



ESPAÑA

23 FEB. 1977
CONCEDIDA

(10) ES	(11) NUMERO	(12) A1
(21)	459.480	
(22)	FECHA DE PRESENTACION	
	3-6-1977	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
692.935	4-6-76	EE.UU.
717.500	25-8-76	"

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C22B 15/00	

(24) TITULO DE LA INVENCION

"METODO DE TRATAR UNA MENA DE COBRE QUE CONTIENE MINERALES DE COBRE"

(71) SOLICITANTE (S)

INSPIRATION CONSOLIDATED COPPER COMPANY (File S2350.54
132 gw)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Inspiration, Gila County, Arizona, Estados Unidos de América

(72) INVENTOR (ES)

William Fred Riggs, Jaime Veloz, Harry Richard Dahlberg y
Gerald Franklin Fountain

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ (P-65.998)

5 El cobre se recupera frecuentemente de menas de contenido extremadamente bajo y de residuos de minas por lixiviación por vertido. La lixiviación por vertido implica percolar una disolución de ácido sulfúrico diluida a través de un montón de material cuprífero, y recoger la disolución ácida que lleva cobre una vez que se ha percolado a través del montón. La adición de ion férrico (añadido en general en forma de sulfato férrico) a la disolución de lixiviación ácida es corriente cuando el material que se está lixivando incluye minerales de cobre sulfurados. La disolución de lixiviación ácida que lleva cobre, tras el paso a través del montón, se trata generalmente con chatarra de hierro para recuperar el cobre por cementación. La disolución ácido agotada en cobre de la operación de cementación (después de un tratamiento para reponer su concentración de ácido y de ion férrico cuando es necesario) se recircula frecuentemente para una nueva lixiviación del montón.

20 También se han empleado procedimientos similares de lixiviación para la recuperación de cobre a partir de materiales que llevan cobre en baja concentración in situ.

25 Es característico de las operaciones de lixiviación por vertido que la cantidad de cobre recuperada generalmente no ha excedido de alrededor de la mitad del cobre contenido en la escombrera o montón, e incluso la recuperación de esta cantidad requiere usualmente una lixiviación esencialmente continua durante largos períodos de tiempo, medido en años. Por ejemplo, una operación típica de lixiviación por vertido podría recuperar, durante un período de cinco años, no más del 40% del contenido de cobre de ---

una escombrera, y la cantidad adicional de cobre recuperada prolongando la operación de lixiviación durante un período de tiempo más largo podría no compensar ni el ácido adicional usado.

5 Las recuperaciones son aún más pobres cuando el material de mena a lixiviar contiene minerales de cobre -- oxidado totalmente, o de modo sustancialmente total, tales como tenorita y melaconita. En estos materiales de menas, una gran parte del cobre, de hasta el 50% o más, se comporta como cobre no soluble en ácido, lo que en esencia, disminuye la concentración eficaz del material a lixiviar en un 50%. Así, con un material de mena que tiene alrededor -- de 0,3% de cobre, la pureza efectiva del material a lixiviar es de sólo 0,15%.

10 15 La baja y lenta recuperación de cobre ha hecho -- que la lixiviación por vertido se considere una técnica -- adecuada sólo para residuos de minas u otros materiales cupríferos de una concentración demasiado baja para que merezca la pena el tratamiento por procedimientos convencionales de concentración y fusión, o por otros procedimientos disponibles para tratar menas y concentrados de concentración relativamente alta.

20 25 La presente invención se basa en el descubrimiento de que las menas que contienen cobre pueden tratarse -- con buenos resultados por medio de una técnica de lixiviación por vertido, con alta recuperación del cobre, y en un período de tiempo razonablemente corto, curando primero la mena en un montón de lixiviación por vertido en contacto -- con una disolución de ácido sulfúrico concentrada. Cuando 30 el cobre está en forma de minerales de sulfuros, tal diso-

lución ha de contener también sulfato férrico u otra fuente de ion férrico. Con base en este descubrimiento, la invención proporciona un método de tratar una mena de cobre que contiene minerales de cobre, que comprende transformar la mena en un montón para lixiviación por vertido, saturar sustancialmente (es decir humectar de un modo sustancialmente completo) la mena de tal montón con una disolución acuosa que contiene de 100 a 400 g/l de H_2SO_4 , y mantener la mena en el montón así saturado en contacto con tal disolución de ácido fuerte durante un período de tiempo de al menos dos días. Después, el montón curado se lava percolando a su través una disolución de lavado ácida débil que contiene de 2 a 50 g/l de H_2SO_4 . Cuando los minerales de cobre son de sulfuros, tanto la disolución de ácido fuerte como la disolución de lavado contienen de 5 a 50 g/l de ion férrico. La disolución de lavado, muy rica en cobre disuelto, se recoge una vez que ha atravesado el montón. Tal lavado del montón se continúa preferiblemente hasta que su contenido de cobre se ha extraído en su mayor parte.

