

Recuperación de metales preciosos vía tostación no convencional - cianuración

Ana C. Gaviria C.

Ingeniera
Profesora de la Facultad de Minas
Universidad Nacional de Colombia.
Apartado Aéreo 1027. Medellín - Colombia

Palabras Claves

Hidrometalurgia. Lixiviación, Oxidación.
Cianuración, Tostación.

Key words:

Hydrometallurgy, Leaching, Oxidation,
Cyanidation, Roasting.

Resumen

Esta investigación se realizó con el objeto de mejorar la extracción de oro en un concentrado aurífero procedente de la mina "Echandía" localizada en Marmato - Caldas, Colombia empleando el método de tostación no convencional - cianuración, usando como aditivo cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Las pruebas de tostación no convencional se realizaron sobre el concentrado aurífero en forma de pellets, cuya granulometría estaba en el rango de 3 a 20 mallas y variando la temperatura de tostación entre 400 y 560°C.

Las pruebas de cianuración se llevaron a cabo bajo condiciones previamente establecidas así: velocidad de agitación, 1200 rpm, pH de la solución 10.5, dilución de pulpa 3:1, concentración de cianuro de 1.5 a 2.0 kgr/ton de mineral, tiempo de agitación de 24 a 36 horas. La máxima recuperación para este proceso se obtuvo para la malla 8 a 500°C y fue del orden de 95%, recuperaciones del mismo orden se obtuvieron para las mallas 6 y 12 a condiciones similares.

Astract

Recovery of preprecious metals via no-conventional roasting - cyanidation. This research was carried out in order to improve the gold extraction from auriferous pyrite concentrate from "Echandia" Mine located in Marmato, Colombia, S.A., using no-conventional roasting with addition of hydrated-lime to reach sulfur retention in the roast followed by cyanidation.

The roasting tests were carried out under oxidizing atmosphere in the temperature range of 400 to 650°C and in the size range of the pellets of 3 to 20 mesh.

The cyanidation rins were carried out under selected conditions, level of agitation, 1200 rpm, pH of the solution, 10.5, pulp diltion, 3:1 cyanide concetration, 1.5 to 2.0 kg/ton of roasted mineral and agitation time from 24 to 36 hrs.

The maximun gold extraction was obtained to 8 mesh and 500°C with a level of 95%. Similar extractions were reached to 6 and 12 mesh under the same conditions.

1. Introducción

Los minerales refractarios responden mejor a la cianuración si se someten a una etapa de tostación. La tostación oxidante de sulfuros, por ejemplo de piritas, permite la liberación del oro de la matriz y la eliminación de azufre. Como una manera de evitar la contaminación del medio ambiente con el azufre que se libera, se prepara el material en forma de pellets empleando como aditivo la cal hidratada. ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (1).

Estudios de cianuración realizados por González (2) y Alarcón y García (3), con concentrados piríticos de la mina Echandía, mostraron el carácter refractario del material al obtenerse bajos porcentajes de extracción de oro como resultado del proceso. Se desarrolló entonces la idea de dar al material un tratamiento previo de tostación oxidante para incrementar la porosidad de la calcina, liberando partículas de oro y mejorando la extracción (4). A la par que se desarrolla esta idea se llevó a cabo también la de realizar la tostación oxidante pero del material previamente preparado en forma de pellets.

El objetivo de este trabajo fue el de determinar las mejores condiciones para la mayor extrac-

ción de oro, mediante la aplicación de la técnica tostación no-convencional - cianuración, en función de la granulación de los pellets y de la temperatura de tostación a unas condiciones dadas de cianuración.

2. Fundamentos físico-químicos de la tostación

En las menas de minerales refractarios es decir, menas auríferas con bajos porcentajes de extracción de oro por los métodos convencionales de cianuración, generalmente, los valiosos se encuentran finamente diseminados dentro de la redícula de algunas especies minerales como por ejemplo piritas, calcopiritas, etc.

Industrialmente este tipo de material se somete a una tostación oxidante como tratamiento previo a la cianuración incrementándose el porcentaje de recuperación aunque, los factores que controlan esta operación no han sido plenamente estudiados. Es de anotar que algunos de los productos formados en la tostación, pueden crear efectos nocivos en la etapa de cianuración por ejemplo: la formación de una película de sulfato de calcio alrededor de las partículas de oro demora la cianuración. De gran importancia es entonces la creación de una calcina de alta porosidad debido a la forma finamente diseminada del oro en el mineral (5).

