

Tratamiento de un concentrado aurífero refractario vía tostación - cianuración

L.A. Meza, R. Jaramillo y C.M. Gómez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas - CIMEX
A.A. 1027 Medellín - Colombia

RESUMEN

En esta investigación se realizó el tratamiento de un concentrado aurífero procedente de la mina "Echandía", localizada en Marmato, Caldas, Colombia, mediante el empleo de un proceso combinado de tostación previa y posterior cianuración.

Las pruebas de tostación se realizaron variando la temperatura de tostación en un rango de 375-625° C y la granulometría desde 65 hasta 200 mallas con el fin de determinar la combinación de estas variables que den la extracción máxima de oro a partir de la calcina la cual debe estar lo suficientemente porosa para que la solución cianuro pueda actuar sobre las partículas liberadas de oro.

Las pruebas de cianuración se ejecutaron bajo condiciones previamente seleccionadas: velocidad de agitación, 1200 r.p.m., pH de la solución, 10.5, dilución de pulpa 3 a 1, concentración de cianuro, 2 kg de CN/ton de mineral y un tiempo de agitación de 48 horas. La disolución máxima de oro se obtuvo a 575° C para la malla 100 (0.147 mm), son una extracción de 95.6% y a 425° C, para la malla 200 (0.074 mm) con una extracción de 97.5%.

ABSTRACT

Treatment of Auriferous Pyrite Refractory Concentrates Via Roasting Cyanidation. In this work, it was carried out the treatment of auriferous pyrite concentrate from Echandia Mine Located in Marmato, Colombia using previously roasting followed by cyanidation.

The roasting tests were carried out under oxidizing atmosphere in the temperature range of 375 to 625° C and in the size range of the auriferous concentrate of 65 to 200 mesh in order to determinate the best combination of these variables to obtain the maximum extraction of gold from the calcines.

The Cyanidation runs were carried out under selected conditions: Speed of agitation, 1200 rpm., pH of the solution, 10.5, pulp dilution, 3:1, Cyanide concentration, 2 kgr/ton of concentrate and agitation time, 48 Hr. The maximum dissolution of gold was obtained to a temperature of 575° C and to a concentrate size of 100 mesh (0.147 mm) with

a gold extraction of 95.6%; and to a temperature of 425° C and to a concentrate size of -200 mesh (0.074 mm) for a extraction of 97.5% Au.

1. INTRODUCCION

La tostación oxidante de pirita aurífera refractaria previo a la cianuración ha sido una de la alternativas de tratamiento de esta clase de minerales, con el fin de primordial de liberar las partículas de oro finamente diseminadas en la matriz del sulfuro y así mejorar el contacto de las partículas de oro con la solución cianuro.

Según estudios realizados por Gonzáles [1] y Alarcón y García [2] sobre un concentrado pirítico aurífero procedente de la Mina Echandía, Marmato, Colombia aplicando la técnica convencional de cianuración demostrando el carácter refractario de este concentrado aurífero dada las bajas extracciones de oro obtenidas (40-50%). Por tanto, se pensó en un tratamiento previo de tostación oxidante para obtener una calcina porosa con partículas de oro libres y posterior cianuración.

2. FUNDAMENTOS FISICO-QUIMICOS DEL PROCESO

Las menas auríferas que responden pobremente a los métodos convencionales de cianuración de denominan «refractarias». En estas menas, los metales preciosos se encuentran comúnmente asociados a pirita y arsenopirita finamente diseminados en la matriz de esos sulfuros. Uno de los métodos empleados a nivel industrial es la tostación oxidante de sulfuros auríferos previamente a la cianuración. Sin embargo, se ha demostrado que no todos los procesos de tostación son completamente satisfactorios por deficiencias en el control operacional. No ha sido posible identificar muchos factores responsables de tal comportamiento.

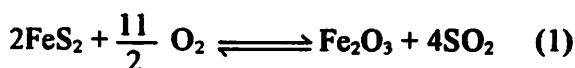
Arriagada y Osseo-Asare [3] reportan que la recuperación incompleta del oro de la calcina puede atribuirse a la presencia en la calcina de diferentes componentes introducidos por flotación o formados durante la tostación con notorio efecto retardante la cianuración: película protectora (sulfato de calcio) formados alrededor de las partículas de oro; las calcinas pueden contener agentes cianicidas (sulfatos), agentes reductores (iones

sulfuros, Tiosulfatos, arsenitos, iones ferrosos), ganga silícea limosa, arsenatos insolubles, y otros.

