



417366

P.- 54.754  
" Extended Ion"

417366

MEMORIA DESCRIPTIVA

Int. Cl.ª C22B ; C23C

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

a nombre de HAZEN RESEARCH, INC.

entidad norteamericana

establecida en 4601 Indiana Street, Golden, Colorado

80401, Estados Unidos de América.

por: "UN PROCEDIMIENTO PARA LA RECUPERACION DE UN ME

TAL DESDE UN SULFURO METALICO"

(Clase Internacional C22b)

417366



P. 54.754  
"Extended Ion"

5 Este invento se refiere a la recuperación  
de metales a partir de sulfuros metálicos, por ejem-  
plo a la recuperación de metales a partir de menas,  
minerales o concentrados de sulfuros metálicos. Tal co-  
mo se utiliza aquí, el término "sulfuro metálico" in-  
cluyendo no sólo materiales que contienen sulfuros me-  
10 tállicos propiamente dichos sino también otros materia-  
les tales como sulfuros complejos de dos o más metales,  
por ejemplo  $CuFeS_2$ .

Hasta ahora se ha propuesto fundir menas de  
sulfuro metálico, por ejemplo menas de sulfuro de co-  
15 bre, con el fin de recuperar desde ellas metales tales  
como cobre, implicando la fusión de menas de sulfuro  
de cobre, por ejemplo, una compleja serie de operacio-  
nes en las cuales el azufre es eliminado en forma de  
dióxido de azufre para producir un metal de cobre bru-  
20 to que subsiguientemente es afinado por electrólisis.  
Este procedimiento de fusión tiene algunas graves des-  
ventajas, siendo, por ejemplo, el dióxido de azufre  
producido frecuentemente de una calidad tan baja que  
es antieconómico utilizarlo para producir ácido sulfú-  
25 rico por el procedimiento de catálisis por contacto.

13.6.73

417366

30 JU



Como resultado de ello, este gas residual de dióxido de azufre de baja calidad ha sido descargado con frecuencia a la atmósfera, creando de este modo un grave problema de contaminación.

5                   Otros métodos para tratar menas de sulfuros metálicos han sido propuestos asimismo. Por ejemplo, puede recuperarse plomo por un procedimiento en húmedo que implica una operación de lixiviación que comprende la utilización de cloruro férrico en calidad  
10 de agente de lixiviación. No obstante, aparecen dificultades en la recuperación electrolítica subsiguiente del plomo, debido a que el cloruro férrico regenerado durante la electrólisis disuelve al plomo depositado.

15                   De acuerdo con el presente invento se crea un procedimiento para la recuperación de un metal desde un sulfuro metálico, el cual procedimiento comprende lixiviar el sulfuro con una solución acuosa que contiene iones férricos para llevar a disolución  
20 iones del metal que ha de ser recuperado y producir iones ferrosos en solución; electrolizar la solución en una celda de electrólisis con diafragma con el fin de depositar el metal que ha de ser recuperado sobre el cátodo de la celda; y hacer fluir continuamente  
25 líquido desde el cátodo al ánodo a través del diafrag



ma de la celda para impedir que iones férricos entren en contacto con el cátodo.

También de acuerdo con el invento se crea un procedimiento para la recuperación de un metal desde un sulfuro metálico, el cual procedimiento comprende:

(a) lixiviar el sulfuro con cloruro férrico;  
(b) separar el azufre producido durante la lixiviación desde la solución de lixiviación resultantes;

(c) electrolizar la solución de lixiviación después de separación del azufre en una celda de electrolisis con diafragma para depositar el metal que ha de ser recuperado sobre el cátodo de la celda;

(d) hacer fluir de modo continuo líquido desde el cátodo al ánodo a través del diafragma de la celda para impedir que iones férricos entren en contacto con el cátodo.

