



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 301 973**

51 Int. Cl.:
C22B 3/08 (2006.01)
C22B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04713920 .9**
86 Fecha de presentación : **24.02.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1597403**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.11.2005**

54 Título: **Método para recuperar zinc por lixiviación contracorriente.**

30 Prioridad: **26.02.2003 FI 20030285**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.07.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.07.2008

73 Titular/es: **Outotec Oyj**
Riihitontuntie 7
02200 Espoo, FI

72 Inventor/es: **Järvinen, Aimo;**
Lahtinen, Marko y
Takala, Heikki

74 Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María**

ES 2 301 973 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 301 973 T3

DESCRIPCIÓN

Método para recuperar zinc por lixiviación contracorriente.

5 La invención se refiere a un método para lixiviar materiales que contienen zinc con respecto a la recuperación electrolítica de zinc. De acuerdo con el método, primero se lixivia calcina de zinc en una fase de lixiviación neutra, y los sólidos resultantes y el concentrado de zinc después se lixivian en una fase de lixiviación de concentrado y precipitación de jarosita. La lixiviación de concentrado sucede a una baja concentración de ácido mientras el hierro se precipita en forma de jarosita. La lixiviación de concentrado se continúa en la fase de conversión, que tiene lugar a una
10 elevada concentración de ácido, de modo que también se disuelven las ferritas y continúa la precipitación de jarosita. En este método, los sólidos y la solución se suministran en las diversas fases contracorriente unos con respecto a la otra, de modo que se reduce la necesidad de neutralización en las diferentes fases. La solución de sulfato de zinc formada en la fase de lixiviación neutra se dirige a la precipitación electrolítica de zinc y el hierro se separa de la fase de lixiviación final en forma de jarosita.

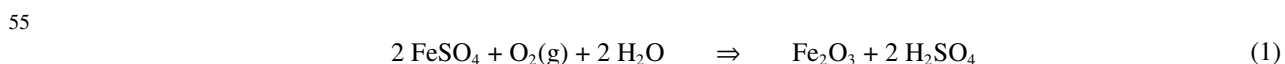
15 La calcina de zinc, obtenida por calcinación de concentrados de zinc sulfídico, se usa generalmente como material de partida en la preparación electrolítica de zinc. El componente principal de la calcina es óxido de zinc, ZnO, pero algo del zinc también está unido a hierro en forma de ferrita de zinc ZnO-Fe₂O₃. La cantidad de ferrita de zinc es habitualmente tan considerable que la recuperación de zinc a partir de ella es inevitable. El óxido de zinc es fácilmente soluble incluso a elevados valores de pH, mientras que la ferrita tiene que lixivarse a un contenido de ácido más elevado. La lixiviación de ferrita a menudo se realiza en una fase diferente, donde se obtienen tanto zinc como hierro en solución. La mayoría del hierro tiene que precipitarse de esta solución antes de que la solución pueda retornarse al lixiviado neutro y a partir de ahí a la purificación y electrolisis de la solución de sulfato de zinc. El proceso anterior se describe en, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos 3.434.947 y 3.493.365.

25 En procesos industriales, la lixiviación de óxido de zinc, un lixiviado neutro, se realiza generalmente a un pH de 2-5 y la lixiviación de ferrita a un contenido de ácido entre 30-100 g H₂SO₄/l. La solución de la lixiviación de ferrita, que contiene el zinc y el hierro disueltos, es muy ácida, y a menudo se pre-neutraliza, antes de que el hierro se precipite de la misma. La lixiviación de ferrita también puede combinarse con la fase de precipitación de hierro. Este método es conocido como el proceso de conversión y se describe en la Patente de Estados Unidos 3.959.437.

