

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 297**

51 Int. Cl.:

C22B 13/00 (2006.01)

C22B 3/08 (2006.01)

C22B 3/04 (2006.01)

C22B 1/00 (2006.01)

C22B 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2012 PCT/AU2012/000937**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.02.2013 WO13020175**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2012 E 12822908 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2742159**

54 Título: **Tratamiento de materiales sulfídicos**

30 Prioridad:

08.08.2011 AU 2011903163

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

03.06.2019

73 Titular/es:

**GLENCORE QUEENSLAND LIMITED (100.0%)
Level 10 160 Ann Street
Brisbane QLD 4000, AU**

72 Inventor/es:

**BOWEN, PATRICK JOSEPH y
HOURN, MICHAEL MATTHEW**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 715 297 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).

DESCRIPCIÓN

Tratamiento de materiales sulfídicos

5 La presente invención se refiere a un proceso para el tratamiento de materiales sulfídicos. La presente invención es especialmente adecuada para el tratamiento de minerales o concentrados sulfídicos mixtos.

Antecedentes de la invención

10 El plomo y el zinc suelen encontrarse en un mineral sulfídico mixto. Las masas de mineral sulfídico que contienen plomo y zinc pueden contener también sulfuros de cobre y hierro, así como oro y plata. La recuperación del plomo y zinc de los minerales de sulfuro mixtos se ha conseguido a través de una serie de diferentes procesos. Por ejemplo, se puede tratar el mineral para formar un concentrado con un contenido de plomo y zinc mejorado y se puede someter el concentrado a procesos metalúrgicos, como fundido, para recuperar metal plomo y zinc.

15 Alternativamente, el tratamiento de dichos minerales implica normalmente una serie de etapas de flotación para recuperar un concentrado de plomo de alta calidad y un concentrado de zinc de alta calidad. El concentrado de plomo de alta calidad se trata después para recuperar el plomo y el concentrado de zinc de alta calidad se trata después para recuperar el zinc.

20 Asimismo, se han utilizado también procesos hidrometalúrgicos en los que se somete a lixiviación el mineral o el concentrado con ácido sulfúrico, según lo cual se disuelve sulfuro de zinc (en forma de sulfato de zinc) en una solución de lixiviación, recuperándose zinc mediante el uso de un proceso de extracción electrolítica.

25 A continuación, se exponen varios procesos para el tratamiento de materiales sulfídicos mixtos.

La patente estadounidense 3954450 divulga el contacto de material de sulfuro de plomo con un medio acuoso que contiene sulfato acuoso y amoníaco libre. Se introduce esta suspensión en un vaso de reacción y se introduce oxígeno en el vaso. Se convierte el sulfuro en compuestos de plomo oxidicos sustancialmente insolubles en agua al mismo tiempo que se disuelve el zinc que pueda estar presente. Se separa la solución que contiene zinc del relave sólido y se trata la solución para recuperar el metal zinc. Se somete el residuo a flotación de espuma y el plomo queda en los relaves. Se tratan los relaves que contienen plomo para recuperar el metal de plomo. El concentrado de la etapa de flotación de espuma contiene sulfuro de hierro y puede descartarse o enviarse a tratamiento para recuperar hierro.

35 La patente estadounidense 4063933 describe un proceso para el tratamiento de un concentrado de sulfuro que contiene plomo, cobre, zinc y plata para recuperar selectivamente estos metales. El proceso comprende el contacto del concentrado con ácido sulfúrico en presencia de oxígeno a una presión y una temperatura elevadas para extraer el cobre y el zinc del concentrado (por disolución como sulfatos solubles), seguido de la recuperación del cobre y el zinc de la solución. Se pone en contacto el residuo de lixiviación (que contiene plomo) con cal para eliminar el azufre. A continuación, se pone en contacto el residuo de lixiviación con una mezcla de cloruro de calcio y cloruro férrico para extraer el plomo y la plata.

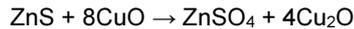
45 La patente estadounidense 4545963 describe la recuperación por separado de valores de zinc y de plomo de minerales de sulfuro que contienen zinc y plomo que contienen también hierro. El proceso comprende moler el mineral, someter el mineral molido a una primera etapa de flotación para hacer flotar el concentrado de plomo inicial que contiene zinc y producir relaves que contienen zinc y hierro. Se somete el relave que contiene zinc y hierro a una segunda etapa de flotación para hacer flotar un concentrado de zinc inicial y producir un relave. El concentrado de zinc inicial se somete después a una tercera etapa de flotación para hacer flotar otro concentrado de zinc que contiene hierro y produce también relaves que contienen zinc y hierro. Se someten a lixiviación los relaves de la tercera etapa de flotación y al menos la porción que contiene plomo y zinc del concentrado de plomo inicial en condiciones de oxidación a una temperatura comprendida entre 130 y 170 °C en ácido sulfúrico acuoso para producir un residuo que contiene plomo y una primera solución de lixiviación que contiene zinc y hierro. La etapa de lixiviación en ácido tiene como resultado la disolución de zinc, que se puede recuperar posteriormente por extracción electrolítica.

55 La patente estadounidense 4568525 describe un método para producir un concentrado que contiene sulfuro de zinc a partir de un concentrado de plomo y zinc mixto. Dicho proceso implica la lixiviación selectiva de plomo utilizando una solución de cloruro ferroso introduciendo burbujas a través de la solución de lixiviación con un gas que contiene oxígeno. Se convierte el sulfuro de plomo en cloruro de plomo, que o bien se disuelve en la solución o bien forma un precipitado de cloruro de plomo, que se puede separar después del sulfuro de zinc a través de cualquier técnica física, como flotación. La selectividad de conversión del sulfuro de plomo en cloruro de plomo se potencia llevando a cabo una etapa de lixiviación utilizando una granulometría relativamente gruesa del material de alimentación, siendo preferente una distribución del tamaño de partícula que tiene un d_{80} superior a aproximadamente 200 μm .

65

5 La publicación de patente internacional número WO 96/07762 describe la lixiviación de concentrados mixtos en un autoclave oxidando componentes de azufre en el material de alimentación para producir ácido sulfúrico *in situ*. Se neutraliza la suspensión resultante de la lixiviación y se separan los metales a través de procesos conocidos después de haber sometido la suspensión a una etapa de separación sólido/líquido. Las condiciones empleadas en la autoclave incluyen temperaturas de al menos 180 °C y presiones en el intervalo de 2 a 8 atm.

10 La publicación de patente internacional número WO 96/15279 describe la activación mecánica de minerales de sulfuro para inducir reacciones químicas entre minerales de sulfuro y ciertos reactivos a bajas temperaturas que causan la descomposición química de los granos de sulfuro. El punto de mira principal de las realizaciones específicas de esta patente se refiere al tratamiento de polvos que contienen ZnS. Se mezcla óxido de cobre con el ZnS para formar sulfato de zinc de acuerdo con la siguiente reacción:



15 Se separa el sulfato de zinc soluble del óxido de cobre insoluble por lixiviación con agua.

20 Los minerales de sulfuro mixtos se tratan también a través del "proceso de Albion". El proceso de Albion fue desarrollado por MIM Holdings (actualmente Xstrata Plc) y está comercializado por Xstrata Technology. El proceso implica una molienda ultrafina de un mineral o concentrado, seguido de la lixiviación oxidativa a presión atmosférica en tanques agitados convencionales. Se pueden tratar los concentrados de zinc en el proceso de Albion para producir una solución de lixiviación que contiene zinc disuelto y un sólido residual de lixiviación que contiene otro material oxidado. Se puede recuperar el zinc de la solución de lixiviación por extracción electrolítica.

