

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 503**

51 Int. Cl.:

C22B 1/04 (2006.01)

C22B 7/00 (2006.01)

C22B 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2013 PCT/EP2013/063129**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14183808**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2013 E 13731743 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2017 EP 2981628**

54 Título: **Procedimiento e instalación para obtener hierro de pirita tostada**

30 Prioridad:

17.05.2013 WO PCT/EP2013/001475

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

23.11.2017

73 Titular/es:

**BLÜCHER GMBH (100.0%)
Mettmann Strasse 25
40699 Erkrath, DE**

72 Inventor/es:

**BÖHRINGER, BERTRAM;
SCHÖNFELD, RAIK;
DYACHENKO, ALEXANDER y
LARIN, VALERIY**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 643 503 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

Procedimiento e instalación para obtener hierro de pirita tostada

5 La presente invención se refiere al área técnica de obtención de metales, en particular hierro, y/o de metales no ferrosos y/o nobles de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos, preferentemente de residuos de pirita o bien de residuos de pirita tostada, en particular de pirita tostada.

La presente invención se refiere a un procedimiento para la recuperación de hierro metálico o bien de cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, de modo más preferible a partir de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico.

10 Además, la presente invención se refiere a una correspondiente planta de recuperación para la recuperación de hierro metálico o bien cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible en particular de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, pudiendo la instalación inventiva usarse para llevar a cabo el procedimiento según la invención.

15 Por lo tanto, la presente invención también se refiere al uso de la planta de recuperación según la invención en el procedimiento inventivo para la recuperación de hierro metálico o bien cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita.

En general, los minerales metalíferos comprenden en particular compuestos químicos de metales, como compuestos de hierro, por ejemplo, en forma de óxidos de hierro, carbonatos de hierro y sulfuros ferrosos, pudiendo los compuestos metálicos en cuestión estar contenidos en el mineral metalífero mezclados con rocas que no contienen hierro.

20 Entre los minerales metalíferos se incluyen magnetita, limonita, hematita, así como siderita. Mientras que el hierro en el caso de la magnetita está presente en forma de óxido de hierro(II,III) (Fe_3O_4), en la hematita el hierro fundamentalmente está presente como óxido de hierro(II) (Fe_2O_3). Por lo demás, en la siderita el hierro se presenta ante todo en forma de carbonato de hierro(II) (FeCO_3).

25 Pero además, también se conocen minerales metalíferos naturales en los que el hierro se encuentra sobre todo unido con azufre. Se incluye aquí en particular la pirita, que también se denomina pirita o incluso, debido a su brillo metálico y su color amarillo latón, también se conoce como mica o pirita amarilla.

30 En particular, la pirita contiene una serie de otros componentes metálicos que son de importancia tecnológica o económica, como p. ej. cinc, cobre, cobalto y plomo, y además otros elementos de contenido sobre la base de calcio y silicio, los que por lo general no se usan para la producción de ácido sulfúrico, debido al uso preponderante de pirita a nivel industrial, quedando así estos componentes sin aprovechar en el material o bien en la pirita tostada resultante.

35 Tal como se ha mencionado antes, el hierro en la pirita está presente en particular en forma del sulfuro, y ello en particular como disulfuro de hierro(II) o bien FeS_2 , siendo en este marco la pirita el material sulfuro más difundido. A escala industrial, se usa como material de partida para la preparación u obtención de ácido sulfúrico, denominándose los residuos resultantes como residuos de pirita tostada o bien cenizas de pirita o pirita tostada.

40 En el marco de la producción de ácido sulfúrico mediante el uso de pirita como material de partida, por lo general se procede en el estado de la técnica de manera tal que se somete a la pirita como mineral metalífero sulfúrico a un tostado en presencia de oxígeno del aire, mientras que, de esa manera a partir del sulfuro ferroso presente en la pirita, se obtiene primero dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de hierro en diferentes pasos de oxidación. A continuación, el dióxido de azufre así obtenido es oxidado, en particular, en el marco de lo que se denomina un procedimiento de contacto o bien en un horno de contacto mediante el uso de un catalizador, por ejemplo, pentóxido de vanadio, y en presencia de oxígeno adicional, para obtener trióxido de azufre (SO_3). Mediante la posterior adsorción o bien reacción con agua se obtiene entonces ácido sulfúrico (H_2SO_4).

