

CDU: 543 : 546.74

DETERMINACION EXPERIMENTAL DE LA DISTRIBUCION DE NIQUEL

ENTRE

MACROFASAS DE MINERAL LATERITICO CUBANO

C. Dr. Cecilia Cordeiro N., Lic. Alicia Cordeiro N., Universidad de La Habana, Ing. Nyls Ponce S., Instituto de Geología y Paleontología, C. Dr. Jorge Collazo G., Universidad de La Habana

RESUMEN

Se seleccionaron 8 muestras de ocre inestructurales provenientes de diferentes yacimientos cubanos, cuyos contenidos de hierro oscilan entre 37-51 % y los de níquel entre 1,0 y 1,62 %. Se trataron consecutivamente con 3 disolventes selectivos en el siguiente orden: $\text{NH}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$, $(\text{NH}_4)_2\text{H Cit}$, HCl concentrado.

Se aplicó el esquema de análisis químico de fases elaborado para minerales lateríticos cubanos, con el objetivo de determinar la cantidad de níquel asociado a las dos fases principales: goethita y serpentina.

El contenido de níquel, no unido estructuralmente, osciló entre 0,3-1,4 % con respecto al contenido total del elemento; el contenido asociado a los silicatos (serpentina) entre 6,5-22,8 %, y el níquel asociado a la goethita y las espinales entre 73,5-96,3 %.

ABSTRACT

Eight samples of unstructural ochres from different Cuban deposits, which content of iron ranges from 37 to 51 % and that of nickel from 1,0 to 1,62 %. These samples were successively treated with 3 selective solvents in the following order: $\text{NH}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$, $(\text{NH}_4)_2\text{H Cit}$, HCl concentrate.

With the purpose of determining the amount of nickel associated to the two main phases: goethite y serpentinite, it was applied the chemical analysis scheme of phases, prepared for Cuban lateritic ores.

The content of non-structurally associated nickel ranged between 0,3 and 1,4 % respect to the total content of the element, the content associated to silicates (serpentine) was between 6,5-22,8 % and the nickel associated to goethite and spinels was between 73,5 and 96,3 %.

Las cortezas de intemperismo ferro-niquelíferas constituyen enormes reservas para la recuperación de varios elementos importantes. El conocimiento de la distribución de los elementos, y en particular del níquel, en los numerosos minerales es un aspecto clave para la comprensión de las características del yacimiento, y para predecir su comportamiento durante el procesamiento tecnológico industrial.

Para procesar las menas niquelíferas en las plantas cubanas se emplean dos métodos hidrometalúrgicos de extracción de níquel. En ambos la efectividad de la extracción depende, entre otros factores, de la composición de fases de la mena y de la forma en que se encuentra presente el níquel en estas fases.

El establecimiento de la composición de fases de la materia prima es una tarea compleja, que requiere un trabajo muy laborioso para separar físicamente e identificar los portadores de níquel de la mena y evaluar la participación de cada uno en el contenido total del elemento.

El análisis químico de fases (AQF) es un método sencillo y rápido, que permite controlar la calidad de la mena. Este método consiste en la disolución consecutiva de las diferentes fases que integran la mena mediante extracción selectiva de los elementos presentes en cada fase.

En el presente trabajo se aplica un método AQF que permite determinar cuantitativamente la forma en que se distribuye el níquel entre los principales portadores (goethita y

serpentinás), así como el níquel presente en forma libre (no asociado estructuralmente). Además se aplica un disolvente selectivo a las fases amorfas de hierro en presencia de goethita que permite determinar el contenido de hierro presente fuera de la estructura de la goethita.

Parte experimental

Las muestras investigadas fueron tomadas de testigos de los pozos de perforación de los yacimientos Levisa, Camarioca norte y Camarioca este. Todas ellas proceden de la zona de ocres inestructurales. Generalmente la profundidad osciló entre 1,20 - 4,70 m, y sólo una muestra de las analizadas fue tomada a la profundidad de 9,0 - 10,0 m.