25 El proceso de Albion también se ha utilizado para recuperar oro, cobre y plata.

A lo largo de la presente memoria descriptiva, el término "que comprende" y sus equivalentes gramaticales equivalentes se entenderán por tener un significado inclusivo a no ser que el contexto en el que se utilice indique lo contrario.

30 El autor de la presente solicitud no concede que lo explicado anteriormente en la presente memoria descriptiva forme parte del comentario de conocimiento en Australia o en otro lugar.

Breve descripción de la invención

35 En un primer aspecto, la presente invención proporciona un proceso para el tratamiento de un material sulfídico mixto que contiene sulfuro de plomo y al menos otro sulfuro de metal incluyendo uno o más entre sulfuro de zinc o sulfuro de cobre, comprendiendo dicho proceso las etapas de someter el material sulfídico mixto a oxidación selectiva de tal manera que el sulfuro de plomo en el material se oxida para formar un compuesto de plomo oxidado, al tiempo que se evita la sustancial oxidación de al menos otro sulfuro de metal, y la separación del compuesto de plomo oxidado del al menos otro sulfuro de metal utilizando un proceso de flotación.

40 En una realización, se separa el compuesto de plomo oxidado del al menos otro sulfuro de metal mediante el uso de una etapa de flotación. En la etapa de flotación, el compuesto de plomo oxidado queda en la corriente de relave y el al menos otro sulfuro de metal se recupera en un concentrado. La corriente de relave puede someterse entonces a un posterior tratamiento para recuperar el plomo desde ella.

45 El material que puede formar el material de alimentación para el proceso de la presente invención puede comprender un mineral de sulfuro o un concentrado de sulfuro. El material de sulfuro contiene sulfuro de plomo y al menos otro sulfuro de metal, como sulfuro de zinc y/o sulfuro de hierro. También pueden estar presentes otros sulfuros de metal, como sulfuro de cobre.

50 El material de alimentación que se proporciona para el proceso de la presente invención puede comprender un mineral o un concentrado. Si el material de alimentación comprende un concentrado, dicho concentrado puede haberse preparado sometiendo un mineral de sulfuro a un tratamiento de flotación para reducir el contenido de ganga y para aumentar las concentraciones de sulfuro.

55 El material de alimentación que se proporciona comprenderá normalmente material en partículas. Normalmente, el material de alimentación tiene una distribución del tamaño de partículas que se ajusta según los requisitos del procesamiento de cualquiera de los procesos que tienen lugar corriente arriba de la presente invención, como pueda ser cualquiera de las etapas de flotación que puedan llevarse a cabo para formar un concentrado para alimentar el proceso de la presente invención.

60 El material de alimentación puede someterse a molienda antes de la etapa de oxidación selectiva. En una realización, se somete el material de la etapa (a) a molienda de manera que el material tiene un d_{80} inferior a 20 μm , más preferentemente inferior a 15 μm , incluso más preferentemente inferior a 10 μm , lo más preferentemente inferior a 7 μm .

En otras realizaciones, el material de alimentación puede someterse a molienda para producir un tamaño de molido más grueso que el que se ha indicado anteriormente.

5 Las personas expertas en la materia reconocerán que la molienda del material de alimentación y la distribución del tamaño de partícula del material de alimentación dependerán en cierto modo de haber conseguido una liberación del mineral adecuada para permitir que tenga lugar una oxidación selectiva y una separación selectiva, así como el uso final deseado del producto del proceso de la presente invención. Por ejemplo, si una planta corriente abajo requiere que una corriente con contenido de plomo tenga una distribución del tamaño de partículas determinada, se somete deseablemente el material de alimentación a molienda para conseguir el tamaño de partícula corriente abajo deseado en la corriente de producto que contiene plomo. En algunos casos, esto puede implicar la compensación entre el rendimiento/recuperación del plomo desde el material de alimentación y la mejora en el sentido económico del proceso corriente abajo. Las consideraciones del coste del funcionamiento también pueden influir en la molienda del material de alimentación (por ejemplo, buscando el equilibrio entre un mejor rendimiento y un aumento de los costes de la molienda). Normalmente, un tamaño de partícula más fino tendrá como resultado una mayor conversión del plomo a la forma oxidada, pero es posible que se tengan en cuenta otras consideraciones (tal como se ha explicado) que lleven a utilizar un tamaño de partícula más grueso del material de alimentación. También es posible que la recuperación de parte del plomo en forma de sulfuro aumente el contenido de plomo del producto. Por tanto, si el producto con contenido de plomo de la presente invención está destinado a su venta como producto en sí, es posible que sea deseable limitar la cantidad de oxidación del plomo a aquella que sea capaz de causar la separación del material con contenido de plomo (que incluirá sulfuro de plomo y compuestos de plomo oxidados) de los demás sulfuros de metal presentes.

25 La etapa de molienda puede llevarse a cabo utilizando cualquier equipo de molienda conocido. Un tipo de equipo de molienda adecuado para su uso en la etapa de molienda es un molino de agitación horizontal, como por ejemplo un molino de molienda distribuido por Xstrata Technology y que se vende con el nombre comercial IsaMill™. El IsaMill™ es especialmente adecuado para su uso en la presente invención ya que permite conseguir una molienda fina de forma económica. Sin embargo, las personas expertas en la materia entenderán que es posible utilizar también otros equipos de molienda o molinos en la presente invención.

30 Normalmente, se someterá a molienda el material sulfídico en forma de una suspensión acuosa. Se puede mezclar simplemente el material sulfídico con agua para formar la suspensión en la etapa de molienda. Alternativamente, se puede moler en seco el material sulfídico y después prepararlo en forma de suspensión.

35 El material molido que sale del molino (que puede estar en forma de suspensión o de pulpa) se somete a continuación a un proceso de oxidación. Si el material de alimentación no requiere molienda, se someterá el material de alimentación a un proceso de oxidación. El proceso de oxidación se pone en funcionamiento para que el sulfuro de plomo se oxide para formar un compuesto de plomo oxidado, al mismo tiempo que se limita o evita una sustancial oxidación de los demás sulfuros de metal. Se podrá apreciar que es posible que tenga lugar la oxidación de algunos del al menos otro sulfuro de metal, pero es deseable mantener la oxidación del al menos uno de los demás óxidos de metal en un mínimo. El compuesto de plomo oxidado puede comprender sulfato de plomo u óxido de plomo o, de hecho, cualquier compuesto o compuestos de plomo derivado de la oxidación de sulfuro de plomo.

45 En una realización, se oxida al menos 50 % del sulfuro de plomo presente en el material sulfídico en la etapa de oxidación selectiva. Convenientemente, se oxida de 75 a 100 % del sulfuro de plomo presente en el material, más convenientemente se oxida de 75 a 90 % o incluso de 75 a 80% del sulfuro de plomo presente en el material.

50 La oxidación del sulfuro de plomo puede conseguirse pasando un gas que contiene oxígeno, como por ejemplo aire, a través de la suspensión o pulpa del material sulfídico mixto. Puede utilizarse un equipo de mezclado convencional para conseguir el mezclado del gas que contiene oxígeno con la pulpa o suspensión. Por ejemplo, puede utilizarse el equipo de mezclado utilizado en el proceso de Albion (tal como se ha explicado). El equipo de mezclado puede comprender un tanque agitado que tenga dispositivos de aireación y rociadores situados en la parte inferior del tanque. El tanque puede agitarse mediante el uso de uno o más impulsores, agitadores o palas.