El método de la invención puede aplicarse, no sólo a menas completamente oxidicas o completamente de sulfuros, sino también a menas que contienen minerales oxidados juntamente con minerales de sulfuros. Gracias a la recuperación elevada y relativamente rápida de cobre a partir de la mena tratada por el método de la invención, la mena puede contener una concentración más alta de cobre que la que se considera normalmente deseable para el tratamiento por un procedimiento de lixiviación por vertido. Naturalmente, las menas que contienen cobre en concentraciones lo bastante altas para permitir el tratamiento por flotación de es-

puma y posterior fusión o lixiviación de concentrado, pueden tratarse con éxito y de modo económico por el método de la invención.

5 En algunos casos, particularmente cuando la mena que se está tratando está altamente fracturada, de modo -- que la penetración por la disolución ácida de curado tiene lugar bastante fácilmente, la mena del montón puede ser ma-
10 terial sacado de la mina. Generalmente, sin embargo es pre-
ferible una trituración gruesa. Generalmente es suficiente una trituración hasta un tamaño de partículas de menos 10 centímetros.

15 La disolución de ácido fuerte usada para saturar (humectar completamente) y curar la mena en el montón contiene preferiblemente de 150 a 300 g/l de H_2SO_4 , y, cuando hay que lixiviar minerales de cobre de sulfuros de 10 a 30 g/l de ion férrico. Las concentraciones de ácido inferior--
20 res a alrededor de 150 g/l de H_2SO_4 causan unas velocidades de recuperación demasiado bajas, así como menores tan-
tos por ciento de recuperación. Con concentraciones de áci-
do por encima de 300 g/l de H_2SO_4 , el mayor coste del áci-
do las hace antieconómicas.

25 La cantidad de tal disolución requerida para saturar la mena en el montón está generalmente en el intervalo de 5% a 15% en peso, y en muchos casos es de alrededor de 7% del peso de la mena.

30 Cuando un período de curado o envejecimiento de sólo dos días es suficiente para acondicionar algunas menas para la recuperación de la mayor parte del contenido de co-
bre por posterior lavado con ácido, es más típico un perío-
do de curado en el intervalo de 5 días hasta seis meses -

(o incluso más largo). Los períodos de curado cortos son suficientes cuando la mena es penetrada fácilmente por la disolución ácida fuerte, y cuando los minerales son al mismo tiempo relativamente solubles o reactivos (como ocurre con la crisocola, calcocita, covelita y bornita) y de tamaño de partícula relativamente pequeño. Pueden ser necesarios períodos de curado más largos (hasta seis meses o más) para lograr un buen acondicionamiento de sulfuros relativamente masivos, o minerales diseminados en una roca dura sustancialmente no fracturada, y particularmente cuando tales minerales reaccionan lentamente con la disolución ácida fuerte (como es el caso de la cuprita, tenorita, calcopirita y enargita). Para un gran número de menas tales como las que se dan típicamente en muchos sitios en el mundo, es satisfactorio un período de curado en el intervalo de 10 a 50 días.

Aunque los iones férricos que hay presentes en la disolución ácida fuerte cuando los minerales de cobre son de sulfuros, se disuelven generalmente en tal disolución antes de hacerla pasar por el montón, en algunos casos pueden suministrarse o aumentarse por oxidación in situ, bacteriana o de otro tipo, de iones ferrosos presentes en la disolución de curado.

Las disoluciones de lavado usadas para extraer el cobre de la mena curada en el montón de lixiviación por vertido es una disolución de ácido sulfúrico débil, que además contiene iones férricos cuando los minerales de la mena de cobre son de sulfuros. La disolución de lavado que inicialmente se lleva al montón curado puede contener poco o nada de ácido sulfúrico, ya que tal disolución está ade-

cuadamente acidificada por el ácido residual presente en la mena como resultado del tratamiento de curado con disolución ácida fuerte. No obstante, a medida que el ácido de curado se elimina de la mena por lavado, hay que introducir suficiente ácido en la disolución de lavado para mantener la concentración deseada de ácido. En la mayoría de los casos, la disolución de lavado debe contener de 2 a 25 g/l de H_2SO_4 .

La cantidad de ion férrico presente en la disolución de lavado, cuando se usa, ha de aproximarse a la cantidad presente en la disolución de curado ácida fuerte. Preferiblemente, la concentración de ion férrico en la disolución de lavado estará en el intervalo de 10 a 25 g/l. Como en el caso de la disolución de curado ácida fuerte, pueden introducirse iones férricos, de modo completo o en parte, en la disolución de lavado por oxidación in situ, bacteriana o de otro tipo, de iones ferrosos presentes en la disolución de lavado, a medida que tal disolución atraviesa el montón.

En la siguiente descripción de la invención se hace referencia a los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de una operación de lixiviación por vertido o en montón según la invención;

La figura 2 es un corte a través de un montón de lixiviación tal como se muestra en la figura 1;

La figura 3 es una gráfica de la velocidad de extracción de cobre a partir de una columna experimental de una mena mixta de óxido-sulfuro.