45 En resumen, durante la producción de ácido sulfúrico a partir de pirita en particular se procede en forma de un proceso de cuatro pasos, donde el procedimiento comprende los siguientes pasos:

(i) tostado de la pirita, por ejemplo, en un horno de tostar con lecho fluidizado, para la obtención de dióxido de azufre a partir de sulfuro ferroso o bien disulfuro de hierro o bien disulfuro de hierro(II) (con la correspondiente ecuación de reacción química $4 \text{FeS}_2 + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$);

(ii) posterior purificación de gas, en particular, para la purificación del dióxido de azufre antes obtenido;

50 (iii) oxidación del dióxido de azufre en trióxido de azufre (con la correspondiente ecuación de reacción química $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$), pudiendo realizarse la reacción mediante el uso de un catalizador en un reactor de contacto o bien un reactor de estantes; y

(iv) adsorción de trióxido de azufre con ácido sulfúrico particularmente concentrado y con contenido de agua, para la

obtención de ácido sulfúrico adicional, cumpliendo el trióxido de azufre la función de anhídrido del ácido sulfúrico resultante (con la ecuación de reacción química $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$).

El ácido sulfúrico por lo general se usa a escala industrial en cantidades muy grandes y en numerosas áreas técnico-químicas. Un parte del ácido sulfúrico preparado se emplea en la producción de fertilizantes. Además, el ácido sulfúrico se usa como producto de partida o como intermedio en la preparación de otros productos de relevancia industrial, como catalizadores, tensioactivos, ácidos, como ácido hidrofúrico, sulfatos, desecantes, adyuvantes de reacción y similares. No por último debido a las múltiples posibilidades de uso de ácido sulfúrico resulta obvio que existe una gran demanda del mismo. Y así, la producción mundial de ácido sulfúrico ha superado el volumen de 200 millones de toneladas por año, de modo que el ácido sulfúrico es a nivel mundial el producto químico de mayor producción.

También ante este trasfondo queda claro que, en el marco de la producción de ácido sulfúrico mediante el uso de piritita como material de partida, resultan grandes cantidades de residuos de piritita tostada o bien de piritita tostada. Se trata aquí en general de restos o residuos en forma de piritita que se forma durante el tostado de los materiales de partida o minerales metalíferos. En particular, la piritita tostada es un residuo sólido que se forma durante la obtención de dióxido de azufre o bien ácido sulfúrico mediante el tratamiento térmico de piritita como producto residual. En general se calcula que a nivel mundial resultan anualmente al menos 20 millones de toneladas de piritita tostada en relación con la producción de ácido sulfúrico.

En ese caso la piritita tostada por lo general se almacena o se acumula en el lugar de producción, donde además ya se dispone en todo el mundo de existencias muy grandes de piritita tostada en relación con la producción de ácido sulfúrico que tuvo lugar a fines del siglo XIX. Dado que la piritita en la que se basa la producción de ácido sulfúrico por lo general se tritura o se muele antes de su procesamiento, la piritita tostada resultante generalmente está presente como sustancia de grano fino y, en particular, relativamente homogénea.

En lo que se refiere a la piritita o bien piritita tostada resultante, esta contiene grandes cantidades de hierro, así como cantidades económicamente relevantes de otros metales e incluso también de metales nobles, que no se extraen del material de partida durante la producción de ácido sulfúrico, de modo que la piritita tostada como tal constituye un material prima valiosa para la obtención de cantidades económicamente relevantes de metales y metales nobles.