30 La lixiviación de concentrado de zinc actualmente también se está combinando en cantidades siempre mayores con lixiviación de óxido o calcina de zinc. El concentrado se suministra a la lixiviación de ferrita o se lixivia como un lixiviado a presión diferente. El componente principal en la lixiviación de concentrado es sulfuro de zinc, ZnS. Además, el hierro del concentrado se une a pirita FeS₂, y algo del zinc en el sulfuro de zinc puede remplazarse por hierro. Por lo tanto, los procesos de zinc basados en lixiviación de concentrado o aquellos que contienen una fase de lixiviación de concentrado también requieren una fase de retirada de hierro. Están en uso tres procesos de precipitación de hierro, donde se precipita el hierro en forma de jarosita, tal como Na[Fe₃(SO₄)₂(OH)₆], en forma de goetita FeOOH o en forma de hematita Fe₂O₃. Cuando se precipita el hierro en forma de jarosita o goetita, tiene que usarse un agente neutralizante en precipitación para neutralizar el ácido sulfúrico liberado en las reacciones. Normalmente el agente neutralizante es calcina.

35 En el proceso de jarosita tradicional el hierro se precipita a una temperatura cercana al punto de ebullición de la solución. El ácido libre se neutraliza a un valor de 3-5 g/l de H₂SO₄ (pH óptimo 1,5). La cantidad de hierro en la solución de sulfato de zinc es de 20-35 g/l. Como la jarosita alcanza una forma esencialmente cristalina, que tiene propiedades de sedimentación favorables, también se suministran iones potasio, sodio o amonio en la solución. La precipitación de goetita de describe, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos 4.676.828. En este método, la cantidad de ácido libre en la solución de sulfato de zinc que entra en la precipitación de hierro es de 4-8 g/l y la cantidad de hierro férrico 1-2 g/l. La mayoría del hierro está en forma ferrosa. Se suministran oxígeno y calcina en la
50 solución de modo que el hierro se oxide y la goetita precipite según sube el pH.

Cuando se precipita el hierro en forma de hematita, sucede a partir de una solución donde el hierro primero se reduce de la forma trivalente en la forma divalente. Después, el hierro se precipita hidrolíticamente por oxidación sin neutralización:



60 La precipitación de hierro, sin embargo, se realiza en un autoclave a una temperatura de aproximadamente 200°C, siendo la presión parcial de oxígeno aproximadamente 18 bar, que ha restringido esencialmente la adopción del método, aunque la hematita es de hecho la forma más respetuosa con el medio ambiente del precipitado de hierro.

65 Se describe un proceso de recuperación de zinc en la Patente de Estados Unidos 6.475.450, donde se combina la lixiviación de calcina y la lixiviación de concentrado. La calcina de zinc se lixivia normalmente en la fase de lixiviación neutra, y la solución resultante se guía a la electrolisis mediante purificación de solución. El residuo de lixiviado neutro, que consta principalmente de ferrita de zinc, se guía a la siguiente fase de lixiviación, que también es simultáneamente la fase de lixiviación de concentrado de zinc. El concentrado se lixivia en el ácido de retorno de la electrolisis y con un auxiliar de hierro trivalente de sólidos de la precipitación de goetita. Las condiciones de lixiviación se ajustan de

ES 2 301 973 T3

tal modo que se disuelven las ferritas. El hierro trivalente obtenido de este modo a partir de las ferritas disueltas y, además, el precipitado de hierro trivalente a partir de una fase de oxidación de hierro posterior también se retorna a esta fase. Se obtiene una solución de la fase de lixiviación de concentrado que contiene tanto zinc como hierro divalente en el precipitado. La solución obtenida de la fase de lixiviación de concentrado se oxida en trivalente en la siguiente fase, la fase de oxidación de hierro, y se precipita en forma de goetita, pero para este propósito la solución primero debe neutralizarse, y la neutralización se realiza usando calcina de zinc. Algo del precipitado formado de este modo se pone de nuevo en circulación en la lixiviación de concentrado y algo se guía a la precipitación de hierro. La solución de la fase de oxidación de hierro se guía a la lixiviación neutra. La siguiente fase mostrada en el diagrama de flujo de la patente es lixiviación ácida fuerte, donde el hierro se disuelve de nuevo en condiciones reductoras (SO_2) y al mismo tiempo se disuelven las ferritas de la calcina suministrada en la fase de oxidación. De acuerdo con la patente, se precipita el hierro en forma de hematita, jarosita o goetita. En la fase de precipitación de hierro, el hierro tiene que reoxidarse en forma férrica. La solución de sulfato de zinc de la fase de precipitación de hierro se dirige a la fase de lixiviación neutra.

