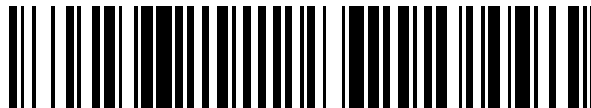


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 696**

51 Int. Cl.:

C22B 3/20 (2006.01)

C22B 3/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2006 E 06725892 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 1877587**

54 Título: **Método para la recuperación de una solución de metales de valor y arsénico**

30 Prioridad:

03.05.2005 FI 20050471

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

23.04.2013

73 Titular/es:

**OUTOTEC OYJ (100.0%)
RIIHITONTUNTIE 7
02200 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:

**POIJÄRVI, JAAKKO;
MÄKINEN, TUULA;
NUPPONEN, RAIMO y
ROMPPANEN, JAANA**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 401 696 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

Método para la recuperación de una solución de metales de valor y arsénico.

Campo de la invención

5 La invención se refiere a un método para el tratamiento de material que contiene al menos un metal valioso y arsénico, con el fin de formar un sedimento de escorodita empobrecido en metales valiosos y una solución acuosa pura que se va a separar del proceso. Según el método, en primer lugar, los metales valiosos se separan del material que se va a tratar y luego a partir de la solución se realiza una precipitación de arsénico en dos etapas. El objeto es usar el método para obtener un contenido de metal valioso tan bajo como sea posible en el sedimento de escorodita que se formará. Asimismo, el contenido de arsénico y de metal valioso de la solución acuosa que se forma durante la precipitación del arsénico permanece tan bajo que el agua se puede liberar al medio ambiente.

Antecedentes de invención

15 El arsénico aparece en la naturaleza en muchas formaciones diferentes. El arsénico aparece muy comúnmente con hierro y cobre, pero también con níquel, cobalto, oro y plata. El arsénico es también la impureza más importante que hay que separar durante la recuperación de metales no féreos. Durante los procesos pirometalúrgicos, la mayoría del arsénico permanece en las cenizas volantes de la caldera de recuperación y del horno eléctrico. La utilización de arsénico no ha crecido en relación a su recuperación, de manera que la mayoría del arsénico tiene que ser almacenado en forma de residuo. Ya que el arsénico y sus compuestos son tóxicos, se deben convertir en una forma tan pobremente soluble como sea posible, antes de que sean separados del proceso. Los compuestos de arsénico menos solubles en la zona de pH neutro son, por ejemplo, los arseniatos de cinc, cobre y plomo, pero la unión del arsénico a estos valiosos metales no se estudia seriamente, debido específicamente al contenido de metal valioso que queda en el residuo. Un método de precipitación de una corriente de arsénico que se usa con frecuencia es precipitar el arsénico con hierro como arseniato férrico, que es bastante insoluble. En particular, la forma cristalina del arseniato férrico, la escorodita, $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, es menos soluble que su otra forma, el arseniato férrico amorfo.

25 En el documento US 4.647.307 se describe un método para la recuperación de metales preciosos a partir de arsenopirita o de piritita, con la ayuda de especies nitrogenadas. En este documento, la lixiviación de la arsenopirita tiene lugar en una autoclave, y la fase gaseosa de la autoclave contiene óxido nítrico gas para iniciar la descomposición de la arsenopirita. La lixiviación se lleva a cabo a una significativa presión parcial de oxígeno de aproximadamente 1400 kPa (14 bar). En la etapa de lixiviación, el arsénico y el hierro se disuelven totalmente, pero el oro permanece en los lodos. Si la materia prima contiene plata, se disuelve durante la lixiviación y se recupera precipitando con tiocianato. La plata y el oro se separan de la solución y después de que se separen los sulfatos de la solución como jarosita, antes de la precipitación del arseniato férrico. En la precipitación del arseniato férrico, preferiblemente, se usa un agente de nucleación. La solución resultante de la precipitación del arseniato férrico se recicla a la lixiviación de concentrados.