En particular, la piritita tostada contiene óxidos de hierro en forma de FeO , Fe_2O_3 (hematita) y/o Fe_3O_4 (magnetita) y cantidades residuales de FeS_2 (disulfuro de hierro), al que se debe en particular la tonalidad rojiza de la piritita tostada. Además de dióxido de silicio (SiO_2) y sulfatos, en particular en forma de sulfato de calcio (CaSO_4), la piritita tostada presenta también cantidades significativas de los metales cinc, cobre, cobalto, titanio, manganeso, vanadio, cromo y plomo. Además, la piritita tostada presenta también metales nobles, en particular en forma de oro o bien plata. También en ese sentido la piritita tostada presenta un elevado potencial -incluso en sentido económico- en vista de la obtención o bien la recuperación de metales, metales no ferrosos y metales nobles.

En tal sentido también debe tenerse en cuenta que el hierro con una proporción de peso de 95 % respecto de todos los metales usados, representa el metal con mayor uso a escala mundial. A modo de ejemplo, el hierro constituye el componente principal del acero. La razón del amplio uso de hierro, además de su gran disponibilidad, en particular también radica en que el hierro presenta excelentes propiedades respecto de la dureza y resistencia, especialmente en cuanto el hierro está presente en aleaciones con otros metales, como cromo, molibdeno y níquel. Debido a estas propiedades el hierro constituye un material básico para muchas áreas técnicas. En particular, el hierro se utiliza en el acero para la fabricación de vehículos, barcos y en toda el área de construcción, por ejemplo, como hormigón armado. A ello se agrega que el hierro representa un metal ferromagnético y en tal sentido también reviste importancia para el uso técnico a gran escala en el área electromagnética, como en generadores, transformadores, válvulas eléctricas, relés y motores eléctricos. En este contexto se usa el hierro en forma pura o en combinación, por ejemplo, con silicio, aluminio, cobalto, níquel como material del núcleo magnético para la conducción de campos magnéticos o para el blindaje de campos magnéticos o para aumentar la inductividad. El hierro también se usa en el área química, especialmente en forma de hierro en polvo. En el año 2010, la producción mundial de arrabio superó el valor de 1.000 millones de toneladas. Esto demuestra que en todo el mundo existe una gran necesidad de hierro.

En esta situación se realizaron primeros abordajes en el estado de la técnica para usar en forma rentable la piritita tostada que resultado como producto residual en la producción de ácido sulfúrico.

Así se usa el residuo que resulta en la producción de ácido sulfúrico en forma de piritita o bien de piritita tostada se usa por ejemplo en altos hornos. Al respecto se intensifica la producción de hierro, aunque allí los correspondientes procedimientos pueden no ser óptimos en el aspecto económico y ecológico, y no se prevé allí una recuperación de otras sustancias de contenido.

Por lo demás, el documento US 4 259 106 A se refiere a un procedimiento para el tostado de un material de partida que contiene hierro, como piritita tostada, que también contiene otros metales, donde los demás metales deben someterse a una cloración. Con respecto al reactivo de cloración la decisión recae en cloruro de calcio. En tal sentido solamente se ha previsto una cloración de los metales diferentes de hierro, debiendo permanecer el hierro como tal en la fundición. Además, es desventajoso el elevado consumo de energía que conlleva el procedimiento

requerido.

5 El documento GB 1 236 345 A además no apunta especialmente a la recuperación de hierro. En particular, solo ha de realizarse una cloración de metales que no son hierro simultáneamente con el tostado del material de partida. Debido al agente de cloración usado y el desarrollo elegido del procedimiento resulta además una elevada actividad de corrosión, lo que es especialmente negativo en lo que respecta al equipamiento necesario para el procedimiento.

Además, el documento EP 0 538 168 A1 no tiene como objeto una cloración y recuperación de hierro a partir de pirita tostada. Este documento más bien se refiere a una optimización del tratamiento con lejía de cianuro para la obtención de oro y plata, no habiéndose previsto una recuperación de hierro metálico. El desarrollo elegido del procedimiento además es desventajoso respecto de su rentabilidad.

10 Por lo demás, el documento CN 101 067 163 A describe un procedimiento de tratamiento para pirita en el que no están previstos un tostado ni tampoco una cloración. También por esta razón el aislamiento de algunos componentes del material en bruto es poco eficiente.