55 La etapa de oxidación puede tener lugar en un tanque abierto. La etapa de oxidación puede tener lugar a presión atmosférica.

En una realización preferente, se añade aire a la pulpa o suspensión del material sulfídico mixto para oxidar selectivamente el sulfuro de plomo.

60 En algunas realizaciones, se añade un exceso de aire o gas que contiene oxígeno (calculado sobre el oxígeno necesario para oxidar sulfuro de plomo). En algunas realizaciones, se utiliza exceso de oxígeno sobre la base de la estequiometría, sobre la base de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación estequiométrica del sulfuro de plomo.

65 En algunas realizaciones, se puede conseguir la oxidación selectiva del sulfuro de plomo, simplemente, mezclando la pulpa o suspensión con aire (u otro gas que contenga oxígeno). En algunas realizaciones, la oxidación selectiva

del sulfuro de plomo puede conseguirse, simplemente, mezclando la pulpa o suspensión con aire u otro gas que contenga oxígeno y potenciarse además mediante la combinación con otros oxidantes, como iones férricos.

5 En otras realizaciones, la etapa de oxidación se lleva a cabo en condicione ácidas. Por ejemplo, se puede añadir ácido sulfúrico a la suspensión o pulpa, además del aire u otro gas que contiene oxígeno. Sin pretender vincularse a teoría alguna, los autores de la presente invención creen que llevar a cabo la etapa de oxidación en condiciones ácidas aumenta la velocidad de la reacción de oxidación que convierte el sulfuro de plomo en sulfato de plomo.

10 En estas realizaciones, el pH de la etapa de oxidación selectiva puede controlarse para que entre en el intervalo de 0 a 4.

15 El ácido sulfúrico es el ácido preferente para su uso si se va a poner en funcionamiento la etapa de oxidación en condiciones ácidas, ya que esto favorece la formación de sulfato de plomo durante el proceso de oxidación. La cantidad de ácido sulfúrico requerida para su adición en esta realización de la etapa de oxidación dependerá de la cantidad de sulfuro de plomo presente en el material mineral y la cantidad de las demás especies consumidoras de ácido presentes en el material mineral. Los autores de la presente invención creen que probablemente haya que añadir en la etapa de oxidación una cantidad de ácido sulfúrico equivalente a entre 60 % y 300 % del ácido sulfúrico requerido para convertir los sulfuros de plomo en sulfato de plomo.

20 Tal como se ha mencionado, la etapa de oxidación puede tener como objetivo una oxidación de entre el 50 % y el 100 % del sulfuro de plomo presente en el material. Esto sirve para reducir al mínimo la cantidad de plomo que queda en el concentrado en la posterior etapa de flotación. Esto reduce al mínimo también la cantidad de oxidación de otros sulfuros. Si tiene lugar la oxidación de los demás sulfuros, debe quedar en los relaves en la posterior etapa de flotación y diluirse el contenido de plomo de los relaves, o pueden quedar en la solución, lo cual requerirá un procesamiento de la solución adicional para su recuperación.

25 Tal como se ha mencionado, la etapa de oxidación se lleva a cabo convenientemente mezclando aire con una pulpa o suspensión en un tanque de mezclado. La pulpa o la suspensión en el tanque de mezclado pueden tener una relación de sólidos de 5 a 80 % en peso. En una realización de la presente invención, puede utilizarse una relación en sólidos bastante convencional de 20 a 25 % en peso de sólidos en la pulpa o la suspensión. En otras realizaciones de la presente invención, se puede emplear una relación en sólidos más alta de 50 a 65 % en peso.

30 En una realización de la presente invención, la etapa de reacción se pone en funcionamiento preferentemente también inyectando y mezclado aire en la pulpa o suspensión del material mineral. La cantidad de aire que se puede inyectar excederá la cantidad de aire necesaria para llevar a efecto la oxidación de galena (sobre la base de las necesidades estequiométricas). Sin pretender vincularse a teoría alguna, los autores de la presente invención creen que es posible que sea deseable utilizar aire en la etapa de oxidación de la presente invención en lugar de oxígeno puro ya que el uso de aire puede tener como resultado una oxidación menos eficiente en comparación con el uso de oxígeno puro y esto puede retardar la oxidación de las demás especies de sulfuro en el material mineral. Por la misma razón, puede ser también deseable utilizar una relación en sólidos relativamente alta de aproximadamente 50 % a 65 % en peso en la pulpa o suspensión presente en la etapa de oxidación.

35 La temperatura de la etapa de oxidación selectiva puede influir en la cinética, pero se cree que no es especialmente crítica. De hecho, es posible que no sea necesario proporcionar ningún calentamiento externo para la etapa de oxidación selectiva, salvo la entrada de calor causada por la agitación de la pulpa o la suspensión o desde el (los) proceso(s) corriente arriba. En este sentido, la etapa de oxidación selectiva se puede llevar a cabo auto-térmicamente. La temperatura se puede controlar según la velocidad de adición de ácido sulfúrico, oxígeno (y/u otros agentes de oxidación) y según la densidad de la pulpa o suspensión. Asimismo, si el proceso se va a poner en funcionamiento en un clima cálido, puede ser necesario enfriar la pulpa o suspensión en la etapa de oxidación selectiva para reducir al mínimo y evitar la oxidación de los compuestos de sulfuro que no sean el sulfuro de plomo.

40 El tiempo de residencia utilizado en la etapa de oxidación selectiva puede variar dentro de un amplio intervalo. Los tiempos de residencia adecuados pueden entrar dentro del intervalo comprendido entre menos de 1 hora y 120 horas. El tiempo de residencia puede depender del tipo de material de alimentación provisto en el proceso y el pH en el que se lleva a cabo la etapa de oxidación. El tiempo de residencia utilizado en esta etapa puede determinarse según el tiempo necesario para conseguir el nivel deseado de oxidación del sulfuro de plomo, al mismo tiempo que evite también la oxidación de otros compuestos de sulfuro. Por tanto, se podrá deducir que es posible utilizar tiempos de residencia más largos o más cortos que los intervalos indicados.

45 60 Tras la etapa de oxidación selectiva, se separa el compuesto de plomo oxidado de los demás sulfuros de metal.

En una realización, se envía la pulpa o suspensión derivada de la etapa de oxidación selectiva a la etapa de flotación o el proceso de flotación.

En las realizaciones en las que se separa el compuesto de plomo oxidado de los demás sulfuros de metal por flotación, la etapa de flotación puede comprender cualquier etapa de flotación o proceso de flotación conocido entre las personas expertas en la técnica.

5 Se concentra el plomo y se recupera en los relaves de la etapa de flotación. En algunas realizaciones, es deseable que un 90 % o más de los demás minerales presentes en el material de alimentación queda en el sobreflujo/espuma. Esto tendrá como resultado que los relaves queden menos diluidos con otros minerales y que por lo tanto tengan un mayor contenido de plomo. Deseablemente, se consigue la recuperación de un 95 % o más de los demás minerales para el sobreflujo/espuma, incluso más deseablemente 98 % o más.

10 En algunas realizaciones, los relaves pueden contener niveles de plomo de 40-75 % en peso. Dicho material de relave puede ser adecuado para su uso como material de alimentación para un proceso de recuperación de plomo, como pueda ser fundido de plomo, sin requerir posterior tratamiento. Sin embargo, debe entenderse también que la presente invención abarca las situaciones en las que el material de relave que contiene plomo se somete a una mayor mejora para aumentar más el contenido de plomo antes de la recuperación de plomo y/o otras formas de procesamiento para extraer valor.