35 En la solicitud de patente CA 2384664 se describe un método de recuperación de arsénico, que presenta un método para la recuperación de arsénico a partir de una solución ácida que contiene también cobre y hierro divalente y trivalente. La precipitación del arsénico se realiza en una etapa, en la que la etapa comprende varios reactores de depósito agitado en los que se hace pasar aire. La temperatura de los reactores se mantiene en el intervalo de 60 - 100°C para evitar la co-precipitación del cobre. Con el fin de precipitar el arseniato férrico se introduce en los reactores un agente neutralizador que ayuda a mantener el valor del pH entre 1,5 - 1,9. El arseniato férrico precipitado se recicla al primer reactor y los compuestos de arseniato férrico se introducen en la solución como gérmenes cristalinos. La recuperación del arsénico está conectada con la lixiviación del concentrado sulfídico, que se produce por medio de hierro trivalente. La solución procedente de la lixiviación del concentrado se dirige a la separación del arsénico anteriormente descrita, y la solución que sale de la separación del arsénico vuelve a la extracción del cobre.

45 La Patente de EE.UU. 6.406.676 describe un método para separar arsénico y hierro de una solución ácida que se genera en el tratamiento hidrometalúrgico del concentrado. La precipitación de arsénico y hierro se realiza en dos pasos, donde el pH de mantiene en el intervalo de 2,2 - 2,8 en el primer paso de precipitación, y entre 3,0 - 4,5 en el segundo paso. Se añade cal en ambos pasos de precipitación y además se inyecta aire en el segundo paso. Cada paso produce su propio residuo de hierro-arsénico, y el residuo procedente del segundo paso se recicla al primer paso donde se puede aprovechar cualquier cantidad de cal que haya quedado sin reaccionar en el primer paso. El residuo procedente del segundo paso se puede reciclar también al comienzo del mismo paso para mejorar la cristalización del residuo. Según el ejemplo, el método es aplicable a una solución que contenga cinc, y se expone que el cinc no precipita con el hierro y el arsénico, pero se puede recuperar después de este tratamiento.

55 El artículo de Wang, Q. y colaboradores, titulado "Arsenic Fixation in Metallurgical Plant Effluents in the Form of Crystalline Scorodite via a Non-Autoclave Oxidation-Precipitation Process", Society for Mining Metallurgy and Exploration, Inc., 2000, describe un método para separar el arsénico de las cenizas volantes, en el que el arsénico se recupera como escorodita. La primera etapa del tratamiento del material que contiene cinc es la oxidación del arsénico trivalente (As(III)) en arsénico pentavalente (As(V)) con un gas que contiene dióxido de azufre y oxígeno en

condiciones oxidantes, en las que el arsénico no precipita. Después de esto, se precipita arsénico en condiciones atmosféricas, en la que la relación molar de Fe(III)/As(V) se especifica como 1. La precipitación se lleva a cabo tanto en una como en varias etapas, pero la precipitación como escorodita demanda la sobresaturación de la solución, lo cual se consigue reciclando cristales de escorodita a los primeros reactores de precipitación y neutralizando simultáneamente la suspensión. Un intervalo beneficioso del pH es alrededor de 1 – 2, y esto se mantiene introduciendo un agente neutralizador adecuado en la etapa de precipitación. En estas condiciones, se puede precipitar arsénico a un nivel de 0,5 g/l. La separación final del arsénico hasta un nivel por debajo de 0,1 mg/l se hace por medio de una segunda etapa de purificación, en la que la relación molar del hierro y el arsénico Fe(III)/As(V) se ajusta a un valor en el intervalo de 3 – 5, y el pH a un valor entre 3,5 – 5. El precipitado amorfo generado en esta etapa se envía de vuelta a la primera etapa de precipitación, donde se disuelve y precipita de nuevo como escorodita. En el artículo se establece que si hay metales valiosos presentes en la solución, se pueden recuperar después de la precipitación del arsénico.

Los ensayos descritos en el artículo anteriormente mencionado, dan una buena interpretación de la precipitación del arsénico, pero en todos los ensayos llevados a cabo, primero se hizo la precipitación del arsénico y después la recuperación de metales valiosos. El inconveniente de estos métodos es que metales valiosos, solubles en agua, que se originan a partir de una solución alcalina, permanecen en el residuo de arseniato férrico precipitado desde la solución que contiene los metales valiosos, y no se pueden recuperar ni incluso después de un lavado a fondo.

Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es eliminar los inconvenientes que han aparecido en los métodos anteriormente descritos y, de ese modo, conseguir una mejor recuperación de metales valiosos. En el método según la invención, en primer lugar se lleva a cabo la recuperación de metales valiosos, como el cobre, a partir del material que se va a tratar y después de esto, se realiza la separación del arsénico de manera que, además, la concentración de los metales valiosos y del arsénico en la solución acuosa que se va a separar del proceso, se hace tan baja que se puede descargar al medio ambiente.

Resumen de la invención

Los rasgos característicos del método según la invención se presentan en las reivindicaciones adjuntas.

La invención se refiere a un método para tratar un material que contiene al menos un metal valioso y arsénico, y el objeto es producir un residuo de escorodita que se puede almacenar, que tiene un bajo contenido de metales valiosos, y una solución acuosa pura que se puede separar del proceso. Se forma una solución ácida diluida de un material que contiene un metal valioso y arsénico y, en primer lugar, se separa de la solución al menos un metal valioso por medio de extracción líquido-líquido y/o precipitación, después de lo cual la solución empobrecida en metal valioso se dirige a la separación del arsénico en dos etapas. En la primera etapa de la separación de arsénico se precipita la mayoría del arsénico de la solución como escorodita, $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, y la solución que sale de la precipitación es dirigida a la segunda etapa de precipitación, en la que se precipita el resto del arsénico como arseniato férrico amorfo, el cual se recicla a la primera etapa de precipitación. El contenido de arsénico de la solución acuosa separada de la etapa de precipitación está en el intervalo de 0,01 – 0,2 mg/l.

Según una realización preferida de la invención, el material que contiene un metal valioso y arsénico es el de las cenizas volantes formadas en el tratamiento pirometalúrgico de metales no férricos.

Según otra realización de la invención, el material que contiene un metal valioso y arsénico es el material calcinado formado en el tratamiento pirometalúrgico de metales no férricos.

Según una realización de la invención, al menos algo del ácido usado para lixiviar el material que contiene un metal valioso y arsénico es el ácido diluido que contiene arsénico, generado en el tratamiento de metales no férricos. Esto es, por ejemplo, el ácido diluido generado al depurar los gases que contienen arsénico. El ácido es, preferiblemente, ácido sulfúrico, con una concentración de 10 – 200 g/l.

Según una realización preferida de la invención, el metal valioso que se va a recuperar es cobre.

En una realización según la invención, la relación molar de Fe/As en la primera etapa de precipitación de arsénico se ajusta para que esté entre 1 – 1,1, y se introduce un oxidante en la etapa para oxidar el arsénico a pentavalente y el hierro, si es necesario, a trivalente, el pH de la etapa se ajusta para que esté entre 1 – 2, y la temperatura entre 85 – 135°C, con el fin de precipitar el arsénico como escorodita. La relación molar de Fe/As se ajusta por medio del análisis de arsénico y/o ajustando la relación de las corrientes de solución. El ajuste del pH se lleva a cabo, preferiblemente, por medio de caliza o de cal. La escorodita formada en la etapa de precipitación se recicla al extremo frontal de la etapa de precipitación para formar cristales iniciadores de la cristalización.

La solución rebosante que sale del espesamiento de la primera etapa de precipitación es dirigida a la segunda etapa de precipitación, en la que la relación molar Fe/As se ajusta para que esté por encima de tres, el valor del pH esté entre 4 – 7 y la temperatura entre 40 – 60°C, con el fin de precipitar el arsénico como arseniato férrico amorfo.

La relación molar Fe/As se ajusta añadiendo hierro divalente o trivalente en la etapa de precipitación, y el ajuste de pH se lleva a cabo por medio de cal.

Listado de dibujos

La Figura 1 presenta un diagrama del método según la invención.

5 Descripción detallada de la invención

La invención se refiere a un método para el tratamiento de material que contiene un metal valioso y arsénico, por el que, en primer lugar, los metales valiosos separan del material y luego el arsénico como escorodita pobremente soluble. El material que se va a tratar puede ser, por ejemplo, las cenizas volantes generadas en el tratamiento pirometalúrgico de metales no féreos o un material calcinado que contiene por ejemplo cobre, hierro y arsénico. Como resultado de ambos tratamientos, pirometalúrgico e hidrometalúrgico, también se puede generar un ácido diluido que contiene arsénico, que tiene un bajo contenido de metal valioso, pero su tratamiento se puede combinar con el tratamiento de otros sólidos que contienen arsénico, tal como el polvo. Como es, por ejemplo, el ácido diluido generado al depurar los gases que contienen arsénico.