En la Patente de Estados Unidos 6.475.450 descrita anteriormente, la cantidad de precipitado que se tiene que poner en circulación desde la fase de oxidación de hierro es grande, porque de acuerdo con la reacción (1) se necesita un mol de sulfato férrico para disolver un mol de sulfuro de zinc. La calcina generalmente contiene entre el 5-15% de ferritas, de modo que todo el resto de hierro trivalente debe ponerse en circulación en la fase porque no se suministra oxígeno a la fase de lixiviación de concentrado para la oxidación de hierro. Después de la fase de oxidación de hierro, el proceso tiene un lixiviado ácido fuerte, donde el hierro que se ha oxidado en trivalente se lixivía de nuevo. Cuando se precipita el hierro en forma de hematita, se hace guiando la solución en cuestión a un autoclave y oxidándolo en el mismo. La patente también hace mención, sin embargo, a que el hierro puede precipitarse en forma de jarosita o goetita. Como se ha indicado anteriormente, la precipitación de jarosita y goetita no puede realizarse directamente después del lixiviado ácido fuerte sino que la solución tiene que neutralizarse primero, de modo que el proceso requiere aún otra fase adicional. Si se realiza neutralización con calcina, al menos algo del zinc en la calcina se pierde. La neutralización de las fases del proceso con calcina siempre añade fases adicionales al proceso, si todo el zinc contenido en la calcina tiene que recuperarse o de otro modo la producción de zinc total se debilita.

La Patente de Estados Unidos 5.858.315 también describe un método por el cual la lixiviación de concentrado de zinc se combina con lixiviación de calcina de zinc. Primero, la calcina se somete a un lixiviado neutro, del que la solución de sulfato de zinc resultante se suministra mediante purificación de solución a la precipitación electrolítica de zinc. El residuo no disuelto restante en el lixiviado neutro se guía a lixiviación de ferrita, que sucede en presencia de ácido y oxígeno de retorno. La lixiviación de concentrado puede realizarse con lixiviación de ferrita en la misma fase o como una fase diferente. En lixiviación de dos fases, la solución de la lixiviación de ferrita, que ahora contiene el hierro de la calcina en forma principalmente divalente y el sulfato de zinc formado en la lixiviación de ferrita, se guía a la fase de lixiviación de concentrado. También se suministra oxígeno en la fase de lixiviación de concentrado. En el último reactor de lixiviación, la solución se neutraliza con calcina. El precipitado no disuelto se retorna a la fase de lixiviación de ferrita y la solución rica en zinc y en hierro se conduce a la fase de precipitación de hierro. También se suministra calcina pura a la fase de precipitación de hierro como agente neutralizante y se precipita el hierro con oxígeno en forma de goetita. La solución de sulfato de zinc de la fase de precipitación de hierro se guía a la fase de lixiviación neutra.

Hay varias fases en el método descrito en la Patente de Estados Unidos 5.858.315, porque se intenta que recupere el zinc de la calcina usada como agente neutralizante. Además, la precipitación de hierro siempre se realiza como una fase diferente.

La Patente de Estados Unidos 6.340.450 describe un método de lixiviación directa de zinc, por lo cual primero se realiza la lixiviación de calcina de zinc en una fase de lixiviación neutra. La solución obtenida del lixiviado neutro se conduce a electrolisis de zinc mediante purificación de solución y el sedimento formado a la fase de conversión, a la que también se suministra el concentrado de sulfuro de zinc. En la fase de conversión, las ferritas de la calcina se disuelven junto con el concentrado de zinc al mismo tiempo que el hierro precipita en forma de jarosita. De acuerdo con una realización de la patente (Figura 2), el concentrado de zinc se guía al final de la fase de conversión, cuando la ferrita se ha disuelto y la jarosita ha comenzado a precipitar. El contenido de ácido sulfúrico de la fase de conversión se regula a la región de 10-40 g/l. En la filtración de jarosita después de la fase de conversión, la solución de sulfato de zinc separada se dirige de nuevo a la lixiviación neutra.