15 En realizaciones en la que los otros sulfuros de metal comprenden sulfuro de zinc, el concentrado recuperado de la etapa de flotación (que comprende la corriente de sobreflujo/espuma) comprende un concentrado que contiene zinc. Se puede tratar dicho concentrado para recuperar zinc. Por ejemplo, el concentrado puede incluir sulfuro de zinc y se puede tratar el concentrado utilizando procesos pirometalúrgicos (como fundido) o procesos hidrometalúrgicos (incluso lixiviación o extracción electrolítica) para recuperar el zinc.

20 Asimismo, se puede emplear una serie de otras técnicas de separación para separar el compuesto de plomo oxidado de los demás sulfuros de metal o compuestos de metal oxidados. Estas otras técnicas pueden incluir técnicas de separación por gravedad, lixiviación selectiva de Pb del producto oxidado y de otros sulfuros de metal o compuestos de metal oxidados y otras técnicas conocidas entre los expertos en la materia.

25 **Breve descripción de los dibujos**

30 La Figura 1 presenta una lámina de flujo de una realización de la presente invención; y

La Figura 2 presenta una lámina de flujo de otra realización de la presente invención.

35 **Descripción detallada de los dibujos**

Deberá entenderse que los dibujos se proporcionan con el fin de describir las realizaciones preferentes de la presente invención. Por lo tanto, las personas expertas en la materia apreciarán que la presente invención no deberá considerarse como limitada solamente a las características que se muestran en los dibujos adjuntos.

40 La primera etapa del proceso presentada en las realizaciones descritas haciendo referencia a los dibujos adjuntos de la presente invención implica la molienda del material de alimentación. Dicha etapa de molienda tiene como resultado un aumento espectacular del área superficial mineral. En algunas realizaciones de la presente invención, esta primera etapa del proceso implica una molienda ultrafina, por ejemplo para que el d_{80} del material molido sea inferior a 10 μm , más preferentemente inferior a 7 μm y posiblemente incluso inferior a 5 μm .

45 La etapa de molienda se lleva a cabo en cualquier aparato de molienda conocido como adecuado entre las personas expertas en la materia. Un molino especialmente adecuado que se puede utilizar en la etapa de molienda es el IsaMill™, distribuido por Xstrata Technology.

50 Los reactivos podrían introducirse en cualquier reactor químico, incluyendo, directamente a la etapa de molienda, lo cual proporciona un alto grado de contacto directo entre los reactivos.

55 La suspensión o pulpa molida que sale de la etapa de molienda pasa entonces a la etapa de oxidación. En una realización preferente de la presente invención, la etapa de oxidación se lleva a cabo en tanques agitados abiertos. Se introduce la suspensión o pulpa molida en los tanques. Se introduce también aire y ácido sulfúrico en los tanques y se mezcla con la suspensión o pulpa molida en los tanques. Se puede inyectar el aire a través de rociadores o dispositivos de aireación situados en la parte inferior de los tanques. Se pueden emplear impulsores, agitadores o palas para agitar el material del tanque.

60 Tal como se ha mencionado, la cantidad de ácido sulfúrico requerida para su adición en esta realización de la etapa de oxidación dependerá de la cantidad de sulfuro de plomo presente en el material mineral y la cantidad de otras especies consumidoras de ácido presentes en el material mineral. Los autores de la presente invención creen que la cantidad que haya que agregarse probablemente a la etapa de oxidación sea una cantidad equivalente a 60 % a 100 % del ácido sulfúrico necesario para convertir los sulfuros de plomo en sulfato de plomo.

65

El pH de la etapa de oxidación puede controlarse para que entre dentro del intervalo de 0 a 4. Una posible estrategia de control para controlar la etapa de oxidación es supervisar el pH de la etapa de oxidación y concluir que la conversión de los sulfuros de plomo en compuesto(s) de plomo oxidados está completada esencialmente cuando el pH alcanza aproximadamente 4. Si se lleva a cabo el proceso como un proceso discontinuo, se puede añadir el ácido en una serie de diferentes etapas o se puede añadir el ácido en una sola etapa. En otras realizaciones, se puede poner en funcionamiento el proceso como un proceso continuo.

Otra posible estrategia de control para controlar la etapa de oxidación será supervisar el nivel de oxidación de galena/sulfuros de plomo en la etapa de oxidación y el ORP normal (potencial de reducción de oxidación). Por ejemplo, podría ser deseable tener un objetivo de entre 75 y 100 % de oxidación de galena, más preferentemente de 75 a 90 % o de 75 a 80 % de oxidación de galena en sulfato de plomo u otro compuesto de plomo oxidado. Esto reducirá al mínimo la cantidad de plomo que queda en la corriente de concentrado en la etapa de flotación que sigue a la etapa de oxidación y reducirá la cantidad de otros sulfuros de metal como sulfuro de zinc y sulfuro de hierro, que quedan en los relaves en la etapa de flotación.

La etapa de oxidación se pone en funcionamiento preferentemente también inyectando y mezclando aire en la pulpa o suspensión del material mineral. La cantidad de aire que se puede inyectar excederá normalmente la cantidad de aire necesaria para llevar a cabo la oxidación de galena (sobre la base de las necesidades estequiométricas). Sin pretender vincularse a teoría alguna, los autores de la invención creen que el aire puede ser deseable para su uso en la etapa de oxidación de la presente invención en lugar de oxígeno puro ya que la utilización de aire puede tener como resultado una oxidación menos eficiente en comparación con el uso de oxígeno puro y esto podría retardar la oxidación de otras especies de sulfuro en el material mineral. Por la misma razón, también puede ser deseable utilizar una relación en sólidos relativamente alta de aproximadamente 50 % a 65 % en peso en la pulpa o la suspensión presente en la etapa de oxidación. Sin embargo, la presente invención abarca también otras relaciones de sólidos, incluyendo una relación en sólidos más típica de 20 a 25 % en peso de sólidos en la etapa de oxidación.

La etapa de oxidación puede ponerse en funcionamiento sin aplicar ningún calentamiento externo. En este sentido, la etapa de oxidación puede ponerse en funcionamiento auto-térmicamente, solamente con la entrada de energía en la etapa de oxidación que se produce con la agitación de la pulpa o la suspensión. En estas condiciones, la temperatura real de la etapa de oxidación dependerá de la temperatura ambiente, la cantidad de ácido añadida, la cantidad de aire añadida y la relación de sólidos de la pulpa o suspensión. Los autores de la presente invención han llevado a cabo un trabajo de análisis que indica que el proceso de oxidación puede ponerse en funcionamiento a temperaturas comprendidas en cualquier punto entre 20 °C y 55 °C o más. En las regiones en las que el clima dominante es un clima de alta temperatura, puede ser incluso necesario enfriar la pulpa o la suspensión en la etapa de oxidación para reducir al mínimo la oxidación de los materiales de sulfuro distintos a sulfuro de plomo.

Aunque es preferente añadir ácido sulfúrico en la etapa de oxidación, es posible que se pueda poner en funcionamiento la etapa de oxidación simplemente mezclando oxígeno o gas que contiene oxígeno con la pulpa o suspensión. De manera similar, se podrían utilizar otros agentes de oxidación, como iones férricos, en la etapa de oxidación.

El tiempo de residencia utilizado en la etapa de oxidación puede variar en un amplio intervalo, siendo adecuados posiblemente tiempos de residencia comprendidos entre 1 hora y 120 horas. El tiempo de residencia dependerá en gran medida del pH, la velocidad de adición de ácido, la relación de sólidos, la cantidad de aire inyectado en la pulpa o suspensión en el grado de oxidación de los sulfuros de plomo que sea deseable.