La figura 4 es una gráfica que muestra la varia-

ción en la cantidad de cobre extraída de partículas de mena de sulfuro trituradas hasta tamaños progresivamente menores.

5 La figura 5 es una gráfica que muestra la cantidad de cobre recuperada por kilogramo de ácido consumido en un período de lavado de 45 días a partir de una columna de mena mixta de óxido-sulfuro después del curado con ácido sulfúrico fuerte y disolución de sulfato férrico.

10 En la siguiente descripción detallada se hace referencia particular a la lixiviación de menas que contienen minerales de cobre de sulfuros, usando disolución ácida fuerte y de lavado que contienen sulfato férrico u otra fuente de iones férricos. Sin embargo, el procedimiento como se describe es igualmente aplicable a la lixiviación de 15 menas que contienen sólo minerales de cobre oxidados, usando disoluciones ácida fuerte y de lavado exentas de iones férricos.

20 En la realización del método de la invención como se describe más adelante, una masa de mena cuprífera, que contiene parte o la totalidad de su contenido de cobre en forma de minerales de sulfuros (por ejemplo calcocita, covelita, bornita, calcopirita, enargita, o una mezcla de tales minerales), pero que posiblemente contiene parte o la totalidad de su contenido de cobre en forma de minerales oxidados (por ejemplo malaquita, azurita, crisocola, 25 cuprita, tenorita, melacorita, o una mezcla de tales minerales), se transforma en un montón dispuesto para una lixiviación por vertido convencional. Esto implica preparar una plataforma impermeable a los fluidos de área grande, y 30 después apilar la mena sobre la plataforma hasta una altu-

ra adecuada. Se disponen tuberías de distribución de la di
solución, en forma de rejilla, para descargar sobre el mon
tón las disoluciones usadas en su tratamiento. Las disolu-
ciones que se percolan a través del montón escurren de la
5 plataforma impermeable y caen en un estanque u otro depósi-
to de recogida de las disoluciones, del cual las disolucio-
nes se recogen para su tratamiento.

Una disposición de lixiviación por vertido ade-
cuada para llevar a cabo el método de la invención, se - -
10 ilustra esquemáticamente en las figuras 1 y 2. La platafor-
ma para la operación se prepara nivelando el suelo, y des-
pués, preferiblemente, extendiendo una capa 10, de 2,5 a 5
centímetros, de piedra o arena finamente triturada. Se co-
15 loca una lámina 11, de material plástico impermeable al --
agua, sobre la superficie preparada, y después, ventajosa-
mente, se cubre con otra capa de varios centímetros de es-
pesor, de roca finamente triturada. A la superficie de la
plataforma se le da una suave pendiente hacia uno de los -
20 lados o extremos (por ejemplo una pendiente de 0,5%), en -
dirección a un estanque o depósito 12 adyacente al borde -
de la plataforma. Tal depósito puede estar revestido, ven-
tajosamente, con una prolongación de la lámina de plástico
que forma la plataforma, para evitar la pérdida de disolu-
ciones del depósito hacia el terreno. Las capas de piedra
25 finamente triturada que están dispuestas a cada lado del -
plástico en toda la superficie de la plataforma, y que sir-
ven para proteger la lámina de plástico contra los terro-
nes de mena cuando ésta se amontona sobre la plataforma, -
no necesitan prolongarse al depósito.

30 La mena que ha de lixiviarse se amontona después

5 en forma de un montón 13 sobre la plataforma, hasta una altura adecuada. Una altura ventajosa es de unos 3 metros, ya que con alturas mayores las disoluciones que se percolan a través del montón pueden tender a formar canales que hacen que las disoluciones no atraviesen (pasen en derivación) porciones importantes de la mena del montón. No obstante, pueden emplearse alturas sustancialmente mayores, siempre que se tomen las precauciones adecuadas contra la formación de canales, o si se amontonan escalones sucesivos de mena sobre el montón, y se lixivian sucesivamente. La dimensión lateral de la plataforma, y por lo tanto del montón, está limitada sólo por la cantidad de mena a tratar en una sola operación de lixiviación por vertido. Las medidas de la plataforma son en general de al menos varias docenas de metros de lado, y pueden prolongarse varios cientos de metros.

20 Se requiere una mínima preparación de la mena antes de apilarla en el montón. En algunos casos, incluso es posible apilar sencillamente mena como sale de la mina hasta la altura deseada. Sin embargo, generalmente se prefiere triturar la mena a un tamaño grueso, por ejemplo un tamaño de partícula de menos de 10 centímetros. El que la trituración sea o no deseable, y en qué grado, depende de la naturaleza de la mena, y particularmente del grado en que se ha fracturado por las condiciones ambientales o procesos geológicos, o por el método de extracción usado en su recuperación. El método de la invención requiere que las disoluciones usadas sean capaces de penetrar en la roca de la mena y reaccionar con los minerales de cobre de sulfuro, o de otra clase, presentes en ella; y tal penetración

se facilita si la mena está, o bien muy fracturada, o si es de un tamaño de partícula moderado. Sin embargo, una de las ventajas de la invención es que se evita el gasto de una trituration y molturación fina, tal como se requiere para preparar menas para concentración por flotación.