Asimismo de acuerdo con el invento se crea un procedimiento para la recuperación de cobre, níquel, plata, zinc, cadmio, mercurio o plomo a partir de sus respectivos sulfuros, el cual procedimiento comprende:

(a) lixiviar los sulfuros con cloruro férrico para formar azufre, cloruro ferroso y un cloruro del metal;

417366



(b) separar azufre desde la solución de lixiviación resultante;

(c) electrolizar la solución de lixiviación en una celda de electrólisis con diafragma para depositar el metal que ha de ser recuperado sobre el cátodo; y

(d) hacer fluir continuamente líquido desde el cátodo al ánodo a través del diafragma de la celda para impedir que iones férricos entren en contacto con el cátodo.

La recuperación de metales a partir de sus sulfuros por las operaciones de lixiviar los sulfuros con una solución de lixiviación de cloruro férrico y luego someter a la solución resultante a electrólisis en una celda de electrólisis con diafragma, en que un líquido, preferiblemente el catolito, es dejado fluir continuamente a través del diafragma desde el cátodo al ánodo de la celda, impidiendo de este modo la emigración de iones férricos al cátodo, sirve generalmente para proporcionar un buen rendimiento de la celda. Esto proporciona también un medio comparativamente simple de transportar iones ferrosos desde el cátodo al ánodo para su oxidación a hierro férrico, que luego puede ser utilizado para efectuar una lixiviación de sulfuro metálico. Sólo

417366

30



necesita hacerse fluir a través del diafragma la suficiente cantidad de catolito que sea necesaria para impedir la emigración de iones férricos.

5 Los sulfuros metálicos con los que se ha encontrado que es eficaz un procedimiento de acuerdo con el invento incluyen sulfuros de los metales de los grupos IB, IIB, IV y VIII de la Tabla Periódica, particularmente níquel del grupo VIII, cobre y plata del grupo IB, zinc, cadmio y mercurio del grupo IIB, y plomo del grupo IVB. Otros sulfuros metálicos pueden ser tratados asimismo por un procedimiento de acuerdo con el invento. (Los respectivos Grupos de la Tabla Periódica son tal como se definen en General and Inorganic Chemistry for University Students, 3<sup>a</sup> edición, Macmillan and Co. Ltd., Londres, 1958).

10

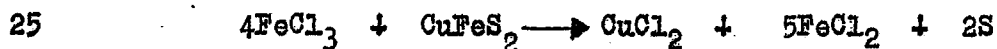
15

Al comenzar el procedimiento, el sulfuro metálico, por ejemplo en forma de un concentrado de mena, es lixiviado con una solución de cloruro férrico para formar el correspondiente cloruro metálico, azufre elemental y cloruro ferroso. Esta reacción puede ser ilustrado del siguiente modo para lixiviación de sulfuro de zinc:

20



y para lixiviar un sulfuro de cobre:



417366<sup>30</sup>



La concentración de hierro en la solución de lixiviación en esta operación puede, por ejemplo, ser tal como se ha propuesto hasta ahora para lixiviar sulfuros metálicos y es preferiblemente de alrededor de 50 a alrededor de 200, más preferiblemente de alrededor de 100 a alrededor de 150, y del modo más preferiblemente de alrededor de 120 a alrededor de 130 gramos por litro.

Antes de introducir la solución resultante en la cámara catódica, se eliminan azufre y otras impurezas. Esto puede efectuarse, por ejemplo, por filtración o por otros métodos convencionales.

El azufre y las impurezas pueden, si se desea, ser tratados ulteriormente por ejemplo para separar azufre elemental de las impurezas, por ejemplo mediante extracción con disolvente, flotación y fusión. Las impurezas, en el caso del tratamiento de una mena que contiene cobre tal como calcopirita, pueden contener metales tales como oro y pueden ser tratadas para la recuperación de los mismos.

La solución que queda después de eliminación del azufre y de las impurezas insolubles puede ser sometida, si se desea, a una operación de purificación en que ciertos metales en solución son eliminados antes de la operación de electrólisis. Estos me-

417366



tales, por ejemplo en el caso de tratamiento de calco-  
pirita para recuperar cobre, pueden ser bismuto, plo-  
mo o plata.

5 La solución que queda después de eliminación  
del azufre y de las impurezas solubles y/o insolubles,  
puede ser introducida luego en la cámara catódica de  
la celda de electrólisis y ser sometida a electroli-  
sis. Esta electrólisis se lleva a cabo en una celda  
10 que tiene un diafragma poroso de modo tal que los  
compartimentos anódico y catódico de la celda están  
separados por el diafragma.

