



ESPAÑA

19	ES	21	445459	10	A1
22	FECHA DE PRESENTACION				

PATENTE DE INVENCION

76/D

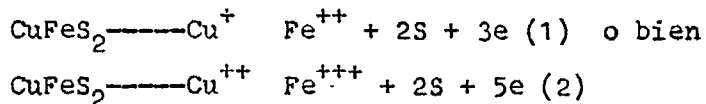
30 PRIORIDADES- 31 NUMERO			32 FECHA			33 PAIS		
PC 0615			14 febrero 1975			Australia		
47 FECHA DE PUBLICIDAD		51 CLASIFICACION INTERNACIONAL			62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA			
		C 22B, C 25C						
54 TITULO DE LA INVENCION								
"PROCEDIMIENTO PARA LA EXTRACCION DE COBRE A PARTIR DE UN MINERAL O UN CONCENTRADO QUE COMPRENDE COBRE Y HIERRO".								
71 SOLICITANTE (S)								
DEXTEC METALLURGICAL PROPRIETARY LIMITED								
DOMICILIO DEL SOLICITANTE								
Sydney (New South Wales 2000, Australia), 119 York Street								
72 INVENTOR (ES)								
D. Peter Kenneth EVERETT, declara que es de propia invención y cede sus derechos a la entidad solicitante.								
73 TITULAR (ES)								
74 REPRESENTANTE								
Don Ignacio PONTI GRAU								

Esta invención se refiere a la disolución y recuperación de cobre a partir de minerales o concentrados que contienen cobre y hierro, particularmente minerales o concentrados de sulfuro. La invención hace posible una producción a bajo coste y substancialmente exenta de contaminación, de cobre metálico a presión substancialmente atmosférica y en un solo paso.

Un tratamiento bien conocido de la técnica anterior para minerales que contienen cobre, particularmente sulfuros, es el tratamiento pirometalúrgico de estos minerales. Este tratamiento es caro, contamina y hace necesario dar salida a grandes cantidades de dióxido de azufre o de ácido sulfúrico como subproducto. Para vencer las desventajas de los procedimientos pirometalúrgicos de la técnica anterior, particularmente la contaminación, han sido desarrollados cierto número de procedimientos hidrometalúrgicos, orientados particularmente a la recuperación de cobre de minerales que contienen calcopirita, malaquita o azurita.

La calcopirita ( $\text{Cu Fe S}_2$ ) es uno de los materiales de cobre más corrientes, y también uno de los minerales más resistentes a la oxidación, y ha sido mencionado como más noble o resistente a la oxidación con la pentlandita, cobaltita, sfalerita, galena, caleocita y pirrolita (menos resistente) y menos noble que la pirita y la molibdenita.

La calcopirita puede ser oxidada de acuerdo con las ecuaciones:



según sea el grado a que es llevada la oxidación. A causa de la inestabilidad del sulfuro en las soluciones oxidantes alcalinas, tales reacciones han de ser llevadas a cabo a un pH de menos de aproximadamente 7.

5. Esto puede ser conseguido en autoclaves, utilizando aire u oxígeno a alta presión, de manera similar a la descrita en la patente canadiense nº 618623 (para minerales de cinc; Sherritt Gordon Mines Ltd.), no obstante, los gastos de instalación y de funcionamiento son extremadamente altos.

10. La solicitud de patente australiana nº 52833/73 (The Anaconda Co.) describe un procedimiento para el tratamiento de sulfuros de cobre con oxígeno en una solución amoniacal y en autoclaves de baja presión. El procedimiento es caro, requiere grandes cantidades de amoníaco y oxígeno, y un mercado favorable para el sulfato de amonio que se produce en cantidades de cinco a diez veces las del cobre.

15. La patente norteamericana nº 3 673 061 (Cyprus Metallurgical Processes Corporation) describe la oxidación de los sulfuros de cobre en el ánodo de una célula electroquímica. La presencia de hierro en el mineral tiene por resultado un bajo rendimiento de corriente anódica, debido a la energía consumida por las reacciones de oxidación del hierro, tal como se deduce de las ecuaciones (1) y (2) anteriores. Por la ecuación (1) se aprecia que es necesario un intercambio de tres electrones para la disolución de un átomo de cobre, mientras que la deposición solo requiere el intercambio de un electrón, con el resultado de un rendi-

- miento de corriente de disolución anódica de tan sólo 33% respecto al cobre. Para vencer esta ineficacia es necesario producir hierro electrolítico en cantidades similares a las del cobre, haciendo necesario, por tanto, un mercado equivalente para el producto de hierro que se obtiene a través de un método muy costoso. Además, también es necesario tener cuidado en evitar los descensos en rendimiento de corriente a causa de la ulterior oxidación del azufre elemental a sulfato. El procedimiento hace necesarias fuertes densidades de corriente anódica, con el resultado de un mayor desgaste del ánodo, y requiere cuidados en la recuperación electrolítica del cobre a causa del elevado contenido de hierro del electrolito.
- 5.
- 10.