15 Por lo demás, el documento CN 102 605 172 A se refiere un procedimiento con tostado de pirita en el que se ha previsto una posterior reducción de la pirita mediante el uso de una biomasa. A causa del carbono contenido en la biomasa, el óxido de hierro(III) ha de reducirse a hierro metálico. El hierro metálico resultante debe aislarse a través de una escisión magnética. No se ha previsto allí una recuperación integral de otros metales.

20 Asimismo, el documento CN 102 502 527 A tiene como objeto el uso de sulfato de hierro como sustancia de partida que ha de convertirse con pirita y azufre elemental en hierro en polvo. No se ha previsto una cloración en el procedimiento de recuperación. No está garantizada efectivamente una separación selectiva de diferentes componentes metálicos.

El documento CN 102 251 067 A tiene como objeto un tratamiento de la pirita o bien de los residuos de pirita tostada sin cloración en el que han de separarse los componentes metálicos mediante un procedimiento de lejiación. Pero es una desventaja el uso de grandes cantidades de productos químicos, así como la en ocasiones reducida selectividad de la separación.

25 El documento CN 102 225 374 A se refiere a una separación magnética de hierro después de finalizada la separación de otros metales de los residuos de pirita tostada. No se ha previsto una cloración de componentes metálicos. Tampoco está prevista una separación específica y selectiva de diferentes componentes metálicos.

30 Por lo demás, el documento CN 102 121 059 A se refiere a un proceso de tostado para pirita. No se ha descrito una cloración de componentes metálicos. Además, la reducción de hierro se realiza mediante el uso de carbono. Pero resulta una desventaja aquí que en ocasiones no resulta un hierro metálico de alta pureza, dado que pueden producirse impurezas por el carbono empleado en la reducción.

El documento CN 102 344 124 A describe la transformación de sulfato de hierro a través de la forma monohidrato en ácido sulfúrico, hierro y óxido de hierro, donde se emplea pirita como material de partida. No se ha descrito una cloración específica. Tampoco se ha previsto una separación integral y la recuperación de diferentes metales.

35 Además, el documento GB 1 350 392 A se refiere a la obtención de metales no ferrosos a partir de pirita, después de realizados el tostado y la cloración de los metales no ferrosos. No se ha previsto una cloración de hierro. El componente hierro debe permanecer en el residuo en forma de óxido de hierro. En tal sentido no es posible una separación eficiente de todos los componentes.

40 El documento US 4 576 812 A se refiere a un procedimiento según el cual se usa cloruro de hierro como fuente de cloruro, donde a partir de cloruro de hierro mediante el empleo de oxígeno ha de obtenerse posteriormente óxido de hierro(III) el que luego se usa para obtener hierro. No se describe un tostado del material de partida, de modo que en ocasiones se dispone de materiales de partido no homogéneos.

45 Por lo demás, el documento DE 2 005 951 A tiene como objeto un procedimiento para el tratamiento de pirita tostada para usar el resultante en altos hornos. En ese caso la pirita tostada se pelletiza y so somete a calcinación en presencia de cloruro de calcio en un horno rotativo, en el que ha de producirse la oxidación del hierro mediante el cloruro de calcio. No se ha previsto un tratamiento o una separación posterior o estos no son posibles, debido al desarrollo especial del procedimiento.

50 El documento DE 637 443 A se refiere a la reducción de cloruro de hierro mediante el uso de vapor de agua y dado el caso carbón a partir de sustancias de partida que contienen hierro sulfuroso, donde ha de obtenerse azufre elemental.

El documento US 3 896 211 A se refiere a un procedimiento para la purificación de óxidos de hierro que presentan impurezas de metales diferentes del hierro, donde los óxidos se ponen en contacto en una zona de reacción a una temperatura de 550°C a 700°C con una mezcla de vapor de un gas halógeno ácido en presencia de una determinada cantidad de vapor de agua, donde han de formarse compuestos halogenados de las impurezas

metálicas diferentes de hierro y luego evaporarse. Allí, el óxido de hierro debe permanecer como fase sólida, y los compuestos halogenados evaporados han de eliminarse de la zona de reacción por medio de un gas vehículo caliente. A continuación, ha de detenerse la reacción del óxido de hierro purificado para su obtención.

