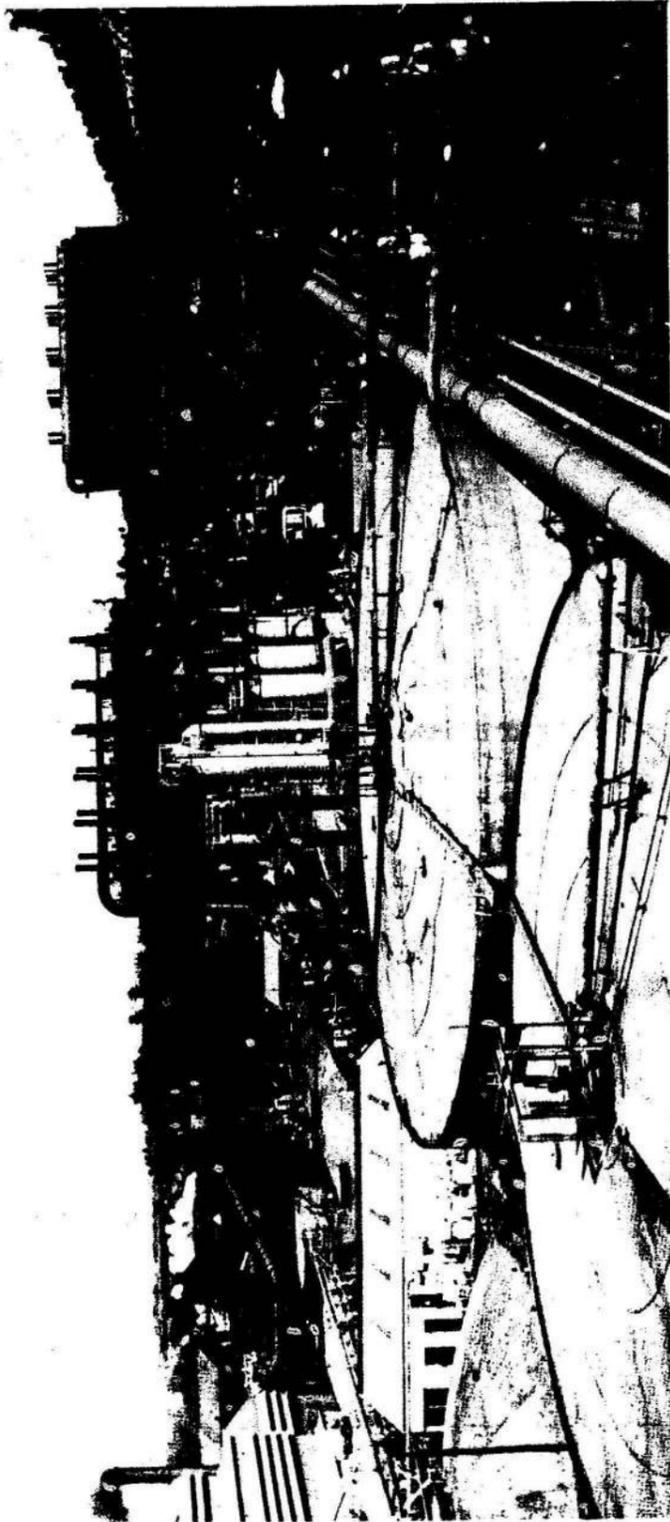


CDU: 543: 669.053.4 (729.1)



Hornos de reducción de soleras múltiples del Combinado Minero Metalúrgico
Rená Ramos Latour en Nicaro, provincia Holguín

ANÁLISIS QUÍMICO DE FASES EN LATERITAS CUBANAS

C.Dr. Cecilia Cordeiro N. ; C.Dr. Jorge Collazo G. ; Universidad de La Habana ; C.Dr. Nina T. Voskrenskaya ; Universidad Estatal de Moscú

RESUMEN

Se elaboró un método de análisis químico de fases para menas níquelíferas oxidadas de la corteza de intemperismo cubana, éste está basado en la disolución selectiva de estas fases minerales en diferentes disolventes, y permite determinar las siguientes formas de níquel.

- níquel fácilmente soluble, adsorbido, no enlazado estructuralmente.
- níquel asociado a silicatos y a minerales de manganeso.
- níquel asociado a oxihidróxidos y óxidos de hierro y cromo.

Se aplicó sobre menas lateríticas oxidadas con resultados satisfactorios, por lo que se recomienda para el control de la calidad del mineral de alimentación de la industria del níquel, y en la prospección geológica de los yacimientos níquelíferos cubanos.