- La solicitud de patente australiana nº 54656/73 (Cyprus Metallurgical Processes Corporation) es muy similar a la anteriormente descrita y sufre de las mismas desventajas.
- 15.

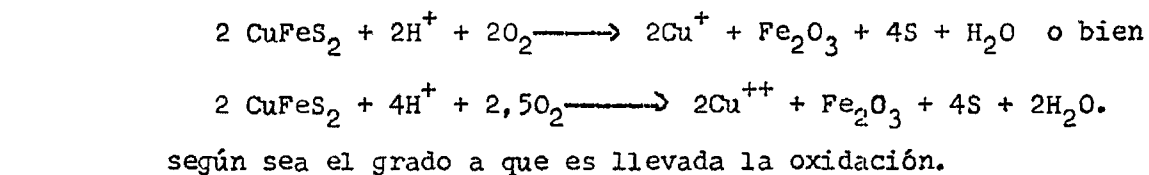
- Otra solicitud de patente australiana, nº 56990/73 (Hacen Research Inc.) describe un procedimiento para la lixiviación de minerales de sulfuro con cloruro férrico que es regenerado anódicamente. El procedimiento requiere un continuo flujo de electrolito desde el catolito al anolito para evitar la fuerte reducción en el rendimiento de corriente que se produciría si los iones férricos alcanzasen el cátodo. Tampoco se prevé ningún método para vencer las ineficacias debidas a la presencia de sulfuros de hierro en el mineral.
- 20.
- 25.

La solicitud de patente australiana nº 46913/72

(Duval Corporation) describe un proceso cíclico relativamente complicado y que implica la lixiviación de los cloruros férrico y cúprico de los minerales de sulfuro de cobre.

5. El procedimiento de esta invención rebasa las desventajas de los anteriores métodos y hace posible la conversión en una sola etapa, de la calcopirita en azufre elemental, óxido de hierro y cobre metálico (en soluciones relativamente exentas de hierro), a presión atmosférica y sin necesidad de producir hierro electrolítico.

10. La diferencia principal entre esta invención y el arte anterior reside en el descubrimiento de un método para oxidar minerales o concentrados que contienen cobre, incluso minerales que contienen calcopirita, con aire, a presión substancialmente atmosférica y temperaturas moderadas (50 a 105°C) para producir óxido férrico, y, en el caso de los minerales o concentrados de sulfuro, convertir el azufre de los sulfuros a la forma elemental, recogiendo el cobre en la solución. Las ecuaciones para la oxidación del cobre en la calcopirita pueden ser representadas como sigue:



20. Ampliamente, de acuerdo con la presente invención se proporciona un método para la extracción de cobre a partir de un mineral o concentrado que contiene cobre y hierro, el cual comprende el sumergir el mineral o concentrado en un electrolito, mezclar íntimamente con la lechada formada

25.

de esta manera, aire u otro gas que contiene oxígeno finamente dispersado a una presión substancialmente atmosférica y a una temperatura de 50° hasta el punto de ebullición del electrolito, siendo dicho electrolito ácido y conteniendo iones de cloruro en una concentración entre la suficiente para mantener en solución cualesquiera iones cuprosos presentes y la saturación, y manteniendo el pH de la mezcla entre 1,5 y 7,0 durante todo el procedimiento, con lo cual el hierro solubilizado en el proceso es el proceso es precipitado como óxido férrico, y en el caso de un mineral o concentrado de sulfuro, el azufre de sulfuro oxidable en las condiciones reinantes es convertido substancialmente a forma elemental y el cobre es recogido en la solución.