Una vez oxidado el material mineral en el grado deseado para causar una oxidación selectiva de la cantidad deseada de sulfuros de plomo (lo cual es convenientemente una proporción sustancial de los sulfuros de plomo presentes en el material mineral), se separa la suspensión o pulpa de material mineral de la etapa de oxidación. A continuación, se somete el material mineral tratado a una etapa de separación, como pueda ser una etapa de flotación. Se puede pasar simplemente la pulpa o suspensión separada de la etapa de oxidación a un circuito de flotación. Alternativamente, se puede someter la pulpa o suspensión separada de la etapa de oxidación a una separación sólida/líquida (como por ejemplo filtración). El líquido recuperado puede reciclarse en la etapa de oxidación. El material sólido puede lavarse y volver a formar una pulpa y enviarse la pulpa al circuito de flotación.

Pueden emplearse en la presente invención los circuitos de flotación convencionales. Las personas expertas en la técnica entenderán enseguida cómo funcionan los circuitos de flotación convencionales y por lo tanto, no será necesario proporcionar una mayor descripción para ello. Puede utilizarse cualquier colector conocido en el circuito de flotación.

La etapa de flotación tiene como resultado la producción de un relave que contiene compuestos de plomo oxidados y un concentrado que contiene sulfuro de zinc y otros sulfuros. Como resultado, el volumen del material que contiene plomo queda en los relaves. Se puede tratar los relaves entonces para recuperar el plomo de ellos. Por ejemplo, se pueden proporcionar los relaves como material de alimentación para un fundidor de plomo o un alto horno de plomo. El relave puede mejorarse además aplicando una tecnología conocida o convencional para mejorar aún más el contenido de plomo del relave antes de enviar el relave al proceso de recuperación de plomo.

Los trabajos experimentales llevados a cabo por los autores de la presente invención han demostrado que el contenido de plomo del relave puede oscilar entre 20 y 75 % en peso de Pb. Un objetivo de funcionamiento del proceso de la presente invención sería un objetivo del 90 % más la recuperación de otros minerales en la corriente de sobreflujo de la etapa de flotación. Deseablemente, quedará al menos un 95 %, o incluso un 98 % de los demás minerales de sulfuro (no plomo) en la corriente de sobreflujo/concentrado.

El concentrado recuperado de la etapa de flotación (que representa una corriente de sobre flujo o una corriente de espuma) contiene sulfuro de zinc y otros materiales de sulfuro. Este concentrado puede enviarse a posterior procesamiento.

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo del proceso básico de acuerdo con una realización de la presente invención. En la Figura 1, se introduce un material de alimentación de sulfuro mixto 10 en un molino 12. El material de alimentación de sulfuro mixto comprende al menos sulfuro de plomo (p.ej., galena) y sulfuro de zinc (p.ej., esfalerita). Dichos sulfuros mixtos también contienen normalmente otros materiales de sulfuro, como sulfuro de hierro (pirita) y sulfuro de cobre (calcopirita). Un ejemplo de dicho material de sulfuro mixto es el mineral recuperado de la mina McArthur River en Territorio del Norte, Australia, y también el mineral recuperado de la mina Mount Isa en Queensland, Australia. El material de alimentación 10 puede comprender un mineral. Sin embargo, la práctica habitual es mejorarlos tal como se extraen en concentrados (por ejemplo, sometiéndolos según se extraen a un proceso de flotación para separar el exceso de ganga de los minerales) y un material de alimentación preferente 10 comprende un concentrado mineral.

Se somete el material de alimentación a una etapa de molienda ultrafina con un molino 12. Normalmente, se mezcla agua 14 con el material de alimentación 10 para que la suspensión o pulpa esté presente en el molino 12.

Una vez que se ha molido el material hasta el grado deseado, la pulpa o suspensión sale del molino en 16 y pasa a la etapa de oxidación 18. La etapa de oxidación 18 se lleva a cabo convenientemente en tanques agitados abiertos. Se añade aire 20 y ácido sulfúrico 22 a la suspensión 16 en la etapa de oxidación. En la etapa de oxidación, se oxida un sulfuro de plomo. En una realización, se oxida el sulfuro de plomo en sulfato de plomo. Sin embargo, el sulfuro de plomo puede oxidarse para formar cualquier compuesto de plomo que esté más oxidado que el sulfuro de plomo, incluyendo sulfato de plomo y/o óxido de plomo.

Una vez que el sulfuro de plomo presente en el material se ha oxidado hasta el grado deseado, se separa la pulpa oxidada 24 de la etapa de oxidación y se pasa a la etapa de flotación 26. La etapa de flotación 26 puede comprender un circuito de flotación convencional tal como conocen las personas expertas en la materia. La etapa de flotación 26 puede comprender una sola etapa de flotación o puede comprender un circuito de flotación de varias etapas.

En la etapa de flotación 26, se recogen en burbujas los materiales de sulfuro sin reaccionar, incluyendo sulfuro de zinc y sulfuro de hierro, y dejan la etapa de flotación a través de una corriente de sobreflujo o concentrado 28. El sulfato de plomo queda en los relaves 30 y se separa del circuito de flotación con el relave.

El relave 30 puede tratarse entonces para recuperar el plomo del mismo. Se puede tratar el concentrado 28 para recuperar otros sulfuros. Pueden emplearse procesos de recuperación de plomo y de recuperación de zinc convencionales.

La Figura 2 presenta un diagrama de flujo de una variante más detallada del proceso presentado en la Figura 1. En la Figura 2, se introduce el material de alimentación 110 en un molino 112. Se mezcla agua 114 con el material de alimentación para formar una pulpa o suspensión en el molino 112. Se separa el material molido 116 del molino y se introduce en la etapa de oxidación 118. Se inyecta aire 120 en la etapa de oxidación. Se añade ácido sulfúrico 122 a la etapa de oxidación 118.

Se pasa la suspensión o pulpa oxidada 124 que sale de la etapa de oxidación a una etapa de separación de líquido/sólido 126. La etapa de separación de líquido/sólido 126 puede ser convenientemente una etapa de filtración. El líquido separado 128, que tiene un contenido de ácido apreciable, puede reciclarse para la etapa de oxidación 118.

Se someten los sólidos separados 130 a lavado 132, convenientemente con agua. A continuación, se mezclan los sólidos lavados 134 con más agua 136 en la etapa de formación de pulpa nuevamente 138. Los sólidos formados de nuevo en pulpa 140 se transfieren entonces a la etapa de flotación 142. El sulfato de plomo queda en el relave 144 y el sulfuro de zinc y otros sulfuros quedan en la corriente de sobreflujo /concentrado 146. El relave 144 se transfiere a un proceso de recuperación de plomo 148. Se transfieren el concentrado que contiene zinc 146 al proceso de recuperación de zinc 150.

Aunque las realizaciones de la presente invención mostradas en las Figuras 1 y 2 emplean una etapa de flotación para separar el compuesto de plomo oxidado de al menos otro sulfuro de metal, se podrá apreciar que es posible utilizar otras técnicas de separación diversas para separar el compuesto de plomo oxidado de al menos otro sulfuro de metal. Éstas y otras técnicas pueden incluir técnicas de separación por gravedad, lixiviación selectiva de Pb

desde el producto oxidado y desde otros sulfuros de metal de compuestos de metal oxidados y otras técnicas conocidas entre los expertos en la materia.

Ejemplos – Análisis 1 a 5

- 5 Se llevaron a cabo los análisis con un concentrado que tenía la composición que se expone en la Tabla 1, utilizándose como material de alimentación.