En el método descrito en la Patente de Estados Unidos 6.340.450, la fase de conversión y lixiviación de concentrado se realiza a una concentración de ácido relativamente elevada. La solución resultante que contiene sulfato de zinc se guía a lixiviación neutra, y como hay ácido en la solución, debe neutralizarse en la fase de lixiviado neutro. Cuanto mayor es el contenido de ácido en la solución, también es mayor la cantidad de hierro en la solución en general. Como resultado, aumenta la circulación de hierro en el proceso.

En todos los métodos descritos anteriormente, el sólido y la solución fluyen esencialmente en la misma dirección, lo que causa una gran demanda de neutralización y/o un proceso de múltiples fases.

Ahora se ha desarrollado un nuevo método, de acuerdo con la reivindicación 1, para la lixiviación de materiales de suministro que contienen zinc con respecto a la recuperación electrolítica de zinc. De acuerdo con este método, los materiales de suministro, es decir, calcina de zinc y sulfuro de zinc, se lixivian en tres fases, en las que el contenido

ES 2 301 973 T3

de ácido sulfúrico de las fases aumenta de acuerdo con la dirección en que los sólidos se están moviendo. Los sólidos y la solución formados en las fases de lixiviación se dirigen en todo el proceso contracorriente en relación mutua. La lixiviación de concentrado y la precipitación de hierro tienen lugar en la segunda fase.

5 La primera fase de lixiviación es la fase de lixiviación neutra, donde se lixivía la calcina generada en la calcinación de concentrado de zinc, y la solución de sulfato de zinc que se forma se suministra a la precipitación electrolítica de zinc mediante purificación de solución. La calcina se lixivía en ácido de retorno que contiene ácido sulfúrico de la electrolisis y la solución de la siguiente fase de lixiviación en el proceso, conteniendo dicha solución sulfatos de zinc y sulfatos de hierro. Se suministra oxígeno y/o aire en la fase de lixiviación para oxidar el hierro ferroso y precipitarlo
10 en forma de hidróxido férrico.

Todo el concentrado de sulfuro de zinc a suministrar en el proceso y los sólidos no disueltos de la lixiviación neutra se suministran a la siguiente fase de lixiviación, que puede llamarse una fase de lixiviación de concentrado y precipitación de jarosita combinada, que se realiza a una baja concentración de ácido. La solución para la fase de
15 lixiviación es una solución ácida que contiene sulfato de zinc y sulfato de hierro de la fase de conversión, la siguiente fase en el proceso. Algo del concentrado se lixivía en la fase de lixiviación de concentrado, pero al mismo tiempo las condiciones en que esto sucede son tales que el hierro se precipita en forma de jarosita.

Los sólidos restantes de la segunda fase de lixiviación se lixivian en la fase final del proceso, la fase de conversión, usando ácido y oxígeno de retorno de la electrolisis a un elevado contenido de ácido, por lo cual las ferritas de la calcina y los compuestos de zinc sin disolver del concentrado se disuelven y el hierro precipita en forma de jarosita. El precipitado no disuelto de la fase de lixiviación final contiene hierro en forma de jarosita y azufre del concentrado. La solución que contiene sulfato de zinc obtenida de esta fase se dirige a la primera fase de lixiviación de concentrado y adicionalmente a la fase de lixiviación neutra. Todas las fases de lixiviación se realizan en condiciones atmosféricas
20 y la temperatura se mantiene entre 80°C y el punto de ebullición de la solución.

Las características esenciales de la invención se harán evidentes en las reivindicaciones adjuntas.