Una de las ventajas principales del procedimiento de la presente invención es que puede ser llevado a cabo a presión atmosférica y, por tanto, no es necesario utilizar recipientes presurizados. Aunque el procedimiento de la presente invención podría funcionar a presiones más altas, se limita la invención y las reivindicaciones a asegurar esta ventaja. De acuerdo con ello, el término "presión substancialmente atmosférica", tal como se utiliza en esta descripción y reivindicaciones, significa presiones distintas de las que hacen necesario el empleo de recipientes presurizados.

Como es evidente de las ecuaciones facilitadas anteriormente y que ilustran las reacciones implicadas en el presente procedimiento, se forman tanto inones cuprosos como cúpricos y las proporciones relativas dependerán del

- tiempo durante el cual ha estado operando el procedimiento y de las condiciones específicas empleadas. Es necesaria la presencia de iones de cloruro para asegurar que los iones cuprosos permanezcan en la solución, pero la cantidad mínima necesaria variará de acuerdo con los anteriores factores y es, por tanto, definida por el resultado.
- 5.

- En una forma de la invención se añade, continua o intermitentemente, ácido clorhídrico para mantener el pH al nivel especificado, y el cobre es convertido en forma iónica en solución, de la que puede ser obtenido en forma elemental por métodos conocidos, tales como cementación o deposición electrolítica.
- 10.

- Alternativamente el pH puede ser controlado por la adición continua o intermitente de anolito ácido desde una célula electroquímica. Los iones hidrógeno del anolito son formados por la oxidación anódica del agua y pueden ser regenerados convenientemente por retorno del electrolito a la célula, para la precipitación del cobre en el cátodo y la producción de más iones hidrógeno por oxidación del agua en el ánodo. Una forma preferida de la invención es llevada a cabo mezclando íntimamente el mineral o concentrado con aire u otro gas que contenga oxígeno en el compartimiento anódico de una célula electroquímica y el cobre puede ser separado continuamente por deposición en capa en el cátodo.
- 15.
- 20.

- De acuerdo con ello, en otra forma de la invención se provee un procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o concentrado que contiene cobre y hierro, con simultánea deposición del cobre extraído en el
- 25.

- cátodo de una célula electroquímica de diafragma, el cual comprende el sumergir el mineral concentrado en un electrolito en el compartimiento anódico de una célula electroquímica de diafragma, mezclar íntimamente la lechada formada
5. de esta manera con aire u otro gas que contiene oxígeno finamente dispersado, a presión substancialmente atmosférica y una temperatura de 50°C hasta el punto de ebullición del electrolito, cuyo electrolito contiene iones de cloruro en una concentración comprendida entre la suficiente para manten
10. tener en solución cualesquiera iones cuprosos presentes y la saturación, y hacer pasar corriente entre el ánodo y el cátodo a una razón tal que los iones de hidrógeno liberados en el ánodo mantienen un pH de entre 1,5 y 7,0 en el electrolito, con lo cual el hierro solubilizado en el procedimiento es precipitado como óxido férrico, y en el caso de un mineral o concentrado de sulfuro, el azufre de sulfuro oxidable bajo las condiciones reinantes es convertido substancialmente a forma elemental, siendo el cobre depositado sobre el cátodo.
- 15.

20. Los procedimientos de la invención pueden ser catalizados al principio del proceso por adición de iones de cobre al electrolito.

Preferiblemente se introduce una corriente pulsante de aire u otro gas que contenga oxígeno, en el electrolito, en forma de partículas finamente divididas, por ejemplo utilizando un difusor de grafito poroso.

25.

El contenido de hierro solubilizado en el electrolito es mantenido, preferiblemente, por debajo de 5 g por

litro, por control del potencial de oxidación del electro-  
lito.

El desarrollo del procedimiento en relación con  
los minerales que contienen sulfuro, ha resultado de cier-  
to número de consideraciones.

Los sulfuros de metales básicos tienden a pasi-  
varse durante las reacciones de oxidación mucho más fácil-  
mente en las soluciones de sulfato que en las de cloruro, y  
por tanto, en el procedimiento de esta invención se utiliza  
soluciones de cloruro. Otra razón por esta preferencia resi-  
de en el hecho de que los sulfuros de cobre, particularmen-  
te los concentrados de flotación, espuman vigorosamente con  
la introducción de aire en las soluciones de sulfato, mien-  
tras que la mayoría de los materiales de cobre apenas espu-  
man en las soluciones de cloruro. La concentración de cloru-  
ro utilizada en la presente invención es la suficiente para  
solubilizar cualesquiera iones cuprosos presentes y la sa-  
turación (ver las ecuaciones anteriores).