Como el oro se encuentra finamente diseminado dentro de la fase sulfuro, es de gran importancia la formación de una calcina de alta porosidad durante el proceso de tostación, ya que mediante dicho proceso se trata de lograr la oxidación del sulfuro para obtener un producto apropiado para la etapa de extracción.

2.1 Termodinámica de la tostación oxidante de pirita

El producto final del proceso de tostación a muerte sobre pirita es hematita. Las relaciones de equilibrio en el sistema Fe-S-O son útiles para conocer los límites teóricos de las reacciones químicas cuando éstas ocurren durante el proceso y saber las etapas a través de la cual el sulfuro se transforma a hematita [4]. Así, la tostación oxidante de pirita es un proceso complejo el cual involucra formación de productos sólidos como pirrotita (FeS), Wustita (FeO), sulfato férrico (Fe₂(SO₄)₃), además, SO₂ y SO₃ como fases gaseosas. La existencia de estas fases depende de las condiciones de tostación las cuales estabilizan esas especies [5]. Bajo condiciones de alto flujo de aire la reacción principal es la formación de hematita (Ecuación 1); además, se puede dar la formación de sulfato férrico (Ecuación 2), como reacción colateral a la formación de hematita, así:



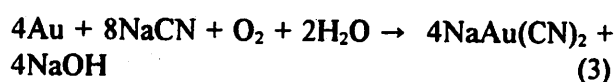
La secuencia de oxidación de pirita a altas temperaturas es: FeS₂ → FeS → Fe₃O₄ → Fe₂O₃; mientras que a bajas temperaturas, la secuencia puede ser: FeS₂ → Fe₃O₄ → Fe₂(SO₄)₃.

Por otra parte, Arriagada y Osseo-Asare [3] reportan el importante efecto de la temperatura en el área superficial de calcinas de piritas. Cuando se incrementa la temperatura se aumenta el área superficial hasta un máximo después de la cual el área superficial decrece marcadamente. Piritas tostadas en el rango de temperatura de 450 - 750° C muestran grandes diferencias estructurales. A la

más baja temperatura las partículas conservan la forma irregular de pirita original, mientras que las calcinas obtenidas a temperaturas altas poseen una estructura finamente porosa posibilidad asociada a una cinética lenta de oxidación. También es ampliamente reconocido que la extracción de oro por cianuración a partir de calcinas piríticas de alta temperatura de tostación (650 - 750° C) es por lo general baja. Haszard [6] y Carter y Samis [7] reportan la marcada correlación existente entre el incremento de pérdidas de oro y la disminución en área específica superficial de las calcinas con el incremento de temperatura.

2.2 Fundamentos de la cianuración

Es altamente conocido que el proceso de cianuración consiste básicamente en el poder solvente que tienen las soluciones débiles de cianuro alcalino sobre las partículas de oro. La reacción principal de este proceso se representa por la ecuación de Elsner [8]:



Para obtener una disolución completa del metal precioso en soluciones de cianuro alcalino es necesario que se cumplan ciertas condiciones básicas, tales como:

- El oro debe estar en forma de partículas libres o de tal manera que puedan ser fácilmente atacadas por la solución cianuro.
- Debe hacer un adecuado suministro de oxígeno.
- No debe haber impurezas que interfieran la reacción del oro en solución cianuro.

A pesar del elevado desarrollo tecnológico obtenido en la cianuración, existen ciertas menas que no responden adecuadamente al proceso. Como ya se mencionó anteriormente, a dichas menas se les conoce con el nombre de «refractarias». Son muchas las causas a un mineral aurífero se le denomina como refractario, entre las principales se tienen las siguientes:

- Oro ocluido en sulfuros minerales, como el caso de la presente investigación.
- Interferencias causadas por productos de descom-

posición (agentes reductores y cianicidas).