5 Asimismo, el documento GB 1 456 194 A se refiere a un procedimiento para la producción de un cuerpo de hierro, mientras un compuesto de hierro se hace reaccionar en estado gaseoso con un gas reductor y donde el hierro resultante de ello se aplica o se precipita sobre un molde, y el molde se ajusta a una temperatura que equivale al menos a la temperatura de reducción y que es menor que el punto de fusión del hierro. Además, en el área del molde debe existir una corriente turbulenta de gas a fin de precipitar el hierro sobre el molde en forma de una capa sólida de hierro con forma cristalina.

10 Por lo demás, el documento US 4 353 740 A se refiere a un procedimiento para la recuperación de oro a partir de un mineral metalífero que contiene oro, habiéndose previsto para ello una trituración del mineral metalífero, seguido de un tostado oxidativo del mineral metalífero y posteriormente una cloración del mineral metalífero mediante la puesta en contacto del mineral metalífero con gas cloro, donde el oro existente en el material de partida ha de transformarse en cloruro de oro o bien en un complejo de cloruro de oro/ cloruro de hierro. Los compuestos gaseosos a
15 continuación han de conducirse a través de una sal halógena para la separación de oro mediante la formación de una mezcla de sal halógena/cloruro de oro, donde después de ello se separa el oro metálico de la sal halógena.

El documento US 1 943 339 A se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un mineral complejo que contiene sulfuros de plata, así como otros minerales metalíferos en el que primero se recubren las partículas del mineral metalífero con un óxido de metal alcalinotérreo y se somete a tostado el material con ese recubrimiento de manera
20 tal que resulta la extracción de azufre desde el sulfuro de plata, mientras simultáneamente se forma un sulfato del metal alcalinotérreo que está unido a las partes de la partícula del mineral que contienen plata, lo que debe evitar una globulización de la plata o un contacto con interacciones físicas o químicas de la plata con otros componentes del mineral metalífero. A continuación, debe someterse a tratamiento el mineral metalífero tostado de manera tal que la plata se convierte en un compuesto soluble que después debe ser separado.

25 El documento US 2007/0224109 A1 además se refiere a un procedimiento para la obtención de un cloruro metálico de un material que contiene óxidos metálicos, donde el procedimiento comprende una calcinación del material de partida, así como una cloración del producto calcinado para la formación de al menos un óxido metálico.

Por lo demás, el documento DE 954 740 A se refiere a un procedimiento para el tratamiento de cloración de minerales metalíferos sulfídicos que contienen hierro y metales no ferrosos en varios pasos. Allí ha de separarse el
30 mineral metalífero a disgregar, para lo cual en el primer paso una parte se somete a cloración mediante el uso de cloro gaseoso para la formación de cloruro ferroso y monocloruro de azufre (cloruro de azufre). La otra parte debe disgregarse en un segundo paso con el monocloruro de azufre producido, donde el mineral metalífero disgregado que contiene cloruro ferroso producido en el segundo paso, se convierte en el primer paso, para que junto con el mineral metalífero aún sin disgregar sea sometido a una cloración ulterior.

35 La publicación científica de *Trumbull R. C. et al., "Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy", 58, 1949, páginas 1 a 31*, se refiere a un procedimiento para el tratamiento de piritas tostadas según el procedimiento denominado de Henderson. Según este procedimiento, los residuos de pirita tostada en primer lugar se Trituran y luego se someten a un tostado en presencia de cloruro de sodio. Del residuo obtenido de esta manera se elimina los metales no ferrosos. Pero no se ha previsto una obtención de hierro a partir de los residuos de pirita tratados de este
40 modo. El tostado se produce en presencia de cloruro de sodio a temperaturas de más de 350°C y en presencia de oxígeno.

La publicación científica de *Pitsch H. et al., Revista de Metalurgia, 6, 1970, páginas 490 a 500*, se refiere a un procedimiento para la eliminación de metales no ferrosos de residuos de pirita mediante el uso de reactivos de cloración en forma de cloro gaseoso o cloruro de calcio. No se ha previsto una obtención