La invención también se describe mediante de el diagrama de flujo 1.

30 Como se ha indicado anteriormente, la primera fase hidrometalúrgica en la recuperación electrolítica de zinc es la lixiviación neutra NL, donde la calcina se lixivía mediante solución de sulfato de zinc en circulación desde la siguiente fase en el proceso y el ácido de retorno que contiene ácido sulfúrico de la electrolisis. El movimiento de la solución que contiene sulfato de zinc se muestra en el diagrama de flujo con una línea discontinua. La fase de lixiviación neutra se realiza en varios reactores y para completar, la fase la solución y los sólidos se separan en un espesante. Los sólidos a
35 suministrar de una fase a otra, en este caso, se refieren al flujo inferior del espesante, que incluye sólidos suministrados a la fase pero que quedan sin disolver y también sólidos precipitados como resultado de las reacciones. De acuerdo con el método ahora desarrollado, los sólidos y la solución del proceso fluyen contracorriente en relación mutua. Por tanto, la solución de sulfato de zinc se suministra en la fase de lixiviación neutra desde la fase posterior del proceso, es decir, la fase de lixiviación de concentrado y precipitación de jarosita, en que el contenido de ácido se mantiene relativamente bajo, a aproximadamente 2-20 g/l, preferiblemente entre 5-15 g/l. Por lo tanto, el contenido de ácido de la solución de sulfato de zinc suministrada en la fase de lixiviación neutra también es relativamente bajo. Esto es ventajoso para el proceso, ya que significa que no se requiere calcina en la fase de lixiviación neutra para neutralizar un exceso de ácido en la solución.

45 Un propósito de la fase de lixiviación neutra es preparar una solución de sulfato de zinc que contenga la cantidad mínima de hierro posible, preferiblemente menos de 10 mg/l. La solución de sulfato de zinc que entra en la lixiviación neutra de las últimas fases del proceso siempre contiene alguna cantidad de hierro, y cuando la solución que contiene zinc viene de la fase donde el contenido de ácido es relativamente bajo, la cantidad de hierro también es más baja. Es beneficioso para el proceso que la mayor cantidad posible del hierro que entra en la lixiviación neutra esté en forma divalente, es decir, sulfato ferroso. El hierro preferiblemente se oxida en la fase de lixiviación neutra con oxígeno y/o aire en hidróxido de hierro $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y precipita de la solución. Cuando el hierro se precipita en forma de hidróxido férrico, también pueden coprecipitarse de la solución los minerales dañinos en la electrolisis de zinc tales como germanio y antimonio. Cuando la precipitación de estos metales sucede durante la lixiviación neutra, se evita
50 una fase de purificación diferente en la purificación de solución de sulfato de zinc.

La solución de sulfato de zinc generada en lixiviación neutra se conduce a las diversas fases de purificación de solución y los sólidos separados de la solución se guían a la siguiente fase, que en este método es la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita. Esta fase también se realiza en varios reactores. La primera parte de
60 la fase es la elutriación del concentrado en la solución que viene de la fase posterior del proceso, es decir, la fase de conversión. La solución de la fase de conversión es una solución ácida de sulfato de zinc que contiene hierro. El nivel de ácido del concentrado se mantiene relativamente bajo en la fase de lixiviación, a aproximadamente 5-15 g/l, y por lo tanto el ácido de la solución de la fase de conversión se neutraliza con el sedimento de la lixiviación neutra y el concentrado. Como la lixiviación neutra se realiza en este método como una única fase, algo del óxido de zinc de la calcina permanece sin disolver y funciona como un neutralizador del ácido en la fase de lixiviación de concentrado, y al mismo tiempo el zinc del óxido de zinc se disuelve en sulfato de zinc. El ácido de retorno se usa para regular el nivel de ácido. También se suministra oxígeno y/o aire en esta fase de modo que el hierro permanezca en forma férrica. Para que el hierro de la fase precipite en forma de jarosita, se suministran compuestos alcalinos o de amonio a la fase para
65