Macroscópicamente, ellas están compuestas fundamentalmente por agregados ocroso-arcillosos (> 95 %) cuya fase mineralógica predominante es la goethita-hidrogoethita (Ponce, Saunders y otros, 1980). Los colores de estos ocres varían desde el carmelita claro hasta el carmelita oscuro, pasando por tonalidades amarillentas y verdosas; aunque en cada muestra el color es homogéneo. Se observaron en todos los casos pequeñas manchas negras asociadas a minerales de manganeso, del grupo de las espinelas. Es interesante señalar que apenas se presentan concreciones de hierro (perdigones). Se observaron además restos de raicillas en algunas muestras.

Todos los materiales correspondieron a la clasificación industrial de menas lateríticas de balance

(LB). Los contenidos de hierro oscilan entre 37-51 % y los de níquel entre 1,0-1,62 %.

Los contenidos de hierro, níquel, cobalto, manganeso y sílice se muestran en Tabla 1 y resultan típicos de las menas lateríticas oxidadas.

Los resultados de su caracterización mediante DRX muestran una fase principal de goethita e impurezas de hematita, magnetita, clorita y cuarzo. Los derivatogramas muestran la presencia de agua de adsorción, así como el efecto de des

hidroxilación de la goethita a temperatura entre 310-335 °C y pérdidas de peso entre 8,8 - 12,8 %

La presencia de fases amorfas de hierro se determinó mediante la utilización de una disolución $H_2C_4O_4 - (NH_4)_2 C_2O_4$ de concentración molar igual a $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ de pH 3. Este disolvente en condiciones controladas: tiempo de tratamiento, ausencia de luz natural, disuelve selectivamente al hierro amorfo en presencia de goethita [1, 4, 5, 6]

En la tabla 2 se muestran los resultados promedio de 6 tratamientos.

TABLA 1 CONTENIDOS DE ALGUNOS ELEMENTOS EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS

Muestra	Contenido (%)					
	Ni	Fe	Mn	Co	SiO ₂	H ₂ O
Camarioca Norte						
36 279	1,01	50,52	0,22	0,04	2,22	10,3
73 431 A	1,61	39,99	0,60	0,19	2,62	10,5
35 279/2	1,62	49,23	0,79	0,12	4,15	8,8
Camarioca Este						
13 174/2	1,32	48,84	0,26	0,04	1,92	12,8
18 873/4	1,19	45,94	0,85	0,20	2,72	10,4
Levisa						
72 966	1,13	45,99	0,65	0,16	2,37	10,6
46 006	1,30	50,46	0,42	0,19	2,67	12,2
46 004	1,18	37,00	0,54	0,10	15,98	11,4

TABLA 2 CONTENIDO DE HIERRO AMORFO EN LAS MUESTRAS ANALIZADAS TRATAMIENTO CON $H_2C_2O_4 - (NH_4)_2C_2O_4$ pH = 3)

Muestra	% Fe total	% Fe amorfo
Camarioca norte		
36 279	50,52	1,4
73 431 A	39,99	2,3
35 279/2	49,23	1,8
Camarioca este		
13 174/2	48,84	1,4
18 873/4	45,94	1,4
Levisa		
46 004	37,00	1,3
46 006	50,46	1,4
72 966	45,99	1,2

Como puede observarse, el hierro presente como fase amorfa constituye menos del 2 % del contenido total del elemento, en la mayoría de los casos (solamente en una muestra es > 2 % (2,25 %)).

Estos resultados experimentales demuestran que las goethitas de los yacimientos cubanos presentan una cristalinidad buena, a pesar de poseer tamaños de partículas pequeños. Posteriormente se evaluó mediante la utilización de disolventes selectivos el contenido de las diferentes fases minerales presentes en las menas oxidadas, y la distribución del níquel y del cobalto en las mues-

tras investigadas, con este propósito se utilizó el Esquema 1 [2, 3] En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos al aplicar el esquema de disolución selectiva de las diferentes fases minerales presentes en cada una de las muestras.

Los altos contenidos de manganeso y sílice en los extractos de citrato de amonio corroboran la disolución de los minerales de manganeso y los silicatos, de la misma forma que los contenidos de hierro en HCl confirman la disolución de la goethita magnetita.