2.1. Proceso de tostación no convencional

La ventaja de tostar sulfuros metálicos bajo esta forma es la de convertir el SO_2 a un sulfato inerte, evitando en buena medida la contaminación del medio ambiente con azufre.

Numerosos compuestos han sido estudiados como posibles reactivos formadores de sulfatos en la tostación de piritas (6), entre ellos la cal hidratada ha demostrado ser el más efectivo para la fijación de azufre.

Inicialmente los experimentos se llevaron a cabo en lechos fluidizados empleando mezclas

estequiométricas de cal y concentrados piríticos resultando, una pobre retención de azufre a altas temperaturas. Más adelante, se realizaron estudios cinéticos de oxidación de la pirita así como de la sulfatación de la cal pudiéndose establecer que a temperaturas iguales, la rata de sulfatación de la cal es más lenta que la rata de oxidación de la pirita. Adicionalmente, el SO_2 que se forma por la oxidación del mineral reacciona con la cal para formar la anhidrita (CaSO_4).

2.2. Lixiviación con cianuro

Este antiguo procedimiento de alrededor de 100 años, consiste básicamente en atacar los minerales auro-argentíferos con una solución diluida de cianuro de sodio o de potasio. El cianuro posee la propiedad de disolver selectivamente por acomplejamiento el oro y la plata de las partículas. La lixiviación debe efectuarse a pH básicos con el objeto de evitar la descomposición del cianuro bajo la forma gaseosa de HCN (7).

Entre los factores que afectan la disolución del oro se pueden citar:

- La cantidad de aire
- La granulometría del mineral tratado
- La composición del mineral a tratar
- La composición del agua utilizada
- El tiempo de contacto.

De estos factores es quizás el de la composición del mineral a tratar, quien podría explicar en determinados casos, las inadecuadas respuestas de una mena al proceso. Es decir, podría explicar el comportamiento refractario de un mineral. Entre los casos por los cuales un mineral aurífero se denomina refractario citaremos: (8).

- Oro incluido en sulfuros minerales, como es el caso del mineral a tratar en esta investigación.
- La presencia de compuestos de Ni, As, Zn.
- Los esquistos carbonosos los cuales

adsorben en parte el oro y la plata, limitando los rendimientos de extracción del proceso.

- La presencia de electróm.

3. Desarrollo experimental

3.1. Características del mineral

El material objeto de estudio corresponde a medios gravimétricos de masa wilfley, procedentes de la mina Echandía. Marmato (Caldas - Colombia). En la mina Echandía los filones auro-argentíferos de espesor variable aparecen rellenando fracturas dentro de un pórfido diorítico que instruye esquistos sericiticos, destacándose la presencia de pirita, marmatita, esfalerita y en menores cantidades galena y calcopirita.

3.1.1. Análisis del mineral

Las siguientes tablas corresponden a los resultados de los análisis efectuados sobre el mineral.

Tabla 1.
Análisis químicos

Elemento o Compuesto	Contenido	
	(%)*	gr/ton
SiO_2	5.3	
S	41.1	
Zn	3.5	
Fe	37.8	
Pb	3.7	
Insolubles (no incluye SiO_2)	6.4	
Au		16
Ag		224

* Estos resultados fueron encontrados al analizar el mineral por vía húmeda, absorción atómica y por el analizador de S.

** El análisis de los valiosos se determinó empleando la técnica de ensayos al fuego.

Tabla 2.
Composición mineralógica

Especie Mineral	Contenido (%)*
Cuarzo	5.3
Pirita	81.0
Galena	4.3.
Esfalerita	5.2
Otras especies	4.2

* Estos resultados fueron calculados con base en los análisis químicos (ver tabla 1) y en los análisis al microscopio.

3.2. Equipo empleado

3.2.1. Preparación de pellets

Para la fabricación de los pellets se emplearon los colectores y el movimiento necesario para su formación fue dado por el vibrador de tamices. La clasificación se realizó en el rotap tyler modelo B.

3.2.2 Pruebas de tostación

Para el desarrollo de estas pruebas se empleó una mufla marca terrígeno modelo D-8 dotado con termoregular hasta 1200°C.