5 La invención no está limitada por la concentración de la mena que puede tratarse. Las menas de muy baja concentración que se tratan convencionalmente por lixiviación por vertido, pueden tratarse ventajosamente por el método de la invención; e igualmente, las menas de contenido
10 relativamente alto, que podrían someterse económicamente a una concentración por flotación en espuma, también pueden tratarse ventajosamente por el método de la invención. La recuperación global de cobre a partir incluso de menas de concentración relativamente alta (por ejemplo 1% de cobre)
15 se acerca a las recuperaciones obtenidas por concentración por flotación y posterior lixiviación o fusión de los concentrados, pero ahorrando al mismo tiempo los costes elevados de funcionamiento y de capital inherentes a tal tratamiento.

20 Cuando la mena se ha apilado sobre la plataforma hasta la altura deseada, se coloca una red de tuberías 14 de distribución de la disolución sobre su superficie superior. Las tuberías de esta red están provistas, a intervalos apropiados, de boquillas de pulverización 15, por medio de las cuales pueden pulverizarse uniformemente disoluciones de tratamiento sobre la superficie superior del mon
25 tón. En una operación típica, las tuberías están dispuestas a una distancia entre sí de 1,8 metros aproximadamente, con boquillas de pulverización dispuestas a distancias similares a lo largo de las tuberías, de modo que la mena --
30

del montón pueda ser humectada uniformemente por las disoluciones de tratamiento. La figura 1 muestra esquemáticamente una disposición para suministrar una disolución ácida, en la que se han introducido iones férricos, a las tuberías 14 de distribución de la disolución.

En la primera etapa del tratamiento según la invención, el montón de mena de cobre, preparado como se ha descrito anteriormente, se satura sustancialmente, es decir, el mineral del montón se humecta bien en toda su superficie, con una disolución de ácido sulfúrico fuerte que contiene de 100 a 400 g/l de H_2SO_4 y de 5 a 50 g/l de ion férrico. La mena saturada se deja después en contacto con esta disolución ácida fuerte durante un período de curado importante (al menos dos días). La invención se basa en el descubrimiento de que las menas de cobre, cuando se dejan en contacto durante un período importante de tiempo con una disolución de ácido sulfúrico fuerte, y que contiene también iones férricos cuando la mena de cobre es de sulfuros se altera completamente transformándose en compuestos de cobre fácilmente solubles. A medida que la disolución reacciona químicamente con los minerales de cobre, penetra profundamente en ellos, de modo que se solubiliza sustancialmente todo el contenido de cobre de tales minerales. A la elevada concentración de ácido usada, no hay tendencia a que el ion férrico llegue a insolubilizarse en forma de compuesto de hidróxido u óxido de hierro básico, y por lo tanto no hay pérdida durante el período de curado, incluso cuando la mena contiene una cantidad considerable de material consumidor de ácido.

Las concentraciones de ácido tan bajas como 100

-g/l son adecuadas para curar menas que contienen mineral -
que consume muy poco ácido; e incluso con menas que contie-
nen una cantidad considerable de carbonatos y otros minera-
les consumidores de ácido, las concentraciones de ácido no
5 necesitan ser superiores a unos 400 g/l. En la mayoría de
los casos, la concentración de ácido de la disolución de -
curado ácida fuerte estará en el intervalo de 150 a 300 --
g/l de ácido sulfúrico.

La cantidad de ion férrico presente; cuando se -
10 usa en la disolución de curado, ha de estar usualmente en
el intervalo de 5 a 50 g/l, y en el caso más ventajoso esta-
rá en el intervalo de 10 a 25 g/l. El ion férrico se sumi-
nistra del modo más conveniente mezclando disolución de --
sulfato férrico con la disolución ácida fuerte. Sin embar-
15 go, pueden usarse en algunos casos disoluciones agotadas -
que contienen gran parte, o la totalidad del hierro, en --
forma ferrosa, confiando en la oxidación bacteriana o de -
otro tipo de los iones ferrosos a la forma férrica en el -
montón.

La cantidad de disolución requerida para saturar
20 la mena en el montón depende en gran parte del carácter de
la mena y del grado en que está fracturada. Generalmente,
sin embargo, un peso de disolución ácida fuerte igual al -
5% al 15% del peso de la mena del montón satura la mena de
25 modo bastante completo, sin pérdida importante de tal diso-
lución por percolación y drenaje a través del montón.

Con un montón grande, puede requerirse un perío-
do de tiempo de varios días a una semana para suministrar
la disolución ácida fuerte al montón y permitirle que pene-
30 tre a través del mismo y sature la roca que forma el montón.