ESQUEMA 1 DISOLUCION SELECTIVA DE MINERAL LATERITICO

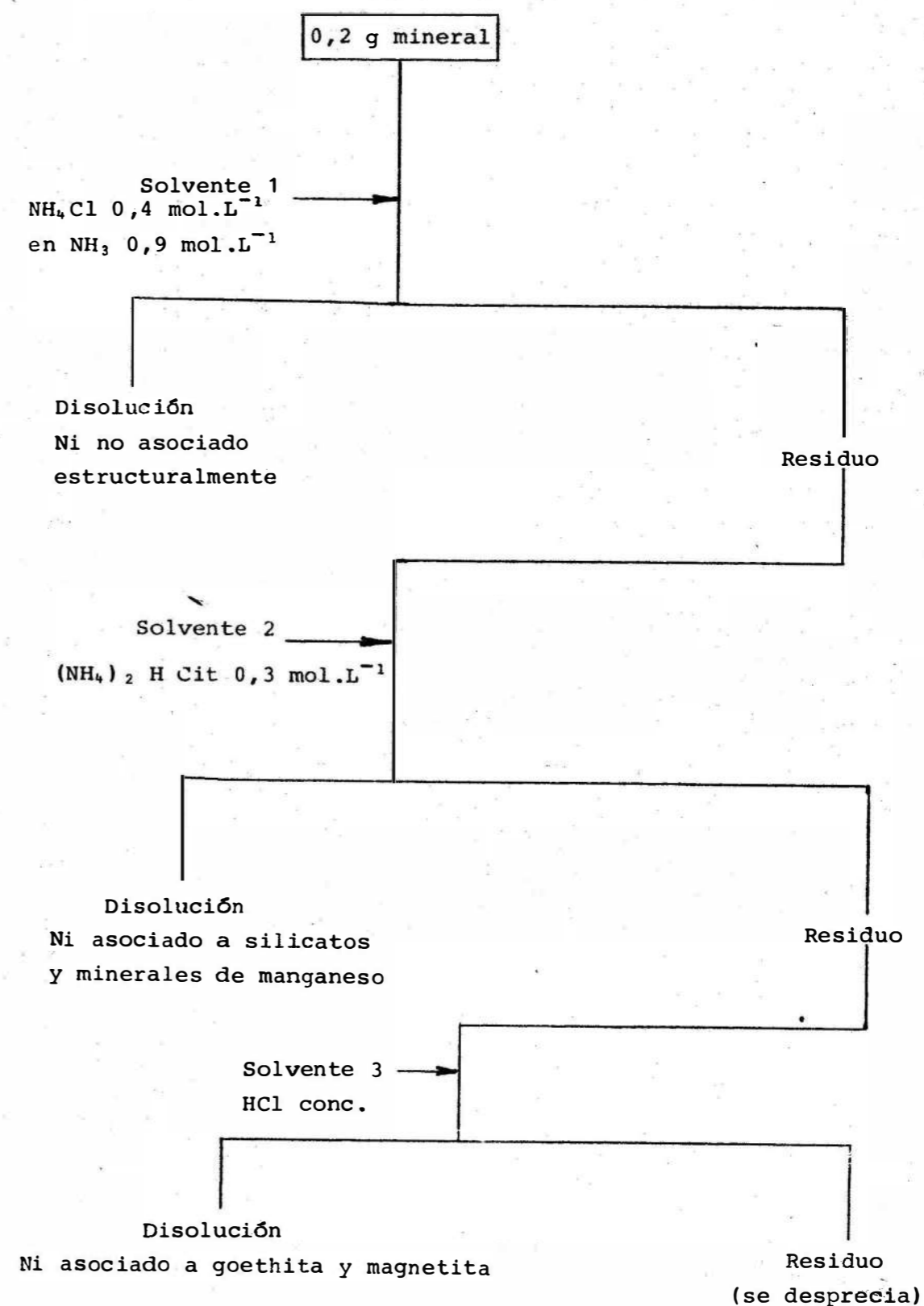


TABLA 3 DISOLUCION DE LOS ELEMENTOS DE INTERES EN LOS SOLVENTES SELECTIVOS (n=3)