ABSTRACT

A method of phase chemical analysis for the oxide nickel ores proceeding from the weathering a cuban crust was elaborated based on selective dissolution of mineral phases in different solvents. This methods permits determination of the following nickel forms:

- Nickel readily soluble, adsorbed and structurally not banded.
- Nickel associated with silicates and manganese.
- Nickel associated with oxihydroxides and oxides of iron and chrome.

This method was applied to oxidised lateritic ores with satisfactory results for wich reason recommendation is made in the quality control of the feed mineral in the nickel industry and in geological prospection of cuban nickel deposits.

Para procesar las menas niquelíferas cubanas se emplean dos métodos hidrometalúrgicos: lixiviación ácida y lixiviación carbonato-amoniaco. En este tipo de proceso industrial la efectividad de la extracción del níquel depende, entre otros factores, de la composición de fases de la mena, y de la forma en que está presente el níquel en estas fases.

Hasta la fecha, a pesar de que la planta de Nícaro produjo el primer lote de óxido de níquel en 1943, no se cuenta con un método que permita controlar sistemáticamente la composición de fases del mineral que se explota. El tecnólogo sólo recibe datos químico-analíticos de contenidos totales de los elementos principales del mineral (Ni, Co, Fe, Mg, SiO₂) sin que se conozca la distribución del níquel entre los diferentes portadores.

La necesidad de solucionar estos problemas es creciente, ya que las reservas disponibles disminuyen, lo que hace imprescindible la elevación de la eficiencia tecnológica con el fin de lograr un aprovechamiento más racional de nuestros recursos minerales. Por otra parte, se construirán en un futuro inmediato nuevas plantas que utilizarán al esquema de lixiviación carbonato-amoniaco y el mineral que alimentará a estas fábricas debe ser caracterizado en cuanto a su composición de fases desde la etapa de prospección geológica de los yacimientos.

El establecimiento de la composi-

ción de fases de la mena es una tarea muy laboriosa que requiere identificar, separar físicamente los minerales portadores de níquel, y evaluar la participación de cada uno de ellos en el contenido total del elemento. Este trabajo puede extenderse a varios meses e incluso años.

El análisis químico de fases (AQF) es un método sencillo y rápido, que permite controlar en las condiciones de cualquier laboratorio de minerales la calidad de la mena. El AQF se basa en la disolución sucesiva de las distintas fases integrantes de la mena, mediante la utilización de solventes selectivos para una fase particular en presencia de otras.

En la bibliografía no se encuentran descritos métodos de AQF de minerales lateríticos, por lo que el objetivo central de nuestro trabajo estuvo encaminado al establecimiento de un método para las menas niquelíferas de la corteza de intemperismo cubana. En algunos trabajos realizados por edafólogos se separan oxihidróxidos de hierro de silicatos, pero ninguno de los disolventes utilizados tiene una selectividad satisfactoria para nuestros fines: evaluar el contenido de níquel asociado a los diferentes minerales que integran las menas lateríticas oxidadas.

Industrialmente las menas lateríticas cubanas se clasifican en dos tipos: LB y SB. En la tabla 1 se muestra la composición sustancial promedio de estas menas sobre la

base del recálculo mineralógico. Estos datos son promedios de un número

representativo de muestras de 7 yacimientos de la provincia Holguín [4]

Tabla 1 Composición sustancial promedio de menas níquelíferas de la corteza de intemperismo de Cuba (1)

Mineral	% en peso de la mena	
	Menas S. B.	Menas L. B.
goethita-hidrogoethita y hematita	32,6	71,2
serpentina y nontronita	48,1	3,8
magnetita-maghemita	1,3	2,5
silicatos arcillosos	5,7	3,2
gibbsita	3,6	10,0
minerales de manganeso	1,0	2,4
crooespinelas	3,7	4,9
cuarzo	3,8	2,1
carbonatos	+	+
Total	99,8	100,1

Los portadores principales de níquel en ambos tipos de menas son la goethita-hidrogoethita y la serpentina. Estos minerales generalmente contienen entre 1 y 2 % Ni, aunque ocasionalmente las serpentinas pueden contener más de 2 % Ni. Portadores secundarios son otros silicatos (clorita, nontronita, ferrihloysita), óxidos de hierro (magnetita-maghemita), minerales de manganeso y crooespinelas.

Parte experimental

Para la elaboración del método de AQF es necesario disponer de fases minerales con un alto grado de pureza, sobre las que se pueda estudiar

la acción de los diferentes disolventes para la disolución selectiva del níquel asociado a las mismas.