El cátodo es preferiblemente del metal que se  
desea recuperar. Sin embargo, pueden emplearse otros  
metales con tal que tengan características apropiadas.  
15 La forma del cátodo carece generalmente de importan-  
cia, pero usualmente se prefiere una superficie espe-  
cífica máxima.

El material del ánodo necesita usualmente só-  
lo poseer suficientes características para permitir  
20 que fluya corriente a través de la celda y para oxidar  
el cloruro ferroso a cloruro férrico durante el proce-  
so de electrólisis. Ejemplos de materiales apropiados  
para el ánodo incluyen grafito y titanio recubierto con  
óxido de metal noble.

25 El diafragma deberá ser tal que el comparti-

417366

30



mento catódico esté completamente separado del com-  
partimento anódico. Sin embargo, debe ser poroso de  
manera que permita que fluya electrolito entre los  
compartimentos. Hasta ahora, se han propuesto nume-  
5 rosos materiales para tales fines, por ejemplo tela  
tejida en telar de polipropileno. Una vez han sido  
eliminados azufre y otras impurezas desde la solu-  
ción de lixiviación, la solución resultante de cloru-  
ro metálico y cloruro ferroso puede ser introducida  
10 en el compartimento catódico y se puede iniciar la  
electrólisis. Este procedimiento se lleva a cabo pre-  
feriblemente de modo continuo y por lo tanto esta so-  
lución es alimentada al compartimento catódico de ma-  
nera continua, o de modo discontinuo al menos a in-  
15 tervalos suficientemente próximos para tener una ali-  
mentación de electrolito esencialmente de nueva apar-  
tación en el compartimento catódico en cualquier mo-  
mento dado.

Tiene importancia crítica el flujo continuo  
20 de electrolito desde el compartimento catódico al  
compartimento anódico, a través del diafragma pore-  
so. Este flujo constituye una barrera física para la  
emigración de iones férricos desde el compartimento  
anódico al compartimento catódico. Pueden emplearse  
25 numerosos métodos para lograr este flujo. Un método

417366

30



preferido consiste en mantener una diferencia de carga estática entre los compartimentos anódico y catódico de modo tal que el nivel de líquido en el compartimento catódico sea mayor que el nivel de líquido en el compartimento anódico. La magnitud de esta diferencia de carga puede ser hecha variar dependiendo del caudal deseado a través del diafragma.

El caudal a través del diafragma debe ser suficientemente grande para impedir la emigración de iones férricos desde el compartimento anódico al compartimento catódico. Desde luego, no hay ningún límite máximo general para este caudal con el fin de impedir la emigración de iones férricos al compartimento catódico. Sin embargo, si el caudal es demasiado rápido habrá un tiempo de permanencia insuficiente en el compartimento catódico para permitir la deposición electro-lítica del metal deseado. Por lo tanto, el caudal es mantenido preferiblemente entre aproximadamente 45 y aproximadamente 645, más preferiblemente entre aproximadamente 65 y aproximadamente 258, y del modo más preferible de aproximadamente 90 a aproximadamente 194, mililitros/centímetro cuadrado/hora.

Si el flujo al compartimento catódico es mayor que el flujo deseado a través del diafragma, se puede permitir que algo de catolito crille el diafrag-

417366

30



ma y fluya directamente dentro del compartimento anódico. Se prevé generalmente que aproximadamente 100% del catolito será hecho fluir a través del diafragma, pero en procedimientos particulares puede ser ventajoso utilizar menores porcentajes de dicho flujo.

La densidad de corriente catódica preferida que se utiliza durante el procedimiento variará en general dependiendo del metal particular que se recupere. En general, las densidades de corriente catódicas están preferiblemente dentro del margen de 108 a aproximadamente 1080, más preferiblemente de aproximadamente 215 a aproximadamente 538, y del modo más preferible de aproximadamente 323 a aproximadamente 431, amperios/centímetro cuadrado de área de superficie del cátodo.