3.2.3 Prueba de cianuración

Se emplearon recipientes dotados de agitación mecánica con capacidades de 1 y 2 litros.

3.2.4 Análisis químicos

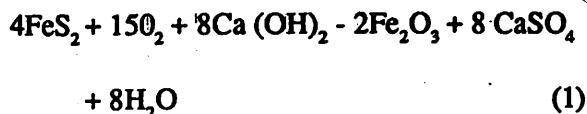
Los análisis químicos se llevaron a cabo en un espectrofotómetro de absorción atómica marca Shimadzu modelo AA-640-12.

4. Procedimiento experimental

4.1. Preparación del material pelletizado(10)

Para las pruebas de tostación se determinó la

cantidad estequiométrica de azufre (S) en el concentrado de pirita (FeS_2) que reacciona con la cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para formar sulfato de calcio (CaSO_4) de acuerdo a la reacción (1):



La tostación empleó material pelletizado fabricado de la siguiente forma:

A una determinada cantidad del material se le adiciona cal (CaO) y el agua (H_2O) este quiométricamente calculada para formar cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) según la reacción (2):



El concentrado y la cal se homogenizan manualmente, luego se les agregó agua (H_2O) en exceso y se pelletizaron en el equipo de vibración para tamices. La adición a la mezcla del concentrado y de la cal de un poco de yeso mejoró notablemente la resistencia de los pellets.

4.2 Pruebas de tostación

Para los procesos de tostación se emplearon pellets cuyo tamaño estaba entre las mallas +3 y +20 y se varió la temperatura entre 400 y 625°C con un tiempo de residencias en la mufla de 2 horas.

4.3. Pruebas de cianuración

Las pruebas de cianuración en pequeños reactivos se realizaron con agitación mecánica y bajo las condiciones siguientes:

- Dilución de pulpa 3:1
- pH de trabajo 10.5 a 11
- Concentración NaCN 1.5 kgr / ton de pellets
- Tiempo de agitación 24 a 48 horas

5. Resultados experimentales

5.1. Evaluación de la variación de la temperatura de tostación y la granulometría de los pellets en la extracción de oro mediante cianuración.

Para determinar los efectos sobre la extracción de oro por la temperatura y la granulometría de los pellets se eligieron como rangos de trabajo una variación de temperatura de 400 a 625°C y una variación de la granulometría de los pellets de +3 a +20 mallas.

Los resultados obtenidos para estas variaciones se muestran en la Tabla 3.

La Figura 1 muestra un comportamiento similar para todos los ensayos con respecto al porcentaje (%) de extracción de oro vs temperatura de tostación.

Tabla 3.

Efectos sobre la extracción de oro por cianuración de la variación en la temperatura de tostación y la granulometría de los pellets.

Granulometría de los pellets		Temperatura tostación (°C)			
Malla	mm	400	500	600	625
Rendimiento de la cianuración(%)*					
3	6.70	42.5**	47.5	46.3	
4	4.75	65.9**	86.4	50.0	
6	3.35	52.7**	66.7	28.0	
8	2.36	43.2	96.3	88.9	
12	1.40	53.4	49.3	60.3	
20	0.85	60.3	74.6	69.9	

** Indican que estas pruebas se realizaron a 48 horas de cianuración

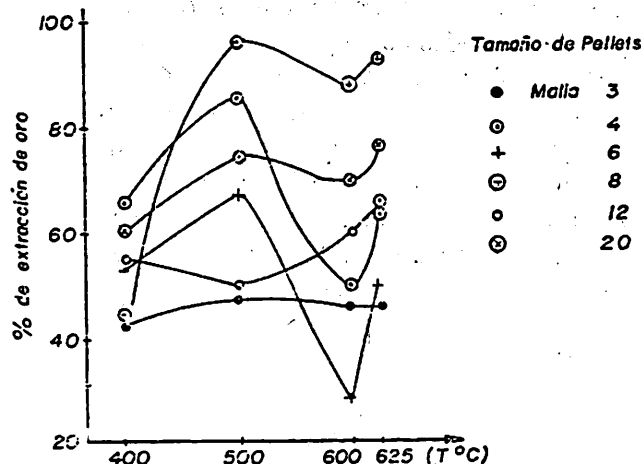


FIGURA 1.

Efecto de la temperatura de tostación sobre la extracción de oro para diferentes tamaños de pellets.