En los yacimientos níquelíferos cubanos no se han aislado fases correspondientes a minerales de níquel. Por este motivo se sintetizó en el laboratorio de hidróxido y óxido de níquel.

Algunas otras fases pudieron separarse de los minerales lateríticos mediante métodos físicos. En el caso de minerales con tamaños de partículas muy pequeñas la dispersión de las mismas no permitió obtener fracciones monominerales; por lo que también se sintetizaron en el

laboratorio diferentes materiales con contenidos de níquel similares a los reportados en minerales naturales [2].

Se establecieron las principales propiedades químico físicas mediante la utilización de varios métodos analíticos: DRX, ATD, Espectrometría Mössbauer, Espectroscopía IR y se determinó además la composición química de todos los materiales naturales y sintéticos. Una vez caracterizadas las diferentes fases se procedió a la búsqueda de los disolventes selectivos para cada fase en particular. Este disolvente deberá llevar a la solución más del 90 % del níquel contenido a una fase particular, sin disolver más del 10 % del níquel asociado a las demás. En la selección del disolvente hay que considerar no sólo las propiedades de los minerales sino también de los disolventes.

Primeramente se procedió a la búsqueda de un disolvente que permita

la disolución del níquel, adsorbido superficialmente o en forma de carbonato, hidróxido u óxido de níquel. La disolución del níquel en estos materiales está basada en la propiedad de este elemento de formar complejos cloruro amoniacales de gran estabilidad. Se estudió la influencia de la concentración del disolvente y de la temperatura sobre el hidróxido y el óxido de níquel.

Para lograr una disolución alta de níquel y una buena selectividad se seleccionaron las siguientes condiciones: tratamiento con disolución de 0,4 M NH_4Cl en 0,9 M NH_3 (ac.), a una temperatura 70 °C, realizando de 1-2 extracciones de 1 h de duración cada una [3]. Se comprobó la acción de este disolvente sobre otros minerales presentes en las menas oxidadas. Los resultados se muestran en las tablas 2 y 3. Como se observa la selectividad de este disolvente es satisfactoria.

Tabla 2 Resultados de la aplicación del disolvente: NH_3 0,9 M + NH_4Cl 0,4 M para las formas libres de níquel sobre serpentinas

Muestra	Contenido total (%)			Contenido disuelto (%)		
	Ni	Mg	SiO_2	Ni	Mg	SiO_2
2	1,05	19,5	41,08	6,3	0,5	2,5
4	1,57	19,7	44,40	8,4	0,7	4,0
11	2,46	20,7	39,95	7,7	0,9	4,0
12	2,34	20,1	40,34	10,4	1,2	4,0
22	1,59	14,55	36,9	8,3	1,1	3,7
25	0,21	22,95	38,42	4,1	2,0	3,2
26	1,72	21,95	41,95	8,2	0,7	3,1
27	2,70	11,75	44,93	9,9	4,5	4,4
Promedio				7,9	1,5	3,6

Tabla 3 Resultados de la aplicación del disolvente: NH_3 0,9 M + NH_4Cl 0,4 M para las formas libres de níquel sobre minerales oxidados

Muestra	Contenido total Ni (%)	Contenido disuelto Ni (%)
Goethitas		
78/9	1,25	0,8
15 076/4	1,30	0,8
73 486/2	1,05	0,9
16 246/3-7	1,38	0,4
378/14	1,13	trazas
PC/12	0,82	1,2
29 245/17	1,20	1,6
Sintética	1,05	3,3
Promedio		1,3
Magnetitas		
40 346/3	0,32	3,1
40 346/2	0,46	trazas
73 481	0,69	0,8
73 586/1	0,42	trazas
46 001/3	0,63	0,8
Promedio		
Hidróxidos de manganeso		
Sintético	0,90	4,3
Natural	6,25	2,1
Promedio		3,2
Cromita	0,13	trazas

Se estudiaron y optimizaron las condiciones para la disolución cuantitativa del níquel asociado a los filosilicatos cubanos, y se propuso

con este fin el tratamiento con una disolución 0,3 M $(\text{NH}_4)_2\text{H Cit}$, a una temperatura de 90 °C, 2-3 extracciones de 1 h cada una [4]

Los resultados obtenidos al aplicar este tratamiento se muestran en las tablas 4 y 5. La selectividad de este disolvente resulta satisfactoria, excepto para los minerales de manganeso. La alta disolución de

níquel en algunas muestras naturales, se debe a la presencia de impurezas de silicatos y óxidos de manganeso, según se comprobó con los métodos químico-físicos utilizados en su caracterización.