En general, variables del proceso tales como el pH y la temperatura durante las diferentes etapas de dicho proceso no son particularmente críticas, y pueden utilizarse los valores usados en los procedimientos de lixiviación y electrólisis que hasta el momento han sido propuestos.

Durante la electrólisis, se producirá usualmente cloruro férrico en el ánodo. Este cloruro férrico, junto con cualquier cantidad de cloruro del metal a recuperar que no haya sido electrolizada, es eli-



minado de la celda y puede volver a ser utilizado para lixiviar cantidades adicionales de concentrado de sulfuro metálico. Por lo tanto, un procedimiento de acuerdo con el invento puede ser hecho trabajar de modo continuo.

Es posible, por ejemplo, eliminar cobre desde una solución con buen rendimiento y con alta densidad de corriente, y al mismo tiempo generar cloruro férrico en el electrolito en que está situado el ánodo utilizando un procedimiento de acuerdo con el presente invento. Los procedimientos tomados en consideración hacen posibles disminuciones importantes de la inversión de capital para la instalación que ha de efectuarse comparado con las inversiones de los procedimientos hasta ahora propuestos, y que los costos de funcionamiento de las mismas sean reducidos para producir metales a partir de menas de sulfuro.

En los métodos hasta ahora propuestos para recuperar electrolíticamente cobre, se efectuaron considerables esfuerzos con el fin de restringir la cantidad de hierro en solución con el cobre. Si se hace elevado el contenido de hierro del electrolito, por ejemplo de 10 g/l, puede reducirse el rendimiento de corriente y puede cambiar el carácter físico del cobre depositado. Si el contenido de hierro es muy alto,

417366

30 J



el rendimiento de corriente de la deposición electro-  
lítica de cobre puede descender a un valor tan bajo  
que se haga antieconómico el procedimiento. Los pro-  
cedimientos que se toman en consideración hacen po-  
5 sible sorprendentemente que se deposite cobre desde  
una solución que contenga más de 100 g/l de hierro en  
forma de cloruro férrico. La razón por la cual el hie-  
rro no interfiere generalmente de modo apreciable so-  
bre el rendimiento de corriente cuando se utiliza una  
10 celda de diafragma consiste probablemente en que el  
hierro férrico formado junto al ánodo no puede mezclar-  
se ni entrar en contacto con el cobre depositado y volver  
lo a disolver. Llevando a cabo la electrólisis de  
esta manera, es posible aprovechar la corriente utiliza-  
15 da para depositar el cobre y al mismo tiempo regenerar  
el reactivo de lixiviación sin el bajo rendimiento de  
corriente que hasta ahora se encuentra cuando se so-  
meten a electrólisis soluciones que contienen cobre  
y grandes cantidades de hierro.

20 El hierro en solución después de la elimi-  
nación por electrólisis del metal que ha de ser re-  
cuperado, puede asimismo ser recuperado por electró-  
lisis.

25 Los siguientes Ejemplos se dan sólo a títu-  
lo ilustrativo. Las celdas utilizadas en cada uno de



Los Ejemplos tenían un compartimento anódico y un compartimento catódico separados uno de otro por un diafragma de tela que permitía que el catolito fluyese lenta pero continuamente dentro del compartimento de anolito.

Ejemplo 1.

Un concentrado de sulfuro de plomo fue lixiviado con cloruro férrico para producir una solución que contenía 25 gramos por litro de cloruro de plomo en una solución 3 molar de cloruro ferroso. Esta solución fue añadida de modo continuo al compartimento catódico de la celda de electrólisis a una velocidad de 500 mililitros por hora. El area de la sección transversal del diafragma era de 113 cm<sup>2</sup> permitiendo un flujo a través del diafragma con un caudal de aproximadamente 4,5 ml/cm<sup>2</sup>/hora. El cátodo era una delgada chapa de plomo. Se hizo pasar una corriente de 2,5 amperios a través de la celda durante tres horas, manteniendo una densidad de corriente catódica de 323 amperios/m<sup>2</sup>. Veinte gramos de plomo depositados en el cátodo, lo cual representa un rendimiento de corriente catódica de 0,375 amperios-hora por gramo (70% del máximo teórico).