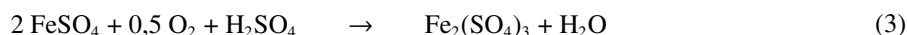
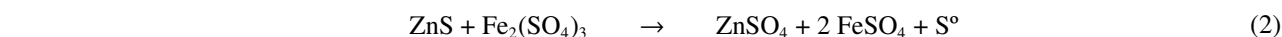
ES 2 301 973 T3

precipitar la jarosita en forma de un cristal, por ejemplo, jarosita de amonio. Los núcleos de jarosita requeridos para la precipitación de jarosita se obtienen mediante circulación interna de la fase. El hierro en precipitación se origina a partir de los sólidos de lixiviación neutra y la solución de la fase de conversión.

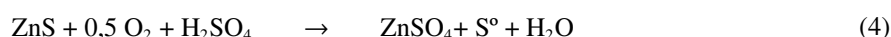
5 Al final de la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita hay de nuevo una separación de solución y sólidos. Se obtiene una solución en forma de un exceso de flujo de espesante, en el que el zinc se ha disuelto durante la fase en forma de sulfato de zinc y que también contiene una pequeña cantidad de hierro disuelto, y esta solución se guía a la lixiviación neutra. Los sólidos obtenidos en forma de exceso de flujo de espesante contienen la jarosita que ha precipitado durante la fase, la ferrita de la calcina y algo de concentrado aún sin disolver, y estos
10 sólidos se guían a la fase de conversión.

La lixiviación de la fase de conversión sucede mediante oxígeno y ácido de retorno de la electrolisis en una concentración de ácido en la región de 25-70 g/l, preferiblemente de 30-50 g/l. También se usa ácido sulfúrico reciente para regular el contenido de ácido, que compensa las pérdidas de sulfato del proceso completo. Esta fase también
15 sucede en varios reactores. Las ferritas contenidos en la calcina y el concentrado se disuelven en las condiciones de la fase de conversión, como la parte del concentrado que no se disolvió en la fase previa. La jarosita formada en la fase previa ya no se disuelve, pero la ferrita disuelta precipita en forma de jarosita. La jarosita se forma a esta concentración de ácido más elevada, también, ya que hay abundancia de núcleos de jarosita en los sólidos, que ayuda a la precipitación.

20 La lixiviación de concentrado sucede tanto en la fase real de lixiviación de concentrado como en la fase de conversión de acuerdo con las siguientes reacciones:



30 es decir, como una reacción total:



35 Como las reacciones muestran, la oxidación del sulfuro concentrado sucede usando hierro trivalente, y el hierro divalente en la solución se oxida en trivalente de nuevo con el oxígeno suministrado en la fase. En ambas fases la mayoría del hierro precipita en forma de jarosita, porque se requiere solamente una pequeña cantidad del hierro en la calcina y el concentrado para la lixiviación de concentrado. La precipitación de hierro en forma de jarosita sucede de acuerdo con la siguiente reacción, donde A puede ser un ión alcalino o amonio:



45 El ácido formado en la reacción de precipitación de jarosita se consume en la lixiviación de concentrado.

La suspensión formada en la fase de conversión puede guiarse a flotación después de dicha fase. La flotación no es obligatoria, si la jarosita y el concentrado de azufre pueden almacenarse juntos. En la flotación, la suspensión se separa haciendo flotar el azufre y los sulfuros no disueltos. La mayoría de los sulfuros son pirita. El concentrado de azufre se separa y la suspensión final se suministra a la separación de jarosita. El la solución de rebosamiento del
50 espesado de jarosita es una solución que contiene ácido, hierro y zinc, que se pone en circulación en la fase lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita.