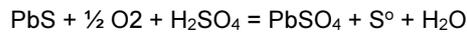
Tabla 1:

Componente	% en peso (promedio)
Pb	8,5
Zn	45,4
Fe	6,7
Si	4,9
Cu	0,9
S	28,2
Mg	0,2
Ca	0,05
Al	0,54

- 10 El concentrado también contenía Cl, F, As, Sb, Ti, Ge, Ag, Co, F, Mn y Ni en cantidades de partes por millón. El concentrado tenía un tamaño de partícula d_{60} en torno a 7 micrómetros.

- 15 El objetivo del trabajo de análisis llevado a cabo en estos ejemplos fue verificar la respuesta obtenida en los análisis a escala experimental del concentrado en volumen de un proceso de oxidación de plomo selectivo seguido de una etapa de flotación para generar tanto un concentrado de zinc (<4 % niveles de plomo) y un concentrado de plomo (+50% niveles de Pb) a un nivel de escala piloto mayor (600 litros).

- 20 Las condiciones de cada análisis variaron, si bien el oxidante se proporcionó por inyección a 130 lpm para todos los análisis y el objetivo de adición de ácido permaneció constante para todos los análisis emprendidos sobre la base en torno a la necesidad estequiométrica para la oxidación de galena en anglesita a través de:



- 25 Los 3 primeros análisis llevados a cabo revisaron el efecto de la adición por etapas de ácido a una velocidad controlada para mantener la solución a un pH comprendido entre pH 2-4 durante un periodo de lixiviación prolongado.

- 30 Se llevó a cabo el análisis 1 en condiciones ambiente, que fueron aproximadamente 18 °C y elevando a 30 °C a un 50 % de sólidos.

Se llevó a cabo el análisis 2 a 55 °C objetivo y un 50 de sólidos.

Se llevó a cabo el análisis 3 a 55 °C objetivo y a un 25 % de sólidos.

- 35 Los tiempos de residencia requeridos para generar suficiente oxidación de galena en sulfato de plomo variaron entre 70-140 horas a través de esta metodología.

Se llevaron a cabo los análisis 4 y 5 con una dosis única de ácido a la pulpa.

- 40 Se utilizó una densidad de pulpa de 50 % para ambos análisis 4 y 5 y se utilizó aire como oxidante.

Se llevó a cabo el análisis 4 a una temperatura objetivo de 55 °C.

- 45 Se llevó a cabo el análisis 5 en condiciones ambiente partiendo de aproximadamente 20 °C hasta llegar a 32 °C.

Resultados y explicación:

Los resultados y la explicación tendrán su punto de mira principalmente en los análisis 2, 4 y 5.

- 50 1. En términos relativos, la adición de la única dosis de ácido al concentrado en volumen tuvo como resultado una significativa reducción del tiempo necesario para aumentar el 70 % de oxidación de la galena en sulfato de plomo sobre la base de las medidas a través del método de acetato de amonio.

- 55 a. Análisis 2 = 24 horas
b. Análisis 4 = 8 horas

c. Análisis 5 = 18 horas

2. El nivel absoluto de oxidación de Pb conseguido en el trabajo de análisis indica:

5

- a. Análisis 2 = 70 %
- b. Análisis 4 = 80 % 24 horas
- c. Análisis 5 = 80 % 22 horas

10

3. El mejor rendimiento de flotación sobre la base de la combinación de la calidad de Pb en el concentrado y consiguiendo el máximo de recuperación de Pb en la calidad de Pb objetivo en el relave indica:

15

- a. Análisis 2 = 26 horas
- b. Análisis 4 = 8 horas
- c. Análisis 5 = 24 horas

Los 5 análisis llevando a cabo en la planta piloto se pueden considerar con éxito por lo que respecta a conseguir los objetivos de calidad de concentrados de Zn y Pb.

20

Los resultados obtenidos en los análisis se resumen en la Tabla 2:

Nº análisis	Calidad de alimentación			Calidad concentrado de Zn			Calidad de relave Pb			Recuperación de relave Zn			Recuperación concentrado de Zn		
	% Pb	% Zn	% Fe	% Pb	% Zn	% Fe	% Pb	% Zn	% Fe	% Pb	% Zn	% Fe	% Pb	% Zn	% Fe
Análisis 1	8,2	46,7	6,9	8,3	47,6	7,0	2,8	0,5	0,5	1	0	0,1	99	98	98
Análisis 1	8,5	46,4	6,7	6,9	48,3	6,9	44,9	2,3	1,7	22	0,2	1,1	78	98	99
Análisis 1	8,5	45,0	6,6	5,5	48,1	6,9	48,3	3,1	2,0	39	0,5	2,1	61	98	98
Análisis 1	8,7	44,9	6,6	5,0	48,6	7,1	52,4	1,8	1,6	48	0,3	1,9	52	100	98
Análisis 1	8,5	45,6	6,8	5,1	49,2	7,3	50,7	1,3	1,2	44	0,2	1,3	56	100	99
Análisis 1	8,6	44,4	6,6	4,6	48,5	7,1	49,7	1,9	1,7	51	0,4	2,3	49	100	98
Análisis 1	8,5	45,1	6,7	4,5	49,4	7,2	48,3	1,8	1,4	52	0,4	1,9	48	100	98
Análisis 2	8,9	47,2	6,8	4,5	48,1	7,2	54,9	3,6	1,3	53	0,7	1,7	47	99	98
Análisis 2	9,0	46,0	6,8	3,2	48,4	7,4	56,5	3,6	1,3	69	0,9	2,1	31	99	98
Análisis 2	8,7	44,4	6,6	3,0	47,8	7,3	54,8	3,5	1,5	71	1,0	2,6	29	99	97
Análisis 2	8,6	42,4	6,5	2,9	47,7	7,2	50,1	3,5	1,5	70	1,0	2,8	30	99	97
Análisis 2	9,0	42,4	6,6	3,4	48,1	7,2	47,4	3,5	2,5	67	1,1	4,8	33	99	95
Análisis 3	7,9	44,3	6,4	3,8	47,9	6,8	54,8	2,7	1,7	55	0,5	2,1	45	98	98
Análisis 3	7,9	44,1	6,5	3,2	48,4	7,0	52,5	2,9	1,7	64	0,6	2,6	36	99	97
Análisis 3	8,3	43,8	6,6	2,8	48,9	7,1	52,7	2,7	2,2	70	0,7	3,7	30	99	96
Análisis 4	9,2	48,2	7,0	7,7	47,2	6,8	43,3	5,2	2,2	14	0,3	1,0	86	98	99
Análisis 4	9,0	46,5	6,8	7,3	46,2	6,7	41,9	5,6	2,2	17	0,4	1,2	83	98	99
Análisis 4	9,1	47,9	6,7	6,9	47,4	6,8	42,6	6,5	2,3	24	0,7	1,7	76	99	98
Análisis 4	8,7	45,2	6,4	5,7	47,9	6,8	52,7	3,4	1,1	38	0,5	1,1	62	98	99
Análisis 4	8,5	44,3	6,2	4,9	47,7	6,8	56,3	2,0	0,6	46	0,3	0,6	54	98	99
Análisis 4	8,5	44,4	6,3	3,2	48,4	7,0	57,9	1,1	0,3	64	0,2	0,4	36	98	99
Análisis 4	8,5	43,6	6,3	2,2	48,4	7,0	56,1	2,3	0,5	76	0,6	0,9	24	98	99
Análisis 4	8,6	43,5	6,3	2,9	48,5	7,1	55,5	2,9	0,7	70	0,7	1,2	30	98	99
Análisis 4	8,7	44,3	6,4	2,6	48,6	7,5	53,8	4,5	1,3	74	1,3	2,3	26	98	98
Análisis 4	8,7	43,6	6,4	2,5	48,6	6,8	55,8	1,5	0,8	72	0,4	1,4	28	98	99
Análisis 4	8,6	42,7	6,2	3,3	49,2	7,2	60,5	1,1	0,5	66	0,2	0,7	34	98	99
Análisis 4	8,4	42,7	6,3	3,1	50,0	7,4	57,4	1,1	0,6	68	0,3	0,9	32	98	99
Análisis 4	8,7	44,1	6,7	2,9	50,5	7,5	56,1	1,0	0,9	71	0,2	1,5	29	98	98
Análisis 5	8,5	48,7	7,1	7,3	48,1	6,9	41,9	2,5	1,2	11	0,1	0,4	89	98	98
Análisis 5	8,6	48,8	7,1	6,2	49,3	7,0	52,6	1,4	0,7	27	0,1	0,4	73	98	99
Análisis 5	8,5	48,4	7,0	5,0	47,6	6,9	57,6	1,5	0,7	40	0,2	0,6	60	98	99
Análisis 5	8,5	48,5	6,9	4,2	49,6	7,1	62,6	1,1	0,5	51	0,2	0,5	49	98	98
Análisis 5	8,5	48,3	6,9	4,1	50,1	7,2	65,8	1,2	0,6	54	0,2	0,6	46	98	99
Análisis 5	7,9	45,4	6,5	3,1	51,3	7,4	61,3	1,9	0,9	64	0,3	1,1	36	98	99
Análisis 5	6,2	43,8	7,7	3,0	49,8	7,3	58,5	1,3	0,7	65	0,3	0,9	35	98	99
Análisis 5	8,2	45,4	6,6	2,9	49,3	7,0	59,7	1,4	0,7	67	0,3	1,0	33	98	99
Análisis 5	7,9	43,1	6,4	2,8	49,5	7,2	56,5	1,1	0,5	67	0,2	0,7	33	98	99
Análisis 5	7,6	42,2	6,2	2,8	50,3	7,3	54,3	1,3	0,7	67	0,3	1,0	33	98	99