La tendencia de las curvas en la figura 1 indica una extracción máxima de oro (para todas las mallas) con temperaturas cercanas a los 500°C, seguida de una disminución en la extracción a temperatura cercanas a 600°C para luego incrementar nuevamente la extracción corroborando así las teorías de Pannetier y Divignon (9).

Para una granulación de pellets de 8 a una temperatura de 500°C se alcanzó una máxima extracción de 96.3% con un tiempo de cianuración de 24 horas.

Para una granulación de pellets de 4 a una temperatura 700°C se alcanza una recuperación de 86.4% con un tiempo de cianuración de 24 horas.

Algunos investigadores (5) consideraron que la reacción principal de la tostación, entre temperaturas de 400 a 500°C es la formación de la hematita. Es de esperarse entonces un producto poroso y una mejor extracción de oro de los pellets tostados.

A medida que la temperatura de tostación se incrementa el área superficial de las calcinas

después de alcanzar un valor máximo decrece pues la porosidad de las partículas disminuye debido probablemente a la aglomeración de partículas minerales asociadas a crecimiento rápido y cristalización de los óxidos pudiéndose quedar algunos sulfuros residuales motivando una tostación incompleta, lo que dificulta el contacto del cianuro con las partículas de oro incrustados en las calcinas.

6. Conclusiones

De los resultados experimentales de la tostación no convencional - cianuración aplicada al mineral medios gravimétricos de la zona Marmato Caldas (Colombia) podemos obtener las siguientes conclusiones:

- Para todas las granulometrías de los pellets la extracción de oro se incrementa hasta alcanzar valores máximos con temperaturas mayores de 500°C, la extracción de oro disminuye como consecuencia de calcinas pocos porosas. Para temperaturas mayores de 600°C se presenta nuevamente un incremento en la extracción de oro lo que podría explicarse por la posible sinterización de las partículas motivando un reacomodamiento de los valiosos.
- Las mejores extracciones se obtuvieron a tiempos de 24 horas y con temperatura de 500°C como se indica a continuación.
 - Pellets de granulometría 8 mallas: 96.3% extracción de oro.
 - Pellets de granulometría 4 mallas: 86.5% extracción de oro.

Agradecimientos

Los autores agradecen al programa Multinacional de Metalurgia de la Organización de Estados Americanos, O.E.A., su valioso aporte económico para la ejecución de estas investigaciones.

Referencias

1. M.R. Escobar y P.J. Moreno. Tostación oxidante de un concentrado de calcopirita: tratamiento no convencional con adición de cal hidratada para retener azufre. Reporte de Investigación - Universidad Nacional Medellín, 1982. 2 p.
2. J. González. Tratamiento hidrometalúrgico de un concentrado auro-argentífero. Trabajo de Promoción a Profesor Asistente - Universidad Nacional, Medellín (s.n.), 1985. 50 p.
3. W. Alarcón y O. García. Tratamiento hidrometalúrgico de colas auríferas Mina Echandía. Universidad Nacional, Medellín, 1987. 95 p.
4. C.M. Gómez Peláez y R.H. Jaramillo Betancur. Tratamiento hidrometalúrgico de los concentrados gravimétricos auro-argentíferos vía tostación convencional - cianuración. Universidad Nacional, Medellín, 1987.
5. F.J. Arrieta 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.
6. F.P. Haver and M.M. Wong. Lime roast of chalcopyrite concentrates, oral paper, pacific soythwest minerals conference. Las Vegas, Apr., 1972.
7. N. Hadley and H. Tabachnick. Chemistry of cyanidation. American Cyanamid Company Mineral Dressing Nortés. No. 23, Dec., 1968.
8. U.T. Lebedeva, M. Chikin yu, L.K. Skobeeu and L.L. Zau'yaloova. Effect of impurities in cyanide solutions on gold dissolution. Tsvenye Metally non Ferrous Metals. Vol. 14, No. 1. 1973. pp. 75-77.
9. G. Pannetier and L. Davignon. Action of SO₂ on iron sulfides. Compt. Rend. 256, 1963. pp. 4447-4449.
10. M.R. Escobar y P.J. Moreno. Tostación oxidante de un concentrado de calcopirita: Tratamiento no convencional con adición de cal hidratada para retener azufre. Reporte de Investigación - Universidad Nacional, Medellín, 1982, pp. 9 - 10.