5 El período de curado de dos días o más se mide desde que se acaba el suministro de la disolución ácida fuerte, de modo que toda la roca que lleva mineral que está en el montón se humecta bien primero, y después se beneficia de las reacciones que tienen lugar durante el período de curado.

10 En general, el período de curado será considerablemente mayor de dos días. El tiempo requerido para el curado depende principalmente de dos factores, (1) la permeabilidad de la mena a la disolución ácida fuerte, y (2) la naturaleza de los minerales de cobre. Como se ha dicho anteriormente, las menas altamente fracturadas que son muy permeables a la disolución, y en la que los minerales están finamente divididos y son reactivos, curarán rápidamente. Se requieren períodos de curado más largos cuando la mena es menos fácilmente permeable. Asimismo, si los minerales predominantes reaccionan fácilmente con la disolución ácida fuerte, como la calcocita, covelita y bornita, el período de curado puede ser relativamente corto, usualmente de 5 a 50 días. Pero si gran parte del cobre está presente en forma de minerales que sólo reaccionan lentamente o con dificultad, tales como la calcopirita o enargita, el período de curado ha de ser largo, usualmente de más de un mes y hasta seis meses o más. Para muchas menas de sulfuros altamente fracturadas o envejecidas por las condiciones ambientales, en las que el mineral de sulfuro de cobre predominante es calcocita, es típico un período de curado de 10 a 25 días.

30 Al final del período de curado o envejecimiento, la mena del montón se lava con una disolución diluida de ácido sulfúrico que contiene de 2 a 50 g/l de H_2SO_4 , y,

cuando los minerales de la mena de cobre son de sulfuros, de 5 a 50 g/l de ion férrico. La disolución de lavado, una vez que se ha percolado a través del montón, se recoge en el depósito 12, desde el cual se bombea y se trata para recuperar su contenido de cobre. El lavado se continúa hasta que el contenido de cobre del montón se ha extraído casi completamente. En casi todos los casos, esto puede determinarse analizando el cobre de la disolución que sale de la escombrera, e interrumpiendo la lixiviación cuando el cobre contenido en tal disolución desciende a 1 g/l o menos. En este momento, el seguir lavando puede no ser rentable. Usualmente, estos bajos niveles de cobre no se alcanzan hasta al menos pasados 30 días de lavado. En casi todos los casos, el lavado debe efectuarse durante al menos 30 días y puede continuarse rentablemente, en algunos casos, durante períodos de hasta 90 días o más.

Para conseguir un buen lavado y una buena percolación de la disolución de H_2SO_4 a través de la escombrera, se usa un volumen de tal disolución de alrededor de 5 a 10 veces el volumen del ácido fuerte usado para curar la mena. Los volúmenes más bajos pueden no asegurar un buen lavado.

Una ventaja principal de la invención es que, como resultado del tratamiento de curado en contacto con la disolución ácida fuerte, puede extraerse una fracción muy grande del contenido de cobre de minerales de sulfuros (y también de minerales oxidicos, si están presentes) en un período de tiempo relativamente corto. Así pues, con frecuencia pueden alcanzarse recuperaciones totales de cobre próximas al 90% del presente en la mena, por lavado con --

ácido diluido del montón curado, en un tiempo de uno o dos meses. Además, incluso aunque la mena se trata inicialmente con ácido muy fuerte, la cantidad de cobre recuperado -- por kilogramo de ácido usado en el proceso puede exceder -- realmente de la obtenida en las operaciones ordinarias de lavado por vertido. Es por estas ventajas por lo que el -- procedimiento de la invención puede usarse económicamente incluso en el tratamiento de menas de cobre con sulfuros -- de concentración relativamente alta.

La disolución ácida diluida de lavado contiene -- preferiblemente de 2 a 25 g/l de H_2SO_4 . Sin embargo, como la mena al principio del lavado está saturada con una disolución fuerte de ácido sulfúrico, la disolución de lavado puede no contener (inicialmente al menos) sustancialmente nada de ácido sulfúrico, y puede confiarse en que el ácido que recoge del montón será suficiente para dar un grado de acidez satisfactorio.

La disolución de lavado ácida diluida contiene -- preferiblemente una concentración de ion férrico cercana a la de la disolución ácida fuerte, es decir de 5 a 50 g/l -- de ion férrico, y preferiblemente una concentración de ion férrico en el intervalo más estrecho, de 10 a 25 g/l. La -- presencia de ion férrico en la disolución de lavado ácida diluida contribuye a la oxidación de minerales de sulfuros de cobre, asegurando la conversión de estos minerales de -- cobre en una forma soluble.

La disolución de lavado ácida diluida, que se su ministra continuamente a la superficie superior del montón a través de la red de tuberías distribuidoras de la disolu ción y de las boquillas de pulverización, penetra a través

del montón y se escurre a lo largo de la plataforma, en la base del montón, entrando en el depósito 12. Desde el depósito, la disolución se recoge y se bombea a cualquier operación de tratamiento adecuada para la recuperación del co
bre disuelto. Por ejemplo, el cobre puede recuperarse por cementación, o más ventajosamente, por cambio de iones en forma sólida o líquida. La disolución de lavado ácida que queda una vez extraído el cobre puede recircularse para un lavado posterior de la escombrera, después de hacer cualquier ajuste necesario en sus concentraciones de ácido y de ion férrico.