Los resultados del análisis han demostrado que una mayor adición de ácido genera una cinética más rápida. Sin embargo, el grupo de condiciones de operación que proporciona los mejores resultados (es decir, alta densidad de pulpa y aire que no es oxígeno), no son conducentes normalmente a una buena cinética de lixiviación ya que limitan la transferencia de masa entre los reactivos. Cabe destacar que la combinación mejora la selectividad de las reacciones de oxidación favoreciendo los más susceptibles de la oxidación, en este caso galena, y limitan la velocidad de oxidación de las demás especies de sulfuro. Esto tiene como resultado una recuperación muy alta de los sulfatos restantes, ZnS, FeS₂, AgS, CuFeS₂ y una etapa de flotación muy selectiva contra sulfato de plomo que tiene como resultado altas calidades de Pb en el relave.

10 Conclusiones y recomendaciones

1. Se consiguieron Los objetivos primarios y secundarios en la planta piloto, concretamente:

- 15 a. se obtuvo concentrado de Zn a menos de 4 % de calidad de Pb
b. Se obtuvo un concentrado de Pb (relave) en más de un 50 % de calidad de Pb.

2. Para el proceso pueden utilizarse temperaturas moderadas entre 30-55 °C.

20 3. Se espera que los tiempos de residencia de una oxidación eficaz estén comprendidos entre 8 y 36 y pueden reducir con el uso de vasos de mayor tamaño, condiciones pulpa de mayor densidad y aumenta a escala gracias a la menor pérdida de calor desde el sistema.

25 4. Se puede utilizar aire con éxito como oxidante. Si bien es posible utilizar oxígeno, no parece estar clara la ventaja de utilizar oxígeno.

5. Densidades de pulpa de más de 50 % serán aceptables para la operación y es probable que la operación tenga éxito por encima de 50 % de sólidos.

30 La respuesta de flotación es robusta y no se ve afectada significativamente por el pH, la química de solución, el floculante y es probable que no requiera la activación de sulfato de cobre.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un proceso para tratar un material sulfídico mixto que contiene sulfuro de plomo y al menos otro sulfuro de metal que incluye uno o más entre sulfuro de zinc o sulfuro de cobre, caracterizándose el proceso por las etapas de someter el material sulfídico mixto a oxidación selectiva, de modo que se oxida el sulfuro de plomo en el material para formar un compuesto de plomo oxidado al mismo tiempo que se evita una sustancial oxidación de al menos otro sulfuro de metal, y separar el compuesto de plomo oxidado del al menos otro sulfuro de metal utilizando un proceso de flotación.
- 10 2. Un proceso según se reivindica en la reivindicación 1, en donde la oxidación selectiva del sulfuro de plomo se lleva a cabo en condiciones ácidas, en donde el pH de la etapa de oxidación selectiva se controla preferentemente para que entre dentro del intervalo de 0 a 4.
- 15 3. Un proceso según se reivindica en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde se separa el compuesto de plomo oxidado del al menos otro sulfuro de metal mediante el uso de una etapa de flotación, en donde el compuesto de plomo oxidado queda en la corriente de relave y el al menos otro sulfuro de metal se recupera en un concentrado.
- 20 4. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el material sulfídico mixto que forma un material de alimentación comprende un mineral de sulfuro o un concentrado de sulfuro y, preferentemente, el material sulfídico mixto contiene sulfuro de plomo y al menos un sulfuro de zinc y un sulfuro de hierro.
- 25 5. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se somete el material sulfídico mixto a molienda antes de la etapa de oxidación selectiva y, preferentemente, se somete el material sulfídico mixto a un proceso de molienda ultrafina de manera que el material molido tiene un d_{80} inferior a 20 μm , más preferentemente inferior a 15 μm , incluso más preferentemente inferior a 10 μm , lo más preferentemente inferior a 7 μm .
- 30 6. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se oxida al menos el 50-75 % del sulfuro de plomo presente en el material sulfídico en la etapa de oxidación selectiva, preferentemente, se oxida del 75 al 100 % del sulfuro de plomo presente en el material, más convenientemente se oxida del 75 al 90 % o más preferentemente del 75 al 80 % del sulfuro de plomo presente en el material.
- 35 7. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la oxidación del sulfuro de plomo se consigue pasando un gas que contiene oxígeno a través de una suspensión o una pulpa del material sulfídico mixto, preferentemente, se agrega un exceso del gas que contiene oxígeno y, preferentemente, el gas que contiene oxígeno es aire que se añade a la pulpa o a la suspensión del material sulfídico mixto, o la oxidación selectiva del sulfuro de plomo se consigue mezclando la pulpa o la suspensión con aire u otro gas que contiene oxígeno y también se potencia mediante la combinación con otros oxidantes, tal como iones férricos.
- 40 8. Un proceso según se reivindica en la reivindicación 2 o una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7 cuando depende de la reivindicación 2, en donde se utiliza ácido sulfúrico en la etapa de oxidación selectiva para favorecer la formación de sulfato de plomo durante el proceso de oxidación y, preferentemente, la cantidad de ácido sulfúrico utilizado es equivalente a entre el 60 % y el 300 % del ácido sulfúrico requerido para convertir los sulfuros de plomo en sulfato de plomo que probablemente debe añadirse a la etapa de oxidación selectiva.
- 45 9. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde se lleva a cabo la etapa de oxidación selectiva mezclando aire con una pulpa o una suspensión en un tanque de mezclado y la pulpa o la suspensión en el tanque de mezclado tienen una relación de sólidos del 5 al 80 % en peso, por ejemplo, una relación de sólidos del 20 al 25 % en peso de sólidos en la pulpa o la suspensión o una relación de sólidos del 50 al 65 % en peso.
- 50 10. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde la pulpa o la suspensión derivada de la etapa de oxidación selectiva se envían a la etapa de flotación o al proceso de flotación para separar el compuesto de plomo oxidado de los demás sulfuros de metal.
- 55 11. Un proceso según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tiempo de residencia utilizado en la etapa de oxidación selectiva entra dentro del intervalo de menos de 1 hora a 120 horas.
- 60 12. Un proceso según se reivindica en una cualquiera entre la reivindicación 3 y las reivindicaciones 4 a 11 cuando dependen de la reivindicación 3, en donde el plomo se concentra y se recupera en el relave de la etapa de flotación y el 90 % o más de los minerales presentes en el material de alimentación quedan en el sobreflujo/espuma.
- 65 13. Un proceso según se reivindica en la reivindicación 3 o una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 12 cuando dependen de la reivindicación 3, en donde el relave puede contener niveles de plomo del 20 al 75 % en peso