El aire es el agente oxidante más barato y más fá-  
cilmente disponible.

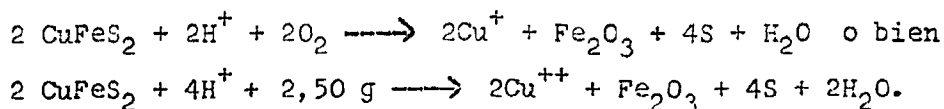
El azufre elemental es un subproducto más conve-  
niente que el sulfato de amonio, ya que no requiere grandes  
cantidades de amoníaco ni el gran mercado para el sulfato  
de amonio. A causa de la inestabilidad del azufre elemental  
en las soluciones oxidantes alcalinas, es necesario un pH  
de reacción inferior a 7. El óxido de hierro es un subpro-  
ducto más conveniente que el hierro electrolítico a causa de  
los costes necesarios para la producción de este último y

la necesidad de poner en venta cantidades equivalentes de cobre y hierro electrolítico, por tanto es necesario un pH de reacción por encima de 1,5 con miras a la estabilidad del producto de óxido de hierro.

5. Tal como se aprecia en las anteriores ecuaciones el procedimiento de la presente invención oxida el hierro a óxido férrico y no iones férricos como en los procedimientos hidrometalúrgicos de la técnica anterior. Por tanto, los rendimientos de corriente en el presente procedimiento
10. en relación con el cobre son cerca de 100% a comparación con los rendimientos corrientes de entre 30 y 40% de los procedimientos hidrometalúrgicos de la técnica anterior. Las economías del procedimiento de la presente invención son, por consiguiente, mucho mayores que las del arte anterior.
15. Las reacciones del oxígeno en solución ácida pueden ser muy lentas a causa de la cinética involucrada. La reacción  $2H^+ + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O$  tiene potenciales de  $E_0 + 1,229$  en solución ácida y  $E_0 + 0,815$  en solución neutra. En soluciones ácidas, las reacciones frecuentemente implican
20. bajas velocidades que determinan etapas tales como la reducción inicial del oxígeno a peróxido. La oxidación al aire del ion ferroso a ion férrico en solución ácida, contraria a los anteriores potenciales, procede tan sólo lentamente. No obstante, la reacción puede desarrollarse rápidamente en
25. soluciones poco ácidas, cuando la misma implica la simultánea precipitación del óxido o hidróxido férrico.

Se ha descubierto un método para utilizar aire a presión atmosférica y a temperaturas por encima de 50°C,

para llevar a cabo la oxidación de la calcopirita dentro de la gama de pH de 1,5 a 7,0, de acuerdo con:



5. Los ejemplos siguientes ilustran la oxidación con aire de la calcopirita a presión substancialmente atmosférica, para formar óxido férrico, azufre elemental y cobre iónico.

EJEMPLO 1.

10. Se agita 100 g de un concentrado de calcopirita con 1 litro de electrolito que contiene 200 g por litro de cloruro amónico y 2 g por litro de cobre iónico, en un vaso de pico provisto de un difusor de tela porosa cubriendo el fondo.
15. Se añade lentamente 90 ml de ácido clorhídrico 5 N, durante un periodo de 6 horas para mantener un pH de 2,0 a 2,5 . La temperatura es mantenida a 85°C y se introduce aire a través del difusor.

RESULTADOS

20.	<u>Tiempo (horas)</u>	<u>Análisis de soluciones (g/l)</u>	
		<u>Cu</u>	<u>Fe</u>
	0	2,2	0,01
	1	10,4	1,8
	2	16,8	2,0
25.	3	20,2	1,4
	4	23,6	0,8
	5	25,6	0,7
	6	26,8	0,2

ANÁLISIS DE SÓLIDOS %

	<u>Cobre</u>	<u>Hierro</u>	<u>Azufre elemental</u>
Concentrado de cobre	26,2	28,6	—
Residuo	2,54	31,8	31,5

5. En exceso de 90% de cobre se lixivía con un contenido máximo de hierro en el electrolito de 2 g por litro.

Se obtiene resultados similares con electrolitos de cloruro de sodio, magnesio, cinc y manganeso.

10. La oxidación con aire de la calcopirita es llevada a cabo idealmente con un pH de aproximadamente 2,0 a 2,5 tal como se muestra en los siguientes ejemplos.