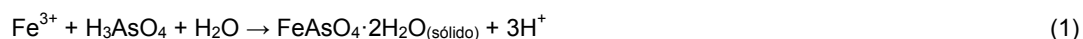
La Figura 1 presenta el diagrama de principios del procedimiento según la invención, Es de destacar que aunque hablemos de cenizas volantes en la descripción que sigue, el tratamiento según la invención también es muy adecuado para tratar otros materiales que contienen arsénico.

Allí donde afectan las cenizas volantes generadas durante la fabricación de metales no féreos, la mayoría de ellas basadas en sulfato, se disuelven fácilmente en la etapa de lixiviación en el ácido diluido, tal como ácido sulfúrico diluido, preferiblemente con una concentración de 10 – 200 g/l. Si algo de los metales valiosos está en forma sulfuro en las cenizas volantes, se puede intensificar la lixiviación introduciendo en la etapa de lixiviación gas que contenga oxígeno (no mostrado con detalle en el diagrama). Cuando la lixiviación se lleva a cabo usando ácido diluido que contiene arsénico formado en el proceso, la recuperación del arsénico se puede realizar simultáneamente a partir de dos productos intermedios diferentes. En la lixiviación realizada en reactores de depósito agitado en condiciones atmosféricas, la casi totalidad del arsénico y la mayoría del cobre, y aproximadamente la mitad del hierro, se disuelven. Las concentraciones de los diversos metales en esta clase de solución están, habitualmente, en el siguiente intervalo: 20 – 40 g de cobre, hierro y arsénico por litro. El residuo de lixiviación que contiene metal se recicla de vuelta, por ejemplo, al tratamiento pirometalúrgico de la producción de metales no féreos.

La solución acuosa ácida, que contiene metales valiosos y arsénico, es dirigida primero a la etapa de recuperación de los metales valiosos. Cuando el metal valioso más importante en las cenizas volantes es cobre, la separación del cobre se realiza en primer lugar. La separación del cobre se hace, preferiblemente, por medio de extracción líquido-líquido, donde la solución acuosa rica en cobre, obtenida de la extracción, es dirigida a una electrolisis. La concentración de ácido de la solución acuosa que entra en la extracción es, por ejemplo, de 30 g/l de H₂SO₄, y la concentración de cobre es de 20 g/l. Se recupera por encima del 97% de cobre a través de extracción y electrolisis.

El resto del cobre, que no se recupera en la extracción, puede, si es necesario, separarse de la solución acuosa de extracción, es decir el refinado, por ejemplo mediante precipitación con sulfuro. La precipitación con sulfuro se lleva a cabo, preferiblemente, en dos etapas usando sulfuro de hidrógeno gas o algún hidróxido adecuado como agente neutralizador. En la primera etapa, el valor del pH se ajusta entre 1,5 – 2, y en la segunda etapa entre 2 – 2,5. Si la cantidad de cobre es demasiado pequeña, en otras palabras, si por ejemplo, es una materia de ácido diluido formado en el proceso, la precipitación con sulfuro es suficiente como la única forma de recuperación del cobre.

Según el método, se hace precipitar el arsénico a partir de una solución exenta de metales valiosos, en dos etapas. Cuando el producto intermedio que contiene arsénico son cenizas volantes, el hierro está en su solución acuosa con el fin de precipitar arsénico como escorodita, FeAsO₄·2H₂O, pero si hay una cantidad de hierro insuficiente, se añade a la etapa de precipitación. El arsénico de la solución que sale de la recuperación del cobre es, en su mayor parte, trivalente. Se dirige un oxidante a la primera etapa precipitación, el cual es suficientemente fuerte para oxidar todo el arsénico a pentavalente. El hierro en la solución es trivalente. El oxidante usado puede ser, por ejemplo, oxígeno, peróxido de hidrógeno u otro oxidante adecuado. La precipitación del arsénico se produce según la siguiente reacción:



Como muestra la reacción, la precipitación del arsénico forma ácido en la solución y éste se debe neutralizar. El agente neutralizador preferido es la caliza o la cal. Como se mencionó en la descripción de la técnica anterior, la relación molar de Fe(III)/As(V) estará alrededor de 1 – 1,1 en la primera etapa de precipitación, el valor del pH entre 1 – 2, y la temperatura en el intervalo de 85 – 135°C. La relación hierro/arsénico correcta se forma mediante el análisis del arsénico y el control de la relación de las corrientes de solución. En la etapa de precipitación, que tiene lugar en varios reactores agitados consecutivos, aunque únicamente se muestra un reactor en el diagrama de flujo, los cristales de escorodita formados son reciclados como corriente de fondo desde el extremo de cola de la etapa, en particular desde el espesamiento, hacia el primer reactor para asegurar que progresa la reacción.

Habitualmente, la cantidad de arsénico en la solución que entra en la separación de arsénico es de alrededor de 20 – 30 g/l, y la concentración de arsénico de la solución separada del proceso puede tener un máximo de 0,2 mg/l. En la primera etapa de precipitación, la concentración de arsénico de la solución cae hasta un valor de alrededor de 0,1 – 1 g/l. El resto del arsénico precipita en la segunda etapa de precipitación, en la que la relación molar de Fe(III)/As(V) se ajusta para que esté por encima de tres. El ajuste se produce normalmente añadiendo hierro ferroso o férrico a esta etapa de precipitación. Si se añade hierro divalente, como en el diagrama, se oxida con aire a trivalente. El valor del pH se ajusta en el intervalo 4 – 7, usando preferiblemente cal como agente neutralizador. La temperatura de la segunda etapa de precipitación se puede ajustar para que sea inferior a la temperatura de la primera etapa, a aproximadamente 40 – 60°C. Ya que las condiciones difieren de las de la primera etapa de precipitación, el residuo de arsénico generado no es escorodita, sino arseniato férrico amorfo. El residuo separado del espesamiento, después de la segunda etapa de precipitación, es reciclado a la primera etapa de precipitación, en cuyas condiciones se disuelve y el arsénico precipita de nuevo como escorodita. Habitualmente, la concentración de arsénico es de alrededor de 0,01 – 0,2 mg/l, en otras palabras, la solución cumple los requisitos medioambientales y se puede descargar desde el proceso, ya que los metales valiosos han sido separados anteriormente de la solución.

Ejemplos

Ejemplo 1

En una solución que contiene ácido sulfúrico se lixivian polvos procedentes de un horno de fusión de cobre, de manera que la concentración de cobre de la solución es de 20 g/l, la concentración de hierro de 4 g/l, la concentración de arsénico de 15 g/l, y la concentración de ácido sulfúrico de 30 g/l. La solución se dirige a la extracción líquido-líquido del cobre, después de lo cual las concentraciones del refinado de la solución acuosa son como sigue: Cu 0,4 g/l, Fe 4 g/l, As 15 g/l, y ácido sulfúrico 60 g/l.

El refinado (10 m³/h), a partir del cual se han recuperado los metales valiosos, es dirigida a la separación del arsénico. El objeto es precipitar el arsénico en una forma estable, adecuada para el vertido controlado (como escorodita, FeAsO₄·2H₂O), y obtener una solución final adecuada para la separación (As < 0,01 mg/l). Esto tiene lugar por medio de precipitación en dos etapas continuas.

La solución, que incluye 15 g de arsénico/litro, 4 g de hierro/litro y 60 g de ácido sulfúrico/litro, es dirigida a la primera etapa de precipitación, donde el valor del pH se mantiene a alrededor de 1,5 por medio de lechada de cal (CaCO₃, 759 kg/h). El hierro adicional requerido para la precipitación de la escorodita se obtiene con la adición de sulfato ferroso (392 kg/h de FeSO₄·7H₂O) a la relación molar de Fe/As deseada de 1,1. La oxidación del arsénico y del hierro se asegura usando peróxido de hidrógeno o algún otro oxidante adecuado.