14. Un proceso según se reivindica en la reivindicación 3 o una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 13, cuando dependen de la reivindicación 3, en donde al menos otro sulfuro de metal comprende sulfuro de zinc, el concentrado recuperado de la etapa de flotación comprende un concentrado que contiene zinc que se trata posteriormente para recuperar el zinc del mismo.

5

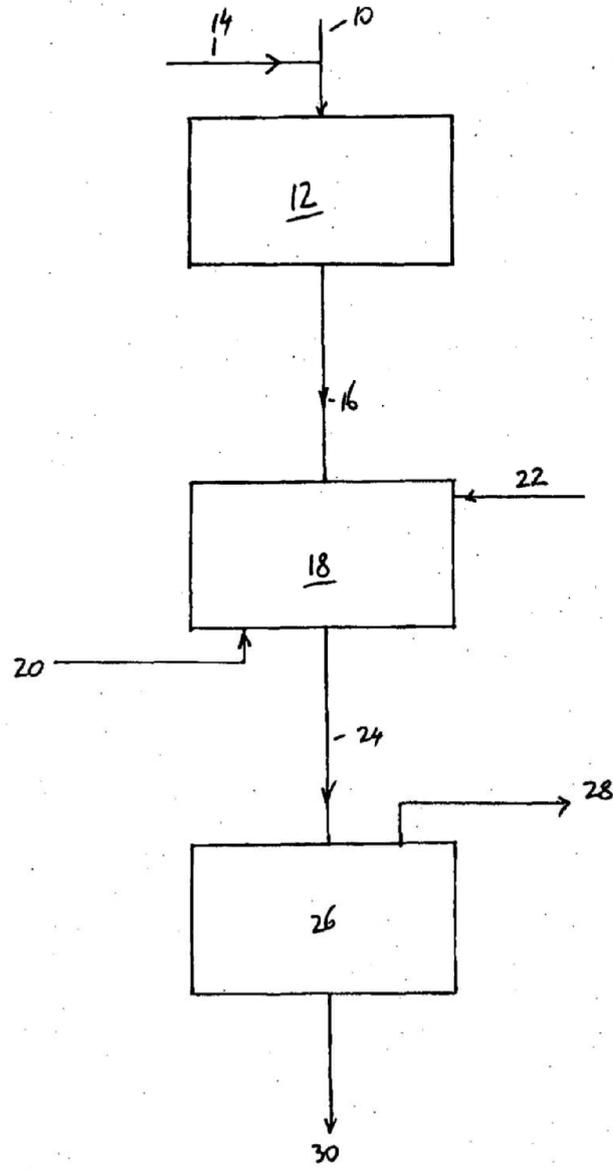


FIGURA 1

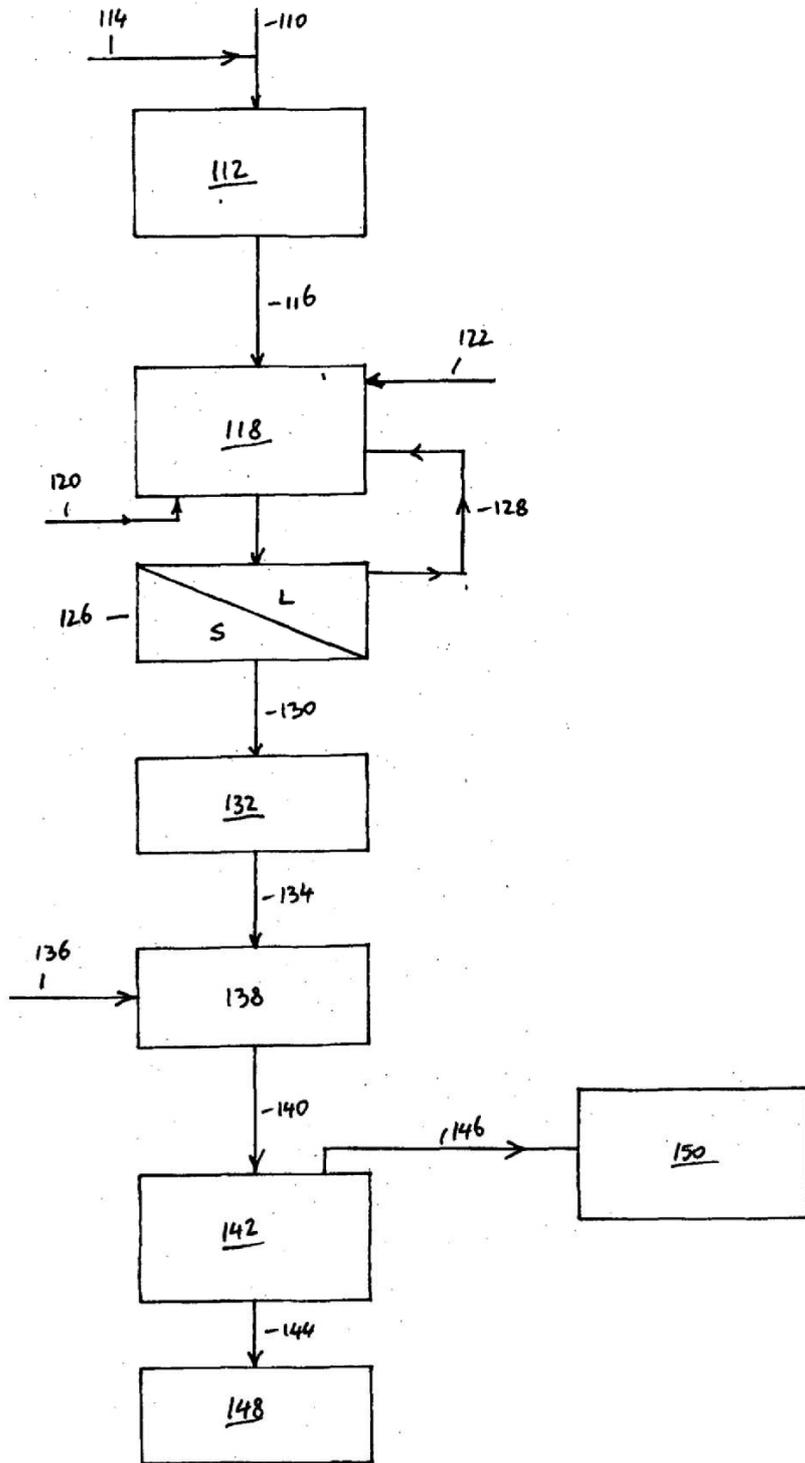


FIGURA 2