Muestra	Solv	% Ni	% Fe	% Mn	% Co	% SiO ₂
CN 36 279	NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,5	-	-	-	48,6
	Cit	6,5	1,0	18,8	100,0	49,4
	HCl	96,3	98,6	81,3	-	2,4
	Σ	103,3	99,6	100,1	100,0	100,4
CN 73 431 A	NH ₄ /NH ₃	1,0	-	-	-	47,6
	Cit	14,6	2,2	79,2	66,6	49,9
	HCl	87,2	99,5	22,9	33,3	2,4
	Σ	102,8	101,7	102,1	99,9	99,9
CN 35 279/2	NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,3	-	-	-	38,0
	Cit	11,7	1,7	31,8	70,0	60,2
	HCl	84,7	96,4	73,0	30,0	1,8
	Σ	96,7	98,1	104,8	100,0	100,0
CE 13 174/2	NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,4	-	-	-	51,8
	Cit	2,9	1,2	14,3	100,0	46,0
	HCl	93,8	98,3	85,7	-	2,0
	Σ	97,1	99,5	100,0	100,0	99,8
CE 18 873/4	NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,7	-	-	-	40,4
	Cit	17,4	1,0	88,2	87,5	60,3
	HCl	85,0	97,4	17,6	12,5	0,9
	Σ	103,1	98,4	105,8	100,0	101,6
LEV 72 966	NH ₄ ⁺ /NH ₃	0,5	-	-	-	29,0
	Cit	22,8	1,0	94,2	80,8	67,5
	HCl	73,5	96,7	7,7	23,1	3,8
	Σ	96,8	97,7	101,9	103,9	100,3
LEV 46 006	NH ₄ ⁺ /NH ₃	1,0	-	-	-	61,9
	Cit	10,1	1,4	61,8	80,0	37,4
	HCl	85,2	100,4	41,2	20,0	2,2
	Σ	96,3	101,8	103,0	100,0	101,5
LEV 46 004	NH ₄ ⁺ /NH ₃	1,4	-	-	-	49,7
	Cit	18,7	1,4	44,2	62,5	49,6
	HCl	79,2	98,7	55,8	37,5	0,7
	Σ	99,3	100,1	100,0	100,0	100,0

TABLA 4 DISTRIBUCION DEL NIQUEL Y EL COBALTO EN MACROFASES DE MINERAL LATERITICO (n=8) (3 REPLICAS)

Solvente	% Ni		% Fe		% Mn		% Co		% SiO ₂	
	media	intervalo	media	intervalo	media	intervalo	media	intervalo	media	intervalo
NH ₄ Cl - NH ₃	0,7	0,3 - 1,4	-	-	-	-	-	-	45,9	29,0-61,9
(NH ₄) ₂ H Cit	13,1	6,5-22,8	1,4	1,0 - 2,2	54,0	14,3-94,2	80,9	62,5-100	52,5	37,4-67,5
HCl	85,6	73,5-96,3	98,3	96,4 -100	48,2	7,7-81,3	19,6	12,5- 37,5	0,7-	3,8

En la Tabla 4 se muestran los resultados medios de distribución del níquel y el cobalto en las diferentes fases (solventes), así como el intervalo en que oscilan los mismos.

La mezcla cloruro amoniacal disuelve el níquel, no asociado estructuralmente o adsorbido superficialmente; pero que no ha sido aislado de los minerales cubanos como fases independientes.

Los resultados muestran contenidos entre 0,3 - 1,4 % respecto al total de níquel de estos materiales.

El citrato dibásico de amonio disuelve conjuntamente de fases: serpentina e hidróxidos de manganeso. Los contenidos de níquel asociados a estas fases oscilan entre 7-23 %, y los de manganeso entre 14-94 % indicando una cristalinidad diferente entre los hidróxidos de este elemento. Los contenidos de cobalto disueltos (62-100 %) evidencian su casi completa asociación a los hidróxidos de manganeso.

Los bajos contenidos de hierro, entre 1-2 %, indican que las goethitas no se disuelven conjuntamente con las serpentinas.

El tratamiento con HCl permite determinar la asociación del níquel con oxihidróxidos y espinales (magnetita-cromita). Como se observa en estas muestras oscila entre 74-96 % y el hierro entre 96-100 %.