El nivel de líquido en el compartimento catódico fue mantenido suficientemente más alto que el

417366



nivel en el compartimento anódico para permitir un flujo lento pero continuo de catolito al compartimen-  
tò anódico procedente del compartimento catódico. El cloruro ferroso fue oxidado a cloruro férrico en el  
5 ánodo y el cloruro férrico fue retirado y utilizado para lixiviar una tanda ulterior de sulfuro de plomo.

Ejemplo 2.

Utilizando una celda similar a la utilizada en el Ejemplo 1, un concentrado de sulfuro de zinc  
10 fue lixiviado con cloruro férrico para producir una solución que contenía 150 gramos por litro de cloruro de zinc en cloruro ferroso. El azufre y los sólidos que no habían reaccionado fueron retirados del concen-  
trado, y se utilizó extracción con disolvente para eli-  
15 minar cloruro ferroso desde la solución de cloruro de zinc. La solución de cloruro de zinc fue introducida luego en el compartimento catódico. El cátodo consistía en una chapa de aluminio y se aplican 10 amperios-  
-hora, manteniendo una densidad de corriente catódica  
20 de 646 amperios/m<sup>2</sup>. Al final de un experimento durante tres horas se habían depositado 11 gramos de zinc, dando como resultado un rendimiento de corriente catódica de 0,91 amperios-hora (90% del teórico). Se introdujo cloruro ferroso en el compartimento anódico y se le  
25 convirtió en cloruro férrico, y este cloruro férrico



fue utilizado para lixiviar cantidades adicionales de sulfuro de zinc.

Ejemplo 3.

Se utilizó una celda similar a la usada en el Ejemplo 1. Se lixivió sulfuro de níquel para producir una solución que contenía 20 gramos por litro de cloruro de níquel en cloruro ferroso 3 molar. El azufre y los sólidos que no habían reaccionado fueron retirados y la solución resultante fue introducida en el compartimento catódico de la celda. Se utilizó un cátodo de acero inoxidable. La corriente de 12,5 amperios-hora fue hecha pasar a través de la celda durante tres horas dando como resultado una densidad de corriente catódica de 646 amperios/cm<sup>2</sup>. El catolito fue dejado fluir de modo continuo a través del diafragma para pasar al anolito. Se depositaron 8,6 g de níquel y 3,2 g de hierro, lo cual corresponde a un rendimiento de corriente catódica de 87%. El cloruro férrico producido en el ánodo fue utilizado de nuevo para lixiviar cantidades adicionales de concentrado de sulfuro.

Ejemplo 4.

Se utilizó una celda de diafragma que tenía un compartimento catódico de 1.500 ml separado de un compartimento anódico de 300 ml por un diafragma de

41736630



tela de filtro Dynel. Se utilizaron como electrodos un ánodo de grafito de alta pureza con un área sumergida de aproximadamente  $93 \text{ cm}^2$ , y un cátodo que consistía en una chapa de cobre de calibre 22 con  
5 aproximadamente  $310 \text{ cm}^2$  de área sumergida. A todo lo largo del proceso, se añadió de modo continuo al compartimento catódico electrolito de cloruro ferroso y se le permitió fluir a través del diafragma para pasar al compartimento anódico. El pH del electrolito  
10 fue mantenido por debajo de 2,3 aproximadamente. Un concentrado de sulfuro de hierro y cobre fue lixiviado para producir una solución que contenía 65 gramos por litro de cobre y 135 gramos por litro de hierro en una solución de aproximadamente 135 gramos por  
15 litro de cloruro ferroso. Esta solución fue añadida de modo continuo al compartimento catódico con un caudal de aproximadamente 100 ml por hora. Una corriente de alrededor de 12 amperios fue hecha pasar a través de la celda y el voltaje fue mantenido suficientemente  
20 bajo para impedir la deposición de hierro. El proceso se llevó a cabo durante 8 horas dando como resultado la recuperación de 116 gramos de cobre, equivalentes a 99% del cobre que se encuentra en solución. Luego el hierro fue recuperado por electrólisis en una  
25 subsiguiente etapa.

417366



Ejemplo 5.