La ventaja de la lixiviación contracorriente de concentrado descrita anteriormente es la simplificación del proceso. Cuando tiene lugar la fase de lixiviación de concentrado/precipitación de jarosita después de la fase de lixiviación neutra y como última fase de la fase de conversión, el contenido de ácido de las fases aumenta en la dirección de flujo de los sólidos. Por consiguiente, cuando la solución se suministra contracorriente en relación al flujo de sólidos, el contenido de ácido de las fases disminuye en grados. Esto provoca una disminución en la necesidad de neutralización en las diferentes fases. Antes, por ejemplo, la solución ácida de sulfato de zinc de la lixiviación de concentrado se suministraba en la fase de lixiviación neutra y esta solución ácida causaba una gran demanda de neutralización. En
60 el presente método, la solución suministrada a la fase de lixiviación neutra viene de una fase donde el contenido de ácido se mantiene bajo. Cuando el contenido de ácido de la solución suministrada a la lixiviación neutra es bajo, también puede regularse su contenido de hierro y en particular la proporción de hierro divalente y trivalente en la solución. Como se ha mencionado anteriormente, también puede coprecipitarse germanio y antimonio con respecto a la oxidación de hierro divalente que sucede en la fase de lixiviación neutra.

65

ES 2 301 973 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para recuperar zinc a partir de calcina de zinc y concentrado de sulfuro de zinc con respecto a una precipitación electrolítica de zinc, por lo cual una solución de sulfato de zinc obtenida de la primera fase de lixiviación se dirige, mediante purificación de solución, a electrolisis de zinc y el hierro contenido en los materiales de partida se precipita en forma de jarosita, **caracterizado** porque la lixiviación de calcina de zinc y concentrado de sulfuro de zinc se realiza en tres fases en condiciones atmosféricas y a una temperatura entre 80°C y el punto de ebullición de la solución, por lo cual los sólidos y la solución se mueven contracorriente en relación mutua y el contenido de ácido de la fases de lixiviación aumenta en la dirección del flujo de los sólidos, donde la lixiviación de concentrado y la precipitación de hierro tienen lugar en la segunda fase.

15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque se suministra calcina de zinc a la primera fase de lixiviación, lixiviación neutra, donde la lixiviación se realiza en un intervalo de pH entre 2-5.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el concentrado de zinc y los sólidos de la fase de lixiviación neutra se suministran a la segunda fase de lixiviación y el contenido de ácido se mantiene en la región de 2-20 g/l de H₂SO₄.

20 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque el contenido de ácido en la segunda fase de lixiviación se mantiene en la región de 5-15 g/l.

25 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado** porque los sólidos de la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita se guían a la fase final de lixiviación, una fase de conversión, en la que el contenido de ácido se mantiene en la región de 25-70 g/l de H₂SO₄.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque el contenido de ácido en la fase final de lixiviación se mantiene en la región de 30-50 g/l.

30 7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, **caracterizado** porque la calcina de zinc se lixivía en la fase de lixiviación neutra usando la solución que contiene sulfatos de zinc y sulfatos de hierro tomados de la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita y ácido de retorno de la electrolisis.

35 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque se suministra oxígeno y/o aire en la fase de lixiviación neutra para oxidar el hierro ferroso y precipitarlo en forma de hidróxido Fe(OH)₃, que coprecipita los minerales dañinos en la solución.

40 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado** porque los minerales dañinos son germanio y antimonio.

10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, **caracterizado** porque la lixiviación en la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita se realiza usando oxígeno y/o aire y la solución ácida de sulfato que contiene zinc y hierro de la fase de conversión.

45 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, **caracterizado** porque el nivel de ácido en la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita se ajusta usando ácido de retorno.

50 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, **caracterizado** porque se suministran iones alcalinos o amonio en la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita para precipitar la jarosita en forma de jarosita alcalina o de amonio, y porque los núcleos de jarosita se ponen en circulación en la fase.

55 13. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12, **caracterizado** porque los sólidos restantes de la fase de lixiviación de concentrado y de precipitación de jarosita, que contienen ferritas sin disolver, parte del concentrado y la jarosita generada, se lixivian en la fase de conversión usando oxígeno y ácido de retorno de la electrolisis para lixiviar las ferritas y el concentrado final y para precipitar el hierro disuelto en forma de jarosita.