EJEMPLO 2.

15. Se mantiene tres lechadas de concentrado de calcopirita (100 g por litro) en solución al 20% de cloruro sódico, respectivamente dentro de las gamas de pH de 1 - 1,5 2 - 2,5 3 - 3,5, a 85°C en un vaso similar al del ejemplo 1, mientras se añade aire finamente dispersado a través del difusor de tela porosa que cubre el fondo del vaso.

RESULTADOS (g por litro)

20. <u>Tiempo</u>	<u>Gama de pH</u> 1 - 1,5		<u>2 - 2,5</u>		<u>3 - 3,5</u>	
	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>
1	8,2	7,0	9,5	2,2	3,5	0,01
2	12,8	11,5	14,2	1,8	5,5	0,02
4	18,5	15,5	21,5	2,0	7,8	0,04
25. 6	20,0	18,0	23,0	0,6	9,5	0,03

La velocidad de disolución del cobre más elevada se produce en la gama de pH de 2 a 2,5, y la concentración del hierro en solución es adecuadamente baja.

La oxidación es llevada a cabo idealmente a una temperatura por encima de aproximadamente 70°C, tal como se indica en el ejemplo siguiente.

EJEMPLO 3.

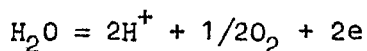
5. Se mantiene tres lechadas de concentrado de calcopirita (100 gramos por litro) en solución de cloruro sódico al 20%, a un pH de 2,0 a 2,5 en un vaso similar al del ejemplo 1 y a temperaturas de 70, 80 y 90°C, mientras se introduce aire finamente dispersado de manera similar a dicho ejemplo.
- 10.

RESULTADOS (g por litro)

<u>Temperatura, °C.</u>	<u>70°</u>		<u>80°</u>		<u>90°</u>		
<u>Tiempo, horas</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Fe</u>	
1	7,5	1,5	9,0	2,2	9,2	2,0	
15.	2	13,0	1,4	14,4	1,6	15,0	2,8
	4	18,2	2,2	22,8	1,4	22,0	2,0
	6	10,2	1,1	24,5	0,8	24,7	1,6

Una temperatura de aproximadamente 80°C aparece como suficiente.

20. La ecuación para la oxidación anódica del agua en el ánodo de una célula electroquímica es:

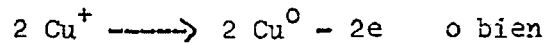


- Esta reacción tiene un potencial de 0,815 Volt en solución neutra y 1,229 Volt en ácido 1 N, a cuyo punto el desprendimiento de cloro, en una solución de cloruro, se vuelve a una reacción competitiva.
- 25.

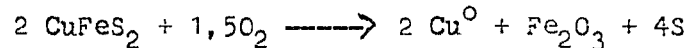
Bajo las condiciones utilizadas en este procedimiento, el potencial teórico estaría más o menos entre estos

dos valores.

El cátodo de la célula electroquímica puede ser utilizado para depositar cobre por cobreado, de acuerdo con



5. Entonces, la reacción global de la célula resulta:



Mientras que es posible generar iones hidrógeno en el ánodo de una célula electroquímica utilizando un electrolito de cloruro, únicamente se puede generar cantidades limitadas

10. antes de que el desprendimiento de cloro resulte una reacción competitiva (según las densidades de corriente, materiales anódicos, etc.)

La figura 1 muestra una célula cilíndrica de diafragma que tiene un fuerte volumen de anolito para el tratamiento de minerales de bajo tenor. El aire es introducido a través de un diafragma poroso en el fondo, mientras que la corriente es hecha pasar entre los ánodos y cátodos de barra de grafito.

15. En la figura 1, las flechas -A- indican la dirección del flujo de aire dentro de la célula, -B- es la lechada, -C- es un vaso de cinco litros, -D- es el diafragma de la célula, -E- es una esponja de cobre, -F- es grafito poroso y -G- representa electrodos de grafito.

20. La calcopirita es convertida en óxido férrico, azufre elemental y cobre iónico que se difunde a través del diafragma poroso y deposita de forma fácilmente separable en el cátodo. El cobre producido puede ser retirado del fondo de la célula y recuperado por filtración, por ejemplo.

La figura 2 muestra la forma preferida de célula para el tratamiento de concentrados de cobre, utilizando la geometría convencional de placa plana.