En algunas muestras se observa un alto contenido de manganeso presente, indicando la probable existencia de compuestos más cristalinos de manganeso. Los contenidos de cobal

to en estos casos están entre 12-37 %
El contenido de sílice en las muestras de ocre inestructurales es inferior al 5 % (sólo en un caso es superior a 10 %) por lo que la cantidad de silicatos presentes es muy pequeña. Es probable la presencia de sílice amorfa en esta zona del

perfil laterítico, lo que se confirma con la extracción de SiO_2 entre 30-60 % en la mezcla cloruro amoniacal. El citrato diabásico de amonio extrae la casi totalidad del resto de la sílice presente en las muestras.

CDU: 542.943

CONCLUSIONES

Se comprobó experimentalmente mediante el análisis químico de fases, en muestras de ocre inestructurales, el papel de la goethita como portador principal de níquel en la zona de los ocre inestructurales.

Se comprobó la presencia de una cantidad muy pequeña de hierro amorfo (1-2 %).

La cantidad de níquel asociada a fases amorfas de hierro, manganeso, y silicatos (Ni extraído en $(\text{NH}_4)_2\text{Cit}$ < 25 %) tiene importancia secundaria.

ria con respecto al níquel asociado a la goethita.

En citrato diabásico de amonio se extrae el manganeso en 3 niveles de extracción: 15 - 20 % ; 40 - 60 % ; 80 - 90 % que a estos valores corresponde la cantidad de cobalto que se extrae en este disolvente (superior a 60 %). Ello pudiera indicar una diferencia en la cristalinidad de los minerales de manganeso en la corteza de intemperismo ferroniquelífera.

REFERENCIAS

1. BANGUELA, Z. : Determinación del hierro amorfo presente en minerales lateríticos. Trabajo de Diploma. Universidad de La Habana, 1982
2. COLLAZO G., J. : Fazovii Jimicheskii analiz nikelovij serpentinitovo-okisnij rud kori vivetrivania kubi. Tesis de Candidatura. Univ. Estatal Moscú, 1980
3. CORDEIRO N., C. : Análisis químico de fases en meras lateríticas oxidadas de la corteza de intemperismo de Cuba. Tesis de candidatura. Universidad de La Habana, La Habana, 1981
4. DOMINGUEZ, F. : Evaluación de la presencia de fases amorfas de hierro en óxidos de hierro hidratados. Trabajo de Diploma. Universidad de La Habana, La Habana, 1980
5. LANDA, E. R., GAST, R. G. : "Evaluation of crystallinity in hydrated ferric oxides". *Clays and clay minerals* No. 21, p. 121-130, 1973
6. PAWLUK, S. : "Measurement of crystalline and amorphous iron removal in Soils". *Can. J. Soil Sci.* No. 52, p. 119-123, 1972

REDUCCION CONJUNTA

DE

OXIDOS DE HIERRO Y NIQUEL EN CONDICIONES NO ISOTERMICAS

Ing. Jesús Ortiz B., Centro de Investigaciones Siderúrgicas, C. Dr. Vera Vacilevna L., Ing. Vladimir Alekandrovich K., Instituto de Acero y Aleaciones de Moscú, Ing. Antonio Muñoz M., Instituto Superior Minero Metalúrgico

RESUMEN

En el trabajo se obtuvieron las regularidades cinéticas de la reducción conjunta del óxido de níquel y la magnetita (Fe_3O_4) con carbono e hidrógeno en condiciones no isotérmicas.

Se muestra que a medida que se aumenta la cantidad de óxido de níquel en la mezcla con la magnetita, el proceso se traslada hacia el intervalo de menores temperaturas a pesar de la formación de ferrita de níquel (NiFe_2O_4) como composición transitoria.

ABSTRACT

In the present work the kinetic regularities of the combined reduction of nickel oxide and magnetite (Fe_3O_4) with carbon and hydrogen under non-isothermal conditions are established.

Thus showing that the process moves to the lower temperature interval, as the amount of nickel oxide in mixture with magnetite increases; in spite of the formation of nickel ferrite (NiFe_2O_4) as transient composition.