60 14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-13, **caracterizado** porque se realiza flotación sobre los sólidos formados durante la fase de conversión de concentrado para formar concentrado de azufre.

65

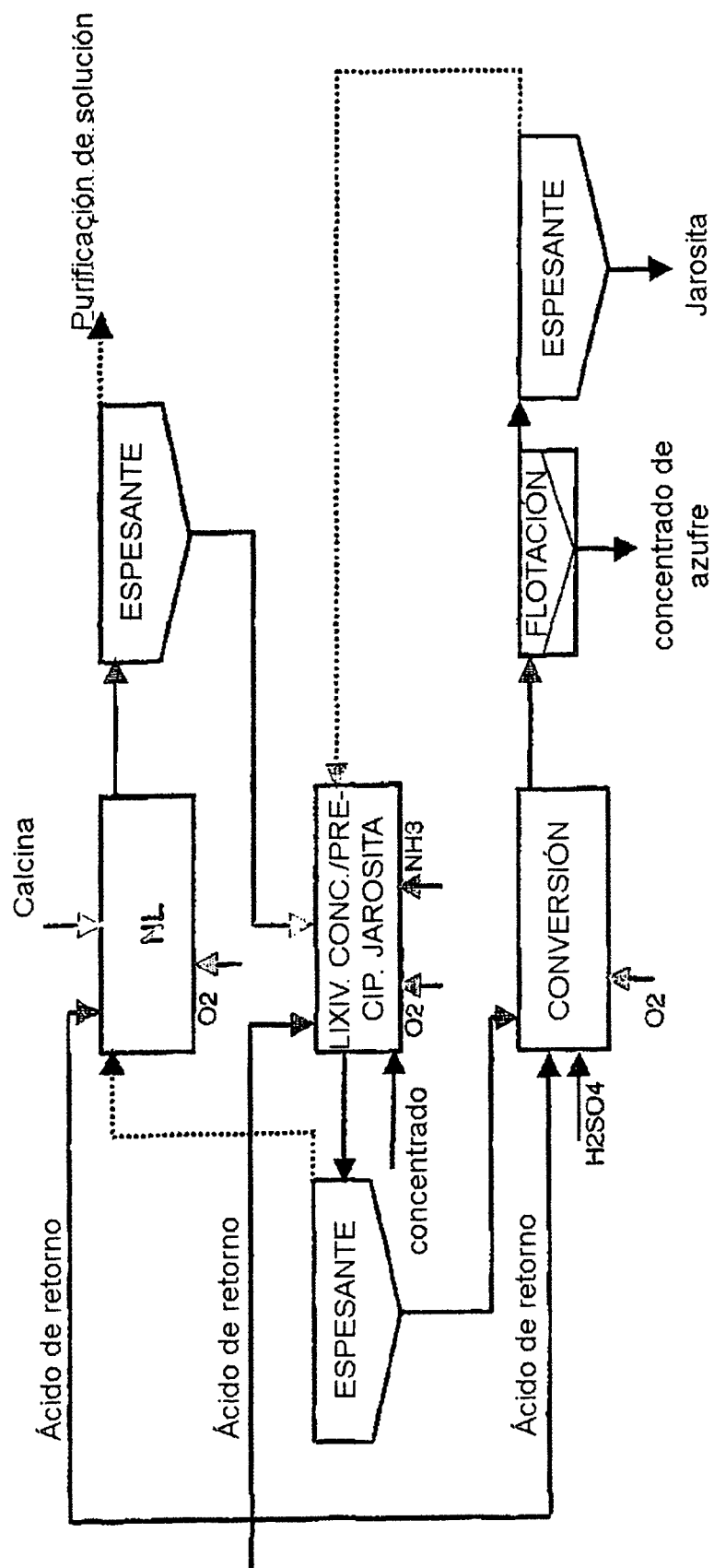


Figura 1