5. En la figura 2, -A- representa la entrada de aire, -B- es la dispersión aire/mineral/electrolito, -C- es el electrolito, -D- es un recipiente de cinco litros, -E- representa los cátodos, -F- el ánodo, y -G- es el producto de cobre que se forma sobre los cátodos y cae al fondo del recipiente.

10. El ejemplo siguiente ilustra la conversión directa de calcopirita en cobre metálico, óxido de hierro y azufre elemental.

#### EJEMPLO 4.

15. Un diafragma de sección transversal rectangular, hecho de tela de polipropileno, es dotado de un difusor de aire de tela del mismo material, que cubre el fondo del saco anódico. El saco anódico es provisto de una placa de grafito ramurada para proporcionar una gran superficie anódica.

20. El ánodo y el saco anódico son sumergidos en un electrolito compuesto por 10 g por litro de cobre y 20% de cloruro sódico en un recipiente de 10 litros.

Se sumergen barras de grafito en el electrolito por fuera del saco anódico, las cuales sirven de cátodos.

25. Se añade al saco anódico 350 g de un concentrado de calcopirita y se hace entrar aire en cantidades suficientes para fluidificar el mineral y proporcionar un exceso de oxígeno para el mismo. Se hace pasar corriente a razón de 12 A durante 6 horas, a una densidad de corriente catódica

de 300 A/m<sup>2</sup> y una densidad de corriente anódica de 50 A/m<sup>2</sup>. El cobre es recogido de los electrodos y del fondo de la célula al final de la reacción.

RESULTADOS - (Temp. = 85°C)

5.	<u>Análisis de electrolito</u>	<u>Cu (g/l)</u>	<u>Fe (g/l)</u>	<u>pH</u>
	Principio	10,4	0,1	4,5
	Final (6 horas)	8,5	1,4	2,7
	<u>Análisis de sólidos</u>	<u>Cu %</u>	<u>Fe %</u>	
	Calcopirita	25,2	27,2	
10.	Residuo	2,3	21,5	
	Producto (90 g)	99,8	,005	
	Tensión de la célula	= 1,0 volt		
	A/h consumidos	= 72		
	KW/h/kg	= 0,8		

15. El residuo es un material rojo y fácilmente filtrable que produce un análisis de 31,5% de azufre.

El tipo de residuo formado es particularmente importante para la subsiguiente etapa de separación líquido/sólidos, y también para los deletéreos efectos sobre la velocidad de reacción, producidos por la formación de un precipitado de hidróxido férrico gelatinoso. Para este fin se ha encontrado favorable pulsar la corriente de aire, por ejemplo treinta segundos cada minuto. El mecanismo que justifica esta mejora puede implicar la difusión del ión ferroso lejos de las partículas de mineral antes de la precipitación como óxido férrico.

25. El uso de las anteriores condiciones para eliminar el hierro del electrolito facilita considerablemente el

tratamiento de minerales de cobre oxidados, tales como la malaquita y la azurita. Estos minerales son tratados frecuentemente por disolución en ácido sulfúrico, seguida de electrolisis o cementación a hierro a granel . En el caso

5. de menas con grandes cantidades de hierro, calcio, magnesio, etc., solubles en ácido, el procedimiento se vuelve un gran consumidor de ácido, lo que hace antieconómicos muchos depósitos.

Un método alternativo, en el que se utiliza carbonato de amonio, es caro, complejo y produce un producto de óxido de cobre.

10.

Utilizando las condiciones anteriormente descritas es posible lixiviar selectivamente el cobre, la plata, etc. en presencia de hierro, y también el calcio y el magnesio (según sea su forma química), reduciendo a un mínimo el consumo de reactivos.

15.

El uso de aire o de temperaturas elevadas únicamente es necesario cuando hay presencia de sulfuros, el aire, no obstante, proporciona un método conveniente para suspender el mineral.

20.

#### EJEMPLO 5.

Dos kilogramos de mineral oxidado que da un ensayo de 2,4% de cobre, son suspendidos sobre el difusor de aire en el compartimiento anódico de una célula de diafragma cilíndrica, con cuatro litros de electrolito que contiene

25. 200 gramos por litro de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 10 gramos por litro de cobre en solución, a una temperatura de  $90^\circ\text{C}$ .

Se hace pasar corriente entre los ánodos y cátodos

de grafito con densidades de 50 A/m<sup>2</sup> y 300 A/m<sup>2</sup> respectivamente, durante seis horas.