EJEMPLO 1

Una muestra de 3,6 toneladas de mena mixta de sulfuros y óxido tal como se recibe de la mina, se tamizó y la fracción de menos de 10 centímetros se separó y se usó para este ejemplo.

El curado y la lixiviación se efectuaron en secciones de tubería de policloruro de vinilo de un diámetro interior de 29,2 centímetros y una longitud de 3,2 metros. El fondo de la columna de tuberías descansaba sobre una tapa de plástico perforada conectada a un tubo de drenaje que llevaba a un depósito de líquido rico.

La mena de menos de 10 centímetros se tamizó de nuevo para obtener dos fracciones, de -5 centímetros y + 2 centímetros. Esto se hizo para dar a la columna de lixiviación una carga de 40% de material de + 5 centímetros y -10 centímetros y 60% de material de -5 centímetros. La carga introducida en la columna de tubería pesaba 295 kgs.

La fracción de material de -10 centímetros se so

5 metió a un análisis granulométrico, y cada una de las fracciones, de + 5 centímetros, +2,5, +1,27 centímetros, +0,95 centímetros, de malla de +4,76 milímetros, malla de +0,841 milímetros, malla de +0,149 milímetros, de +0,074 milímetros y -0,074 milímetros se analizaron para determinar el cobre total y el cobre soluble en ácido. La cantidad global calculada de este análisis granulométrico fue de 0,782% de cobre total y 0,336% de cobre soluble en ácido.

10 La operación de la columna de tubería se efectuó simulando el tratamiento de un gran montón, y se extrapolaron los caudales de alimentación de la disolución a escala para simular las condiciones en gran escala en el montón. El caudal de disolución usado era equivalente a 0,12 litros/min/10⁴ centímetros cuadrados.

15 El procedimiento inicial de curado consistió en aplicar (al caudal antes indicado) un volumen de disolución ácida fuerte que alcanzaba, en peso, el 7% del peso de la mena, y que contenía 200 g/l de H₂SO₄ y 15 g/l de ion férrico (añadido en forma de sulfato férrico) a la mena de la columna, y dejarla después reposar durante un período de curado de 15 días. Este volumen de disolución saturó la mena y causó la sulfatación del cobre de los diferentes minerales de sulfuro y oxidados.

20 Después de este período de curado, la mena se lavó a la misma velocidad con una disolución de 15 g/l de H₂SO₄ más 15 g/l de ion férrico. Se analizaron muestras diarias de la disolución "efluente" y los resultados se representan gráficamente en la figura 3, que muestra así la velocidad de extracción del cobre.

30 Al cabo de 45 días, la columna se vació y se to-

maron muestras para un análisis granulométrico. Cada fracción de tamiz se analizó para determinar el cobre total y el cobre soluble en ácido. La figura 4 representa gráficamente la recuperación de cobre de los varios tamaños de las partículas de mena.

La recuperación total de cobre fue de 82,1% al final de los 45 días de lavado, como muestra la figura 3, con base en los análisis de la disolución "efluente"; pero la figura 4 muestra una estimación global más exacta de que las recuperaciones de cobre, con base en las determinaciones de las colas, eran de 88,75%. Además, como muestra la figura 4, la recuperación era significativamente menos de 90% sólo en los trozos de +5 centímetros y -10 centímetros.

En la figura 5 se representan los kilogramos de cobre recuperados por kilogramo de ácido consumido, en función del tiempo de lavado. A pesar del uso de ácido fuerte para la operación de curado, el consumo total de ácido por kilogramo de cobre recuperado, al cabo de 10 días de lavado, era menor que en una operación convencional de lixiviación por vertido.

EJEMPLO 2

Se construyó un montón (plataforma) experimental usando mena de cobre oxidada a granel que no contenía sustancialmente nada de mineral de sulfuro, y en la que del 30% al 40% del cobre se clasificó como no soluble en ácido, difícil de lixiviar principalmente con minerales oxidados. El montón o escombrera constaba de alrededor de 63.000 toneladas, extendidas en una capa de 3 metros. Una disolu-

ción de 200 g/l de H_2SO_4 se aplicó a la plataforma a un caudal de 0,06 litros por min. por 10^4 cm^2 (unos 335 l/min) durante 10,2 días. Esto alcanzó 86,5 toneladas de H_2SO_4 por día, o un total de 882 toneladas totales de H_2SO_4 (4.893.010 litros de disolución a 200 g/l de concentración de ácido).

La mena humectada con ácido se dejó envejecer durante 15 días, y después se lavó con 5 g/l de H_2SO_4 durante 45 días.