La primera etapa de precipitación comprende tres reactores de oxidación conectados en serie, en los que se mantiene la temperatura en el intervalo de 85 – 95°C y el valor del pH entre 1 – 1,5. Después de la primera etapa de precipitación los lodos se espesan y la solución rebosante es dirigida a la segunda etapa de precipitación. Algo de la corriente de fondo de la primera etapa de precipitación (0,5 m³/h, contenido de sólidos 200 g/l) se recicla al comienzo de la serie de reactores como cristales iniciadores. El sedimento obtenido, que contiene 7,8% de arsénico en forma de escorodita y 0,2% de cobre, se filtra y se almacena. En esta etapa de precipitación precipita más del 95% del arsénico, y la solución únicamente contiene 0,6 g de arsénico/litro.

La precipitación del arsénico continúa en la segunda etapa que, en principio, es la misma cadena de tres reactores de oxidación. La neutralización continúa con lechada de cal (Ca(OH)₂, 5 kg/h) hasta un valor del pH de 7. La temperatura se ajusta para que esté en el intervalo de aproximadamente 50°C. Se añade de nuevo sulfato ferroso (7 kg/h de FeSO₄·7H₂O) a la segunda etapa de precipitación, cuyo equivalente de hierro es tres veces el del arsénico estequiométrico, con el fin de asegurar la separación más completa posible del arsénico. Se usan burbujas de aire para oxidar el hierro ferroso. El arsénico precipita como arseniato férrico amorfo en esta etapa, y luego sedimenta y es enviado de vuelta a la primera etapa como corriente de fondo (0,14 m³/h y un contenido de sólidos de 200 g/l), donde se transforma en escorodita cristalina. Después de esta etapa de precipitación, la solución contiene sólo aproximadamente 0,01 mg/l de arsénico, menos de 0,1 mg/l de hierro y menos de 1 mg/l de cobre, y su valor de pH es 7. Por eso, el nivel de impureza de la solución es tal que se puede descargar libremente desde el circuito.

50

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar un material que contiene al menos un metal valioso y arsénico para formar un sedimento de escorodita empobrecido en el metal valioso, y una solución acuosa pura que se va a descargar desde el proceso, caracterizado porque se forma una solución ácida diluida del material que contiene el metal valioso y arsénico, por lo que en primer lugar, se separa de la solución al menos un metal valioso por medio de extracción líquido-líquido y/o precipitación, después de lo cual la solución empobrecida en metal valiosos es dirigida a la separación del arsénico en dos etapas, donde en la primera etapa el arsénico precipita como escorodita, $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, que es adecuada para almacenar, y la solución que sale de la precipitación es dirigida a la segunda etapa de precipitación, donde el resto del arsénico precipita como arseniato férrico, FeAsO_4 , amorfo, que es reciclado a la primera etapa de precipitación, y la concentración de arsénico de la solución acuosa que sale de la segunda etapa de precipitación es de 0,01 – 0,2 mg/l.
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque el material que se va a tratar son cenizas volantes generadas en una fabricación pirometalúrgica de metales no férricos.
3. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque el material que se va a tratar es un material calcinado generado en una fabricación pirometalúrgica de metales no férricos.
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 3, caracterizado porque al menos algo del ácido diluido usado para lixiviar el material que contiene un metal valioso y arsénico es un ácido diluido que contiene arsénico generado en el tratamiento de gases que contienen arsénico.
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, caracterizado porque el ácido es ácido sulfúrico, con una concentración de 10 – 200 g/l.
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 5, caracterizado porque el metal valioso es cobre.
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 6, caracterizado porque después de la extracción líquido-líquido, se recupera el resto del metal valioso a partir de la solución acuosa empobrecida en metal valioso, o refinado, mediante precipitación con sulfuro.
8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 7, caracterizado porque la relación molar de Fe/As en la primera etapa de precipitación de arsénico se ajusta para que sea 1 – 1,1, y porque es dirigido un oxidante a la etapa para oxidar el arsénico a pentavalente y el hierro a trivalente, el valor del pH de la etapa se ajusta al intervalo 1 - 2, y la temperatura entre 85 – 135°C para precipitar el arsénico como escorodita.
9. Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque la relación molar de Fe/As se ajusta por medio de análisis de arsénico y/o ajustando la relación de las corrientes de solución.
10. Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque el ajuste del pH de la primera etapa de precipitación se lleva a cabo por medio de caliza o de cal.
11. Un método según la reivindicación 8, caracterizado porque la corriente de fondo del espesamiento de la primera etapa de precipitación se recicla al extremo frontal de la etapa de precipitación.
12. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 11, caracterizado porque la solución rebosante del espesamiento de la primera etapa es dirigida a la segunda etapa de precipitación, donde se ajusta la relación molar de Fe/As para que esté por encima de tres, el valor del pH entre 4 – 7, y la temperatura entre 40 – 60°C para precipitar el arsénico como arseniato férrico.
13. Un método según la reivindicación 12, caracterizado porque la relación molar de Fe/As se ajusta añadiendo hierro divalente y/o trivalente a la etapa de precipitación.
14. Un método según la reivindicación 12, caracterizado porque el ajuste del pH se lleva a cabo por medio de cal.