Se ensayaron diferentes electrolitos utilizando diversas concentraciones de hierro a las que se había añadido cloruro cúprico en cantidades que proporcionaban diferentes concentraciones de cobre. Los electrolitos resultantes simularon soluciones de lixiviación tras haberse lixiviado un concentrado de sulfuro de cobre con cloruro férrico. Después de eliminación del azufre, el electrolito contenía esencialmente cloruro ferroso y cloruro cúprico, igual que el electrolito utilizado en los ensayos.

Se utilizó, igual que en el Ejemplo 4, una celda con diafragma con similares áreas sumergidas del ánodo y del cátodo, y con un pH del electrolito asimismo similar. Las reacciones electrolíticas que se efectuaron en la celda fueron la reducción de iones cobre a cobre metálico en el cátodo, y la oxidación de hierro ferroso a hierro férrico en el ánodo. Si se encuentra disponible insuficiente cantidad de hierro ferroso para la oxidación, puede producirse cloro en el ánodo.

En un primer ensayo la celda fue llenada con electrolito que contenía 65 g/l de cobre y 135 g/l de hierro, Aproximadamente 100 cm<sup>3</sup>/hora de una solución que contenía 135 g/l de cloruro ferroso fueron



417366

añadidos al compartimento catódico y una corriente de 12 amperios fue hecha pasar a través de la celda. Tras 8 horas, cuando prácticamente se había depositado la totalidad del cobre, el ensayo fue terminado. El cátodo había aumentado de peso en 116 gramos. El voltaje se encontraba por debajo del voltaje requerido para depositar hierro. La masa del depósito catódico era dura y coherente, pero aproximadamente 10 gramos de ella eran esponjosos y contenían sólo 70% de cobre. Los datos obtenidos durante el ensayo están mostrados en la siguiente Tabla.

Tiempo transcurrido	Electrolito en el compartimento catódico		Cobre depositado (g)		
	Horas	Cu (g/l)	Temp. (°C)	Por período	Acumulativo
	0	64,8	60	0	0
	1	61,1	66	5,5	5,5
20	2	52,5	67	12,9	18,4
	3	35,4	65	25,7	44,1
	4	18,5	68	25,3	69,4
	5	3,9	71	21,9	91,3
	6	0,01	69	5,9	97,2
25	7	0,002	72		
	8	0,004	71		

417366



Los anteriores datos muestran que se recuperó más de 99% del cobre que se encontraba en solución.

5                   Subsiguientemente, el hierro que se encontraba en solución fue recuperado electrolíticamente mediante una electrólisis convencional con la formación simultánea de cloruro férrico que fue recirculado a la etapa inicial de lixiviación en un proceso comercial hasta ahora propuesto para el tratamiento  
10 de concentrados de sulfuro de cobre.

Se llevaron a cabo también ensayos con diferentes densidades de corriente para determinar el efecto de cambios en la densidad de corriente sobre la formación de depósitos esponjosos y coherentes  
15 de cobre y con el fin de examinar el rendimiento del proceso con bajas concentraciones de cobre en el electrolito, que corresponden a electrolitos que resultan de lixiviar menas con bajo contenido de cobre.

En un segundo ensayo el contenido de cobre del electrolito en el compartimento catódico fue  
20 aumentado después del primer ensayo, hasta 2 g/l de cobre, mediante la adición de cloruro cúprico. La solución añadida al compartimento catódico durante la electrólisis contenía 180 g/l de hierro ferroso y  
25 36 g/l de cobre. La solución fue añadida a aproxima-

26.7.73  
MCM

417366

30



damente  $160 \text{ cm}^3/\text{hora}$ , al tiempo que se hacía pasar a través de la celda una corriente de 12 amperios. Se añadieron a la celda aproximadamente 36 gramos de cobre. En ningún momento contenía más de 0,66 g/l de cobre el electrolito existente en el compartimento catódico. Aproximadamente todo el cobre que se encontraba en solución fue depositado sobre el cátodo, siendo coherente la mitad del cobre, y siendo esponjoso el resto,