- Presencia de materia carbonosa
- Pátinas sobre las partículas de oro
- Aleaciones insolubles de oro

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1 Caracterización del mineral

El mineral empleado en este estudio corresponde a medios gravimétricos obtenidos en mesa Wilfley, procedente de la Mina Echandía, Marmato, (Caldas - Colombia). En esta mina los filones auroargentíferos de espesor variable aparecen rellenando fracturas dentro de un pórfido diorítico que instruye esquistos sericiticos. Se destaca la presencia de pirita, marmatita, esfalerita y cantidades menores de galena y calcopirita.

3.1.1 Análisis químicos

El análisis realizado sobre una muestra mineral por vía húmeda, absorción atómica y por analizador de S y C se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. Resultados del análisis químico

Elemento o Compuesto	Porcentaje (%)
SiO ₂	5.3
S	41.1
Zn	3.5
Fe	37.8
Pb	3.7
Insolubles (incluye SiO ₂)	11.7

3.1.2 Composición mineralógica

Con base en los resultados del análisis químico, y a los análisis de microscopia se estimó la composición mineralógica de las diferentes especies minerales presentes en los medios.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

3.1.3 Ensayes al fuego

Para determinar el contenido de metales preciosos se realizó análisis a los medios por la técnica con-

vencional de ensayos al fuego, obteniéndose como resultados: 16 gr/ton de Au y 224 gr/ton de Ag.

TABLA 2. Composición mineralógica de los medios.

Mineral	Porcentaje (%)
Cuarzo	5.3
Pirita	81.0
Galena	4.3
Esfalerita	5.2
Otras especies	4.2

3.2 Descripción de equipo

Para las pruebas de tostación se empleó una mufla eléctrica marca terrígeno. Para las pruebas de cianuración se utilizó un reactor agitado mecánicamente de una capacidad aproximada de un litro. En los análisis químicos de oro y plata en solución se empleó un espectrofotómetro de absorción atómica, marca Shimadzu, modelo A-A 640-12.

4. PROCESAMIENTO EXPERIMENTAL

4.1 Pruebas de tostación

Los ensayos de tostación se realizaron por mallas, desde +65 mallas hasta +200 mallas variando la temperatura desde 375° C con un tiempo de residencia en la mufla de dos horas.

4.2 Pruebas de Cianuración

Las pruebas de cianuración se realizaron en el reac-

tor agitado mecánicamente bajo las siguientes condiciones: pH de la solución, 10.5, dilución de pulpa 3:1, concentración de cianuro, 2 kgr/ton de mineral y tiempo de agitación, 48 horas.

5. EVALUACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

5.1 Efecto de temperatura de tostación y granulometría en el proceso de extracción de oro mediante cianuración

Para determinar la influencia de las variables temperatura de tostación y granulometría del mineral aurífero sobre la extracción de oro, se realizaron una serie de pruebas variando temperatura de tostación entre 375-625° C y la granulometría en el rango de -65 hasta +200 mallas.

Los resultados experimentales se muestra en la Tabla 3 y la Figura 1. Se puede observar que para todas las granulometrías estudiadas se alcanza una extracción máxima de oro a temperaturas específicas. Para una granulometría de 100 mallas y una temperatura de 575° C se alcanzó una extracción máxima de 95.6% de oro, y para una granulometría de 200 mallas y 425° C se obtuvo una extracción máxima de 97.5% de oro. Se puede notar de la Figura 1 que para las granulometrías más gruesas 65 y 100 mallas la extracción máxima de oro se alcanza a temperaturas más altas (525 y 575° C),

TABLA 3. Influencia de temperatura de tostación y granulometría del mineral aurífero sobre la extracción de oro mediante cianuración.

Granulometría		Temperatura °C					
Malla	mm	375	425	475	525	575	625
% de Extracción de oro de la calcina							
65	0.208	42.5	56.2	67.3	82.3	74.5	59.6
100	0.147	45.0	58.1	74.3	85.0	95.6	65.6
150	0.104	62.0	80.0	70.0	60.0	47.0	34.0
200	0.074	66.5	97.5	55.5	39.3	30.0	24.3

este comportamiento probablemente está asociado a una cinética de oxidación de la pirita más lenta.