5. El cobre, que se deposita en los cátodos en forma fácilmente separable, es filtrado, lavado, secado y pesado, así como el residuo. Se obtiene los siguientes resultados:

	Cu	Fe	Ca	Mg	pB	Zn	Ag
	%				ppm		
10. Mineral	2,4	9,0	7,7	8,9	160	160	7
Residuo	0,2	8,8	7,6	8,5	80	80	1
Producto	99	0,007	nada	nada	20	20	125

15. Tensión de la célula = 0,8 Volt; corriente consumida = 1,1 A/h/g de Cu; energía consumida = 0,88 kW/h/kg de Cu.

Los anteriores resultados muestran que se lixivía y recupera más de 90% del cobre y 85% de la plata, mientras que tan sólo pequeñas cantidades de Fe, Ca y Mg son lixivias. La tensión de la célula, 0,8 Volt, es muy baja, y por tanto los gastos de energía en el empleo del procedimiento también son muy reducidos.

20. Se deduce que el procedimiento es adecuado para tratar sulfuros, óxidos y minerales de sulfuro y óxido mezclados, proporcionando las ventajas de:

25. 1.- Muy pequeños gastos de energía, básicamente inafectados por la presencia de sulfuros de hierro.

2.- Posibilidad de poder ser realizado tanto en proceso de lotes, con equipos muy sencillos y que permiten trabajar a escala reducida (por ejemplo a bocamina), o como procedimiento continuo a gran escala.

5. 3.- No consume necesariamente ácido, como en el procedimiento de cementación con ácido sulfúrico.

4.- No contamina y produce azufre elemental (que puede ser recuperado) en lugar de dióxido de azufre o sub-productos tales como el sulfato de amonio.

10. 5.- No consume grandes cantidades de reactivos.

6.- Produce un residuo fácilmente filtrable.

15. El empleo de la calcopirita en los ejemplos descritos es debido a que éste es uno de los más corrientes minerales de cobre de sulfuro, está reconocido como el más noble y más difícil de descomponer de todos los sulfuros de cobre, y porque produce graves problemas de tratamiento a causa de las grandes cantidades de hierro combinado química-mente. En general, otros sulfuros de cobre son tratados más fácilmente que la calcopirita por este procedimiento.

- . -

#### N O T A

20. Se reivindica como objeto de la presente patente de invención:

1. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre

- y hierro, caracterizado por el hecho de comprender el sumergir el mineral o concentrado en un electrolito, mezclar íntimamente con la lechada formada de esta manera, aire u otro gas que contiene oxígeno finamente dispersado a presión
5. substancialmente atmosférica y temperaturas de 50°C hasta el punto de ebullición del electrolito, cuyo electrolito es ácido y contiene iones de cloruro en una concentración comprendida entre la suficiente para mantener en solución cualesquiera iones cuprosos presentes y la saturación, y
10. mantener el pH de la mezcla a 1,5 a 7,0 durante todo el procedimiento, por lo cual el hierro solubilizado en el mismo es precipitado como óxido férrico y en el caso de un mineral o concentrado de sulfuro, el azufre de sulfuro oxidable bajo las condiciones reinantes es convertido substancialmente a forma elemental y el cobre es tomado en la solución.
- 15.

2. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que contiene cobre y hierro, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el pH es mantenido entre 1,5 y 7,0 por adición

20. continua o intermitente de ácido clorhídrico.

3. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de comprender la etapa adicional de obtener el cobre en

25. forma elemental por substitución con hierro o por deposición electrolítica.

4. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y

hierro, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el pH es mantenido al nivel especificado mediante la formación de iones hidrógeno por la oxidación anódica del agua.

5.                   5.    Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que el mineral o el concentrado son mezclados íntimamente con aire u otro gas que contenga oxígeno en el compartimiento anódico de una célula electroquímica de diafragma.