10 En un tercer ensayo se usaron las mismas condiciones que en el segundo ensayo excepto que la corriente era de 24 amperios y el caudal de la solución fue aumentado a  $335 \text{ cm}^3/\text{hora}$ . En este ensayo, sustancialmente la totalidad del cobre fue depositado en una forma esponjosa,

15 Se efectuó un cuarto ensayo, similar al segundo ensayo, excepto que la corriente era sólo de 6 amperios y el caudal de solución era sólo de  $85 \text{ cm}^3/\text{hora}$ . Prácticamente todo el cobre fue depositado en forma coherente,

20 Los datos de los ensayos en los que la cantidad de cobre en el electrolito en el compartimento catódico era reducido fueron los siguientes:

25

13.6.73

417366<sup>30</sup>

Corriente (Amperios)	Densidad de corriente efectiva (Amp/cm <sup>2</sup> , ánodo)	Descripción del depósito
24	0,086	Totalmente es ponjoso
5 12	0,043	Semiesponjoso
6	0,022	Coherente

- 10                    Estos datos indican que el cobre puede ser recuperado cuantitativamente desde una solución concentrada de cloruro ferroso (180 g/l de hierro y superiores) mediante recuperación electrolítica. Con densidades de corriente inferiores a aproximadamente
- 15 22 mA/cm<sup>2</sup> el depósito es coherente y por encima de 22 mA/cm<sup>2</sup> el depósito contiene cantidades gradualmente crecientes de material esponjoso, siendo esponjosa prácticamente la totalidad del mismo con densidades de corriente por encima de aproximadamente 75 mA/cm<sup>2</sup>.
- 20 El cobre puede ser depositado desde la solución con menos de 0,1 g/l de cobre. El porcentaje de recuperación de cobre no fue afectado de modo significativo por la concentración de cobre que se encontraba en solución.

25

13.6.73

417366



5

REIVINDICACIONES

10 1ª.- Un procedimiento para la recupera-  
ción de un metal desde un sulfuro metálico, caracte-  
rizado porque el sulfuro es lixiviado con una solu-  
ción acuosa que contiene iones férricos, por ejem-  
plo una solución de cloruro férrico, para llevar a  
disolución iones del metal que ha de ser recupera-  
15 do y producir iones ferrosos en solución; la solu-  
ción resultante es sometida a electrólisis en una cel-  
da de electrólisis con diafragma para depositar el  
metal que ha de ser recuperado sobre el cátodo de  
la celda; y un líquido es hecho fluir de modo con-  
20 tinuo desde el cátodo al ánodo a través del diafrag-  
ma de la celda para impedir que iones férricos entren  
en contacto con el cátodo.

25 2ª.- Un procedimiento de acuerdo con la  
reivindicación 1ª caracterizado porque el azufre pro-  
ducido durante la lixiviación es separado de la solu-

13.6.73

- 23 -

417366



oión de lixiviación antes de la electrólisis.

3ª.- Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1ª o 2ª, caracterizado porque el metal a recuperar es de los grupos IIB, IVB, o VIII de la Tabla Periódica.

4ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque el líquido que es hecho fluir a través del diafragma es el catolito.

5ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4ª, caracterizado porque el catolito contiene cloruro ferroso.

6ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 5ª, caracterizado porque las impurezas son eliminadas durante la separación del azufre.

7ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado porque los iones ferrosos son oxidados en el ánodo para formar iones férricos.

8ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7ª, caracterizado porque se produce cloruro férrico en el ánodo y se le utiliza como agente de lixiviación para cantidades adicionales de sulfuro metálico.

13.6.73

- 24 -



417366

9ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 8ª, caracterizado porque níquel, plata, zinc, cadmio, mercurio o plomo son recuperados desde sus respectivos sulfuros.

5 10ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 9ª, caracterizado porque níquel, plata, zinc, cadmio, mercurio o plomo son recuperados desde un concentrado de sulfuro del mismo.

10 11ª.- UN PROCEDIMIENTO PARA LA RECUPERACION DE UN METAL DESDE UN SULFURO METALICO.

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

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

Madrid, 30 JUL 1973

P.A.

Alberto de...  
Pta. 10066  
*Alta*

2.7.73  
MCM

*29*