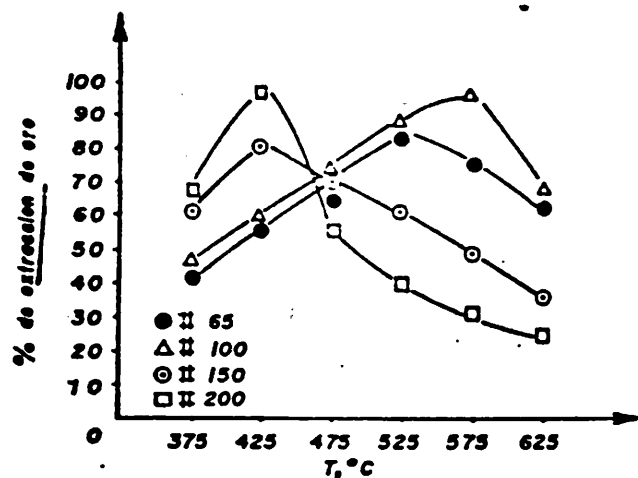


FIGURA 1. Efecto de la temperatura de tostación sobre la extracción de oro a diferente granulometría.

Para la granulometría relativamente fina 150 y 200 mallas la máxima extracción de oro se alcanza a temperatura relativamente baja (425° C), probablemente para esas granulometrías rápidamente se alcanza una estructura altamente porosa de la hematita formada, permitiendo así una adecuada exposición de las partículas de oro y un mejor acceso de la solución cianuro a través de la calcina.

Algunas consideraciones son respecto a las bajas extracciones de oro en calcinas obtenidas a temperatura relativamente alta pueden ser las siguientes: obtención de hematita poco porosa (compacta) debido a aglomeración de las partículas minerales asociada a crecimiento rápido y cristalización de esos óxidos [3] provocando oclusión física del oro, además las calcinas pueden contener sulfuros residuales a causa de una tostación incompleta. Para el caso de pirita puede pensarse que ocurre enriquecimiento en pirrotina durante la tostación a temperatura relativamente alta.

6. CONCLUSIONES

De los resultados experimentales obtenidos en el tratamiento de medios gravimétricos auríferos

mediante el proceso combinado de tostación - cianuración, se extraen las siguientes conclusiones:

- La máxima extracción de oro se obtiene para una combinación de las variables temperaturas de tostación y granulometría del mineral en la siguiente forma, para malla 100 y una temperatura de tostación de 575° C se da una extracción de 95.6% de Au, y para malla 200 y una temperatura de tostación de 425° C se da una extracción de 97.5% Au.
- Temperaturas relativamente altas de tostación (>575° C) provocan la producción del calcinas poco porosas (compacta) obteniéndose un marcado decrecimiento en la extracción de oro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el Programa Multinacional de Metalurgia de la Organización de Estados Americanos OEA, su valioso soporte económico para la ejecución de esta investigación.

7. REFERENCIAS

1. J. Gonzáles. Tratamiento hidrometalúrgico de un concentrado auro-argentífero. Trabajo para Promoción Profesor Asistente, Universidad Nacional, Medellín. (s.n). 1985. 50 p.
2. W. Alarcón y O. García, Tratamiento hidrometalúrgico de colas auríferas Mina Echandía. Universidad Nacional, Medellín, 1987. 95 p.
3. F.J. Arriagada y K. Osseo-Asare. Roasting of Auriferous Pyrite Concentrates. Process Mineralogy II: Application in Metallurgy, Ceramics, and Geology. Edited by R.D. Hagni, 1982. pp. 173-186.
4. F.J. Arriagada y K. Osseo-Asare. Gold Extraction from Refractory Ores. Roasting Behavior of Pyrite and Arsenopyrite. Precious Metals: Mining, Extraction and Processing. Edited by V. Kudryk, D.A. Corrigan and W. W. Liang, 1984. pp. 367-385.
5. R.J.C. Tait. Recent Progress in Milling and gold Extraction at Giant Yellowknife Gold Mines Limited. The Canadian Min. and Metal Bulletin. Toronto. Vol.64. 1960. pp. 302-313.
6. M.I. Haszard. The Condition of Refractory Gold in Like Fiew and Star Ore. Proc. Australes. Inst. Min. Metall. 108 (1937).
7. R. Carter y C.S. Samis. The influence of Roasting Temperature upon Gold Ores. Can. Inst. of Min. and Metall. 55 (1952). pp. 160-166.
8. F. Habashi. Extractive Metallurgy: Vol.2 Hidrometalurgy. (New York) Gordon and Breach Sc Pub. 1970. p. 25.