Una vez construida la plataforma, se dividió toda la superficie en segmentos numerados. Esto se hizo para lograr el máximo grado de azar al tomar las muestras de cabezas y colas.

Se tomaron, con sonda, ocho muestras de aproximadamente 227 kilogramos cada una, de diferentes segmentos. Cada una de ellas se dividió en muestras de alrededor de 23 kilogramos y se trituró a malla de -3,36 milímetros.

De aquí se cortaron muestras de cabeza y se prepararon para las determinaciones. También se cortaron muestras de 100 gramos para lixiviación en laboratorio. Estas lixivitaciones mantuvieron todos los factores controladores usados en el ensayo de la plataforma.

Los resultados de las determinaciones en laboratorio y en la plataforma fueron como se exponen en la Tabla II.

TABLA II

5	Segmen to N ^o	Cabezas		Colas de laboratorio		Colas de la pla- taforma experimental	
		% de Cu total	% de Cu oxid.	% de Cu total	% de Cu oxid.	% de Cu total	% de Cu oxid.
	9	0,364	0,245	0,061	0,012	0,124	0,052
	3	0,364	0,224	0,071	0,015	0,048	0,013
	8	0,318	0,179	0,059	0,013	0,070	0,046
	19	0,410	0,255	0,066	0,015	0,067	0,027
10	15	0,461	0,366	0,071	0,017	0,189	0,103
	12	0,453	0,304	0,065	0,015	0,040	0,017
	22	0,326	0,181	0,071	0,012	0,051	0,025
	7	0,389	0,243	0,072	0,016	0,028	0,011
15	Prome dio	0,386	0,246	0,067	0,014	0,077	0,037

20 Se observa que, aunque los resultados de la plataforma experimental no eran tan buenos como los resultados de laboratorio, se recuperó de la plataforma el 80% del cobre total, en comparación con menos del 50% en una lixiviación convencional por vertido de una mena similar.

Los puntos de toma de muestra fueron los mismos para cabezas y colas. Esto se hizo para evitar discrepancias en las distribuciones de mena y mineral.

25 La diferencia entre las recuperaciones en el laboratorio y en la plataforma se debían sin duda al lavado más eficaz de las colas de laboratorio antes de someterlas a las determinaciones.

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se --
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente
de Invención en España, por VEINTE años, son los que se
recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Método de tratar una mena de cobre que contiene minerales de cobre, que comprende transformar la mena en un montón para lixiviación por vertido, saturar sustancialmente la mena de dicho montón con una disolución ácida acuosa fuerte que contiene de 100 a 400 g/l de H_2SO_4 , - mantener la mena en el montón así saturado en contacto con tal disolución ácida fuerte durante un período de curado - de al menos dos días, lavar después el montón curado percolando a su través una disolución de lavado ácida débil que contiene de 2 a 50 g/l de H_2SO_4 , y recoger tal disolución de lavado que contiene cobre disuelto después de haber pasado a través del montón.

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que tanto la disolución ácida fuerte como la disolución de lavado ácida débil contiene de 5 a 50 g/l de ion férrico.

3ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1ª ó 2ª, en el que el período de envejecimiento es de 5 días a 6 meses.

4ª.- Un método según la reivindicación 3ª, en el que el período de envejecimiento es de 10 a 50 días.

5ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución ácida fuerte contiene de 150 a 300 g/l de H_2SO_4 .

De

6ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución ácida fuerte contiene de 10 a 30 g/l de ion férrico.

5 7ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cantidad de ácido fuerte usada para saturar la mena del montón es de 5% a 15% del peso de la mena.

10 8ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución de lavado ácida débil contiene de 2 a 25 g/l de H_2SO_4 .

9ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disolución de lavado ácida débil contiene de 10 a 25 g/l de ion férrico.

15 10ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2ª, 6ª ó 9ª, en el que el ion férrico se suministra en forma de $Fe_2(SO_4)_3$.

11ª.- Método de tratar una mena de cobre que contiene minerales de cobre.

20 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintidós hojas escritas a máquina por una sola cara.

25 Madrid, 06. JUL. 1977

P.A.

Fernando de Elizaburu
Por Poder.