Tabla 4 Resultados de la aplicación del disolvente $(NH_4)_2 H Cit$ 0,3 N sobre serpentinas

Mineral	% disolución del elemento			
	Ni	Mg	Fe	SiO
Serpentina				
12	97,8	98,8	80,5	-
11	93,4	72,2	61,2	-
26	90,7	93,2	63,3	95
4	85,1	92,8	75,6	81,4
22	83,5	85,6	45,3	80,6
2	75,6	89,1	47,3	84,7
25	70,8	77,8	56,6	81,2
Serpentina nontronitizada				
27	85,7	91,4	45,2	-
Promedio	85,3	87,7	59,4	84,6

Aunque se conoce que los minerales de manganeso concentran altas cantidades de níquel y cobalto, su presencia en las menas LB y SB es insignificante. Por tanto no se comete un error apreciable al eva-

luar el níquel asociado a las serpentinas conjuntamente con el asociado a los minerales de manganeso

El residuo proveniente del tratamiento con citrato dibásico de

amonio se trató con ácido clorhídrico concentrado, con el cual se di-

solvieron las fases de goethita, magnetita y cromita.

Tabla 5 Resultados de la aplicación del disolvente $(NH_4)_2 H Cit$ 0,3 M sobre minerales oxidados

Mineral	Contenido total (%)		Contenido disuelto (%)	
	Ni	Fe	Ni	Fe
Goethita				
78/9	1,25	50,49	6,7	0,9
15 076/4	1,30	51,17	2,4	0,9
73 486/2	1,05	47,38	2,7	0,7
16 246/3	1,38	48,18	5,6	1,2
PC/12	0,82	46,37	6,1	1,2
29 245/17	1,20	42,40	4,5	1,1
378/14	1,11	45,44	3,4	N.D.
Goethita sintetizada				
	1,05	57,38	7,6	N.D.
Promedio				
			6,5	0,7
Magnetitas				
40 346/3	0,32	58,77	3,1	N.D.
40 346/2	0,46	59,09	5,4	"
73 481/4	0,69	60,29	5,8	"
73 586/1	0,42	59,43	3,0	"
46 001/3	0,63	57,11	10,3	"
Promedio				
			5,5	
Cromita				
18 873/3	0,13	N.D.	Tr.	N.D.
Hidróxidos de manganeso				
Natural	6,3	-	100	-
Sintetizado	0,9	-	100	-

Todos los resultados obtenidos pueden combinarse para proponer un orden de aplicación consecutiva de los disolventes, que permita evaluar cuantitativamente el contenido de níquel asociado a diferentes fases.

Para verificar la exactitud y la reproducibilidad del método de AQF se prepararon mezclas de minerales a partir de las fracciones monomineralógicas individualmente, en proporciones que corresponden a su participación en las menas LB.

Tabla 6 Composición mineralógica de las mezclas artificiales que corresponden a menas del tipo LB

Mineral	Muestra	Fracción del mineral en la mena (%)					
		LB1	LB2	LB3	LB4	LB5	LB6
Goethita	1 078/8	70	-	-	-	-	-
"	15 076/4	-	70	-	-	-	-
"	Sintética	-	-	70	-	-	70
"	1 178/24	-	-	-	70	-	-
"	1 178/26	-	-	-	-	70	-
Serpentina	12	26	26	30	20	-	-
"	27	-	-	-	10	10	10
"	11	-	-	-	-	20	20
Magnetita	40 346/3	1	1	-	-	-	-
Cromita	18 873/9	1	1	-	-	-	-
Elizabinskita	-	2	2	-	-	-	-

En la Tabla 7 se presenta la distribución del níquel por fases obtenida mediante AQF y calculada sobre la base del contenido de níquel que aporta cada mineral en la mezcla. Los resultados obtenidos son muy satisfactorios en particular en las muestras LB2, LB3 y LB6 que se prepararon con la goethita natural más pura y con goethita sintética; las muestras LB1, LB4 y LB5

se prepararon con goethitas naturales con impurezas de silicatos y oxihidróxidos de manganeso. Por este motivo, en estos últimos, el contenido de níquel hallado en la fase silicato es superior al valor teórico, mientras que el asociado a la fase de oxihidróxidos de hierro es menor.

Una característica preliminar de la reproducibilidad del método de

AQF puede darse mediante la desviación standar ($Sr = \frac{S}{\bar{x}}$)
Para la determinación del níquel

asociado a los silicatos $Sr = 3,3\%$
para el níquel asociado a los oxihidróxidos de hierro $Sr = 2,1\%$.

