Quisiéramos dar las gracias al grupo de cortezas de intemperismo de Santiago de Cuba que ayudó a la realización de algunos trabajos, a los trabajadores y especialistas de la Cátedra de Geoquímica y Mineralogía de la Escuela Superior de Minas de Ostrava, que con cariño colaboraron y en especial al ingeniero Alberto Hernández Flores, profesor asistente del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa por sus valiosas sugerencias.

¡Todo lo que usted necesita saber sobre protección y uso racional de los recursos!

En el Instituto Superior Minero Metalúrgico funciona el "Centro de Estudios de Protección y Uso Racional de Recursos Naturales" el cual oferta:

- Cursos de Post-grado
- Entrenamientos
- Consultorías
- Maestrías
- Evaluación del terreno
- Ensayos de laboratorio
- Asistencia Técnica
- Proyectos de Ingeniería Ambiental

Dirija su correspondencia a:
 Dr. Rafael Guardado Lacabe
 Instituto Superior Minero Metalúrgico
 Vice-Rectoría de Investigaciones y Postgrado
 Las Coloradas,
 Moa, Holguín,
 Cuba
 Telef.: 6 6678 - 6 4476 - 6 4214

Visítenos y disfrutará del cálido sol caribeño



APROVECHAMIENTO DE LA SERPENTINA NIQUELIFERA EN LA NEUTRALIZACION DE LOS LICORES DE DESECHO DE LA EMPRESA PEDRO SOTO ALBA. SEGUNDA PARTE

Ing. Osvaldo Granda
 Lic. Josefina Astorga
 Téc. Jaime Cheni

Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica.

RESUMEN: En el trabajo se estudia la recuperación del níquel contenido en las colas de serpentina, mediante la neutralización a altas temperaturas y presión el ácido libre residual de la pulpa lixiviada de mineral limonítico, utilizando como agente neutralizante el óxido de magnesio de las colas de serpentina.

La cola de serpentina requerida para el trabajo se preparó mediante neutralización del licor de desecho (WL) con serpentina calcinada.

ABSTRACT: In the present work studies is, the recuperation of the content nickel into serpentines tail, mean neutralization at higt temperature and pressure of the residual free acid from leached pulp pf limonitic mineral, making use of magnesium oxid as neutralizant agent.

INTRODUCCION

En la primera parte de esta serie [1] estudiamos la utilización del óxido de magnesio activo que se forma durante la calcinación de la serpentina como agente neutralizante del licor de desecho (WL). Como resultado se obtiene un licor de pH mayor que 5 libre de ácido sulfhídrico, en el cual se ha eliminado casi totalmente el cromo, el aluminio y el hierro y queda un residuo sólido de serpentina (cola) que contiene mucho menos magnesio que la serpentina original, sin afectar la masa inicial de níquel.

Se estudia la recuperación del níquel contenido en la cola de serpentina a través de la neutralización, a alta temperatura y presión, del ácido libre residual de la pulpa lixiviada de mineral limonítico, utilizando como agente neutralizante el óxido de magnesio de la cola de serpentina.

La cola de serpentina requerida para este trabajo se preparó mediante la neutralización del licor WL con serpentina calcinada en las condiciones óptimas anteriormente establecidas [1].

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Las pruebas iniciales de neutralización tuvieron como objetivo establecer la proporción adecuada de cola de serpentina y fueron realizadas adicionando 0,5 L del licor en estudio (aproximadamente 30 g/L de ácido libre) en una autoclave de laboratorio de un litro de capacidad a la temperatura ambiente, conjuntamente con la cantidad a estudiar de cola de serpentina seca (1,16 % de Ni, 84 % de Fe y 14,8 % de MgO).

Después de hermetizado el equipo se calentó hasta 255 °C (aproximadamente 4,2 MPa) y se mantuvo a esa temperatura durante el tiempo establecido en cada experimento.

Concluida la prueba, se enfrió la autoclave, se filtró al vacío la pulpa resultante, se separó el licor y el residuo sólido para su análisis químico.

En las pruebas finales de neutralización se estudió la influencia sobre el proceso de neutralización de la presencia de la cola de limonita, para lo cual se adicionaron

además a la autoclave 220 g de dicha cola, lo que dio una pulpa similar a la existente en el último reactor de Moa (aproximadamente 29 % de sólido) [3].

Considerando que la recuperación del níquel contenido en la cola de serpentina se realizará en las condiciones de operación existentes (tiempo y temperatura) en el cuarto reactor de lixiviación [3], se decidió estudiar solamente la relación ácido libre (ACL)/óxido de magnesio (ácido libre en el licor por gramo de óxido de magnesio en la cola de serpentina) sobre la eficiencia de disolución de los principales componentes de la cola de serpentina, así como la influencia de la presencia de níquel disuelto en el licor y de la cola de limonita en la pulpa. A modo de información, se analiza además la influencia del tiempo de neutralización a fin de conocer la diferencia entre la máxima disolución del níquel y la que se obtendrá en el tiempo de retención existente en el cuarto reactor de la planta industrial (aproximadamente 30 min.).