10.                   6.    Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según la reivindicación 1, con simultánea disposición electrolítica del cobre extraído en el cátodo de una célula electrolítica de diafragma, caracterizado por el hecho de comprender el sumergir el mineral o concentrado en un electrolito dentro del compartimiento anódico de la célula electrolítica de diafragma, mezclar íntimamente la lechada formada de esta manera con aire u otro gas que contiene oxígeno finamente dispersado, a presión substancialmente atmosférica y a temperaturas de 50°C hasta el punto de ebullición del electrolito, cuyo electrolito contiene iones cloruro en una concentración comprendida entre la suficiente para mantener en solución cualesquiera iones cuprosos presentes y la saturación, y hacer pasar corriente entre el ánodo y el cátodo a una razón tal que los iones de hidrógeno liberados en el ánodo mantienen un pH comprendido entre 1,5 y 7,0 en

- el electrolito, con lo cual el hierro solubilizado en el procedimiento es precipitado como óxido férrico, y en el caso de un mineral o concentrado de sulfuro, el azufre del sulfuro oxidable bajo las condiciones reinantes es convertido substancialmente a forma elemental y el cobre es depositado electrolíticamente sobre el cátodo.
- 5.
7. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de añadir iones cobre al electrolito, al principio del procedimiento, para actuar como catalizador.
- 10.
8. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de mantener el contenido de hierro solubilizado en el electrolito por debajo de 5 gramos por litro mediante el control del potencial de oxidación de dicho electrolito.
- 15.
9. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que el mineral o concentrado de cobre y hierro contiene calcopirita.
- 20.
10. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que el mineral o con-
- 2w5.

centrado de cobre y hierro contiene malaquita o azurita.

5. 11. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de introducir en el electrolito una corriente pulsante de aire u otro gas que contiene oxígeno.

10. 12. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por el hecho de que el aire u otro gas que contiene oxígeno es introducido a través de grafito poroso.

15. 13. Procedimiento para la extracción de cobre a partir de un mineral o un concentrado que comprende cobre y hierro.

La presente memoria descriptiva consta de veintitrés hojas foliadas escritas a máquina por una sola cara.

Barcelona, 13 de febrero de 1976

DEXTEC METALBURGICAL PROPRIETARY  
LIMITED

P.a.

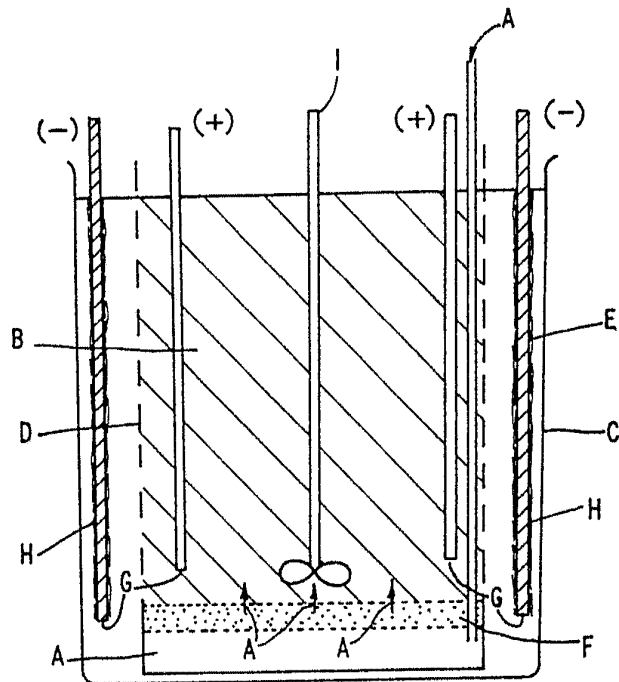


FIG. 1

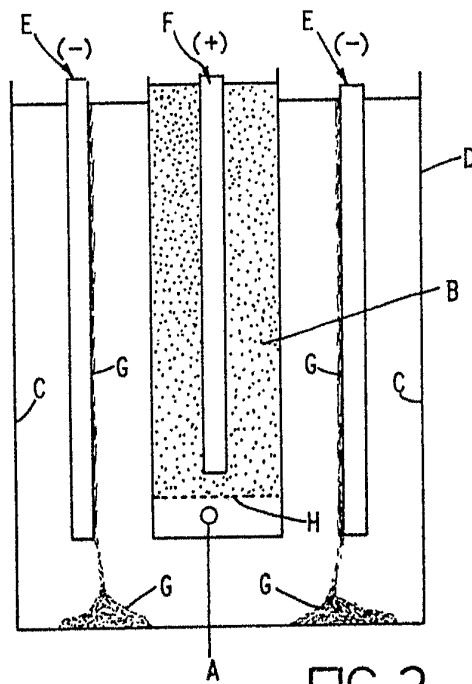


FIG. 2

Barcelona, 15 febrero de 1976  
p.e.

26.591/1