30

F C M

109

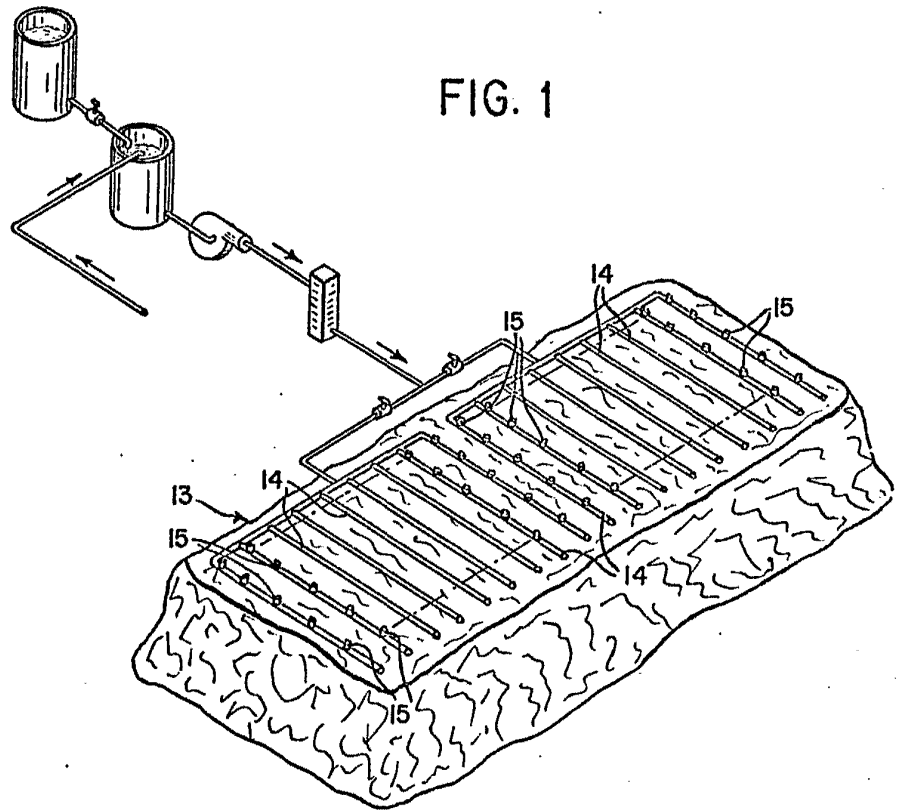


FIG. 1

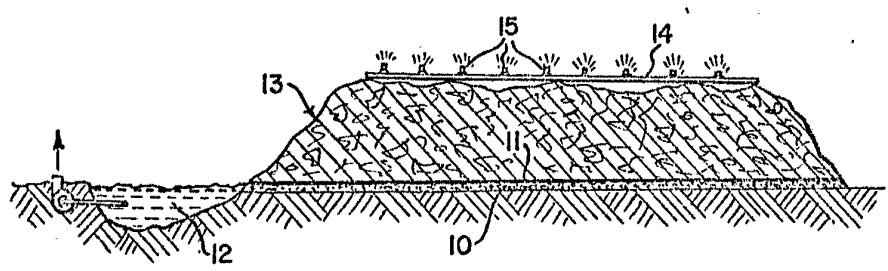


FIG. 2

Fernando de Elizaburu
Por Poder

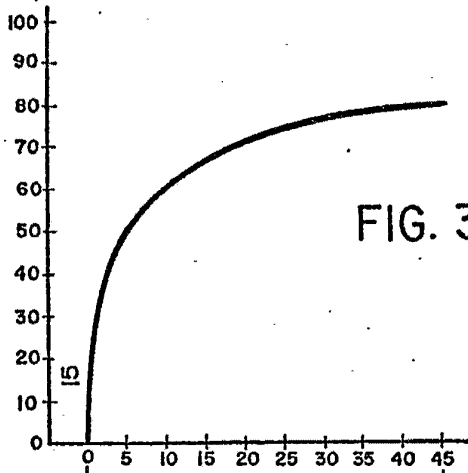


FIG. 3

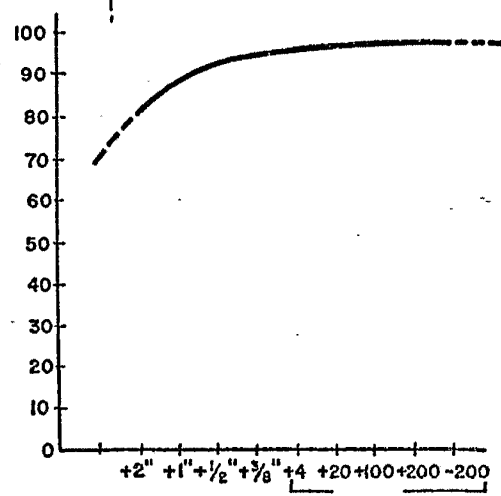


FIG. 4

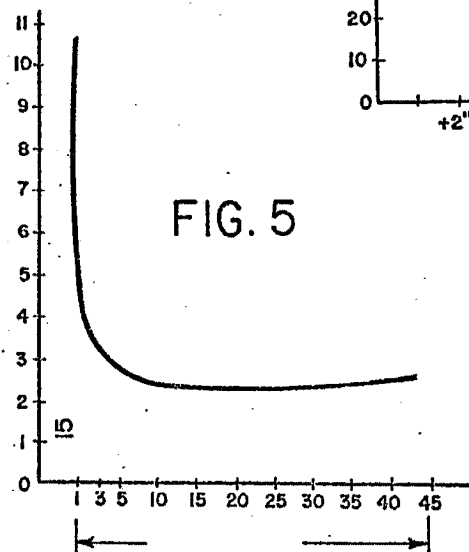


FIG. 5

Fernando de Elizaburu
Per Poder.