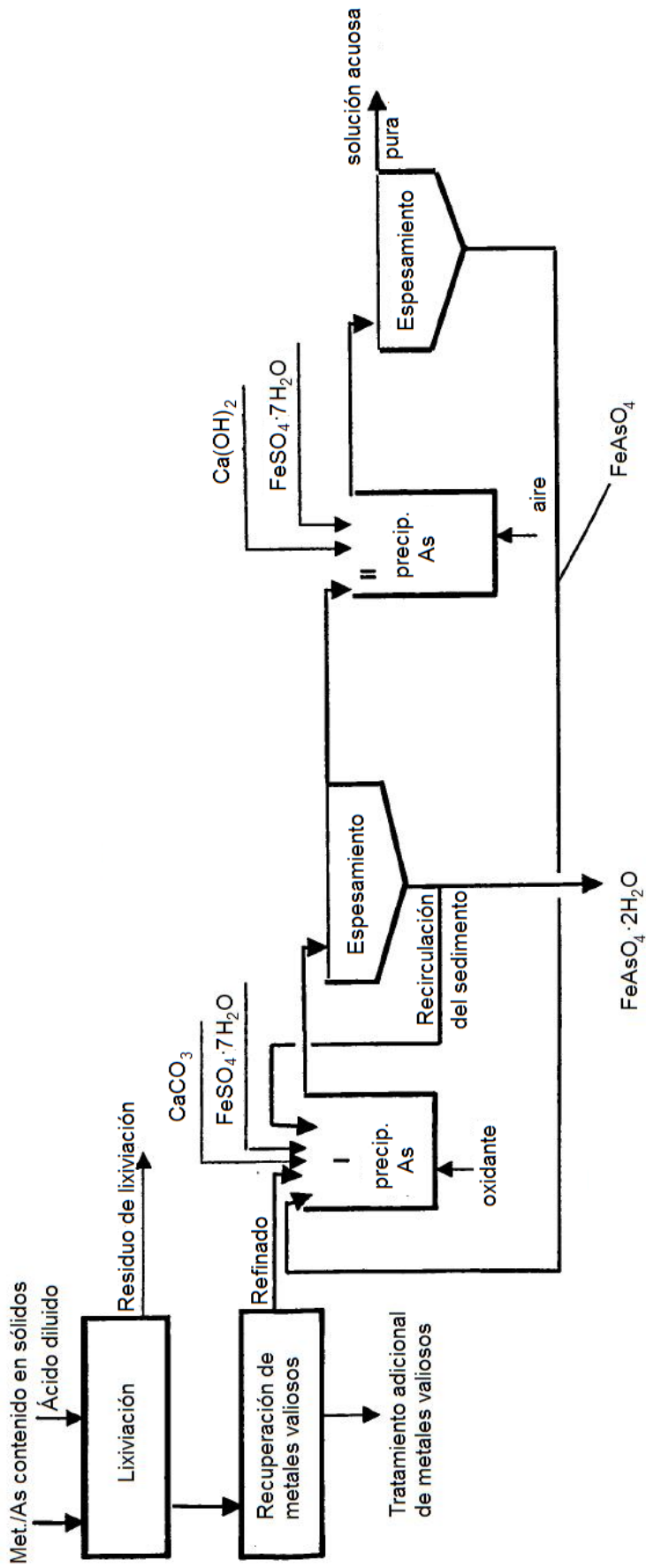


Fig. 1