Tabla 7 Resultados del AQF de las formas de níquel presentes en menas oxidadas

Mena	Contenido total Ni. (%)	Fase	Añadido	Hallado	Error absoluto	Error relativo (%)
LB3	Calc. 1,46	S	51,2	50,2	- 1,0	2,0
	Real 1,50	O	48,8	48,9	+ 0,1	0,2
			100,0	99,1		
LB6	Calc. 1,48	S	50,2	50,5	+ 0,3	0,6
	Real 1,44	O	49,8	49,0	- 0,8	1,6
			100,0	99,5		
LB4	Calc. 1,66	S	44,3	50,5	+ 6,2	14,0
	Real 1,67	O	55,7	48,6	- 7,1	12,7
			100,0	99,1		
LB5	Calc. 1,48	S	50,2	60,2	+10,0	20,0
	Real 1,52	O	49,8	41,0	- 8,8	17,7
			100,0	101,2		
LB1	Calc. 1,46	S	47,0	57,7	+10,7	22,8
	Real 1,50	O	53,0	42,4	-10,6	20,0
			100,0	100,1		
LB2	Calc. 1,60	S	42,9	43,7	+ 0,8	1,9
	Real 1,60	O	57,1	56,8	- 0,3	0,5
			100,0	100,5		

S : Ni asociado a silicatos, oxihidróxidos de manganeso y formas fácilmente solubles.

O : Ni asociado a oxihidróxidos de hierro (goethita) y óxidos de hierro y cromo.

Conclusiones

Se estudió la solubilidad de distintas fases minerales, aisladas de las menas lateríticas o sintetizadas en el laboratorio, en diferentes disolventes y se establecieron las condiciones para la disolución selectiva de las mismas

Se elaboró un método del Análisis Químico de Fases (AQF) para menas níquelíferas oxidadas de la corteza de intemperismo cubana, que permite determinar las siguientes formas de níquel.

- níquel fácilmente soluble, adsorbido, no enlazado estructuralmente (disolución 0,4 M NH_4Cl en NH_3 0,9 M).

- níquel asociado a silicatos y a minerales de manganeso (disolución 0,3 M de citrato dibásico de amonio).

- níquel asociado a oxihidróxidos y óxidos de hierro y cromo (ácido clorhídrico concentrado).

Se aplicó el método de AQF sobre mezclas artificiales de composición similar a la de las menas LB con resultados satisfactorios.

El coeficiente de variación resultó de 3,3 % y 2,1 % para las fases de silicato y oxihidróxidos de hierro respectivamente.

El método AQF elaborado puede ser recomendado para el control de la calidad del mineral de alimentación de nuestra industria de níquel, así como en la prospección geológica de los yacimientos niquelíferos cubanos.

Referencias

1. COLLAZO, J. : "Fazovii Khmicheskii analiz nikelovikh serpentinitovo-okisnikh rud kory vivetrivanya kuby". Tesis. Universidad Estatal de Moscú, 1980.
2. CORDEIRO N. , C. y otros: "Caracterización de goethitas sintéticas sustituidas" en Rev. Cubana de Química. V II No. 4, 1986.
3. CORDEIRO, N. , C. ; J. COLLAZO; N. VOSKRESENSKAYA: "Solubilidad del níquel asociado con diferentes minerales". en La Minería en Cuba; v. 3, N. 1, P. 48-53, 1977.
4. PONCE S. , N. y otros: Informe del tema 57-01. Cortezas de intemperismo niquelíferas. CIG. 1980.

CDU: 622.142

ANALISIS

DE LA ESTABILIDAD EN LAS EXCAVACIONES MINERAS ABANDONADAS

C. Dr. Roberto Blanco T. ; Ing. Gilberto Sargentón R. Instituto Superior Minero Metalúrgico ; Ing. Elio Rodríguez L. ; Empresa Minera Holguín

RESUMEN

Inicialmente se hace un breve recuento de los métodos analíticos más usados en la actualidad para valorar la estabilidad de las excavaciones, como ilustración se da la forma de valorar la estabilidad de excavaciones laboreadas a través de diferentes tipos de rocas.

Se propone un método de valoración de la estabilidad utilizando los resultados de trabajos experimentales, mediante el empleo de un coeficiente obtenido a partir de la determinación de la resistencia de la roca a distintas distancias del contorno de la excavación.

ABSTRACT

Initially a brief account of the analytical methods most commonly used at present to assess the stability of excavations is given. As an illustration, a way of assessing the stability of workable excavations through different type of rocks is also given.

A method of assessing stability using results from experimental work by way of a coefficient obtained parting from the determination of rock resistance at different distances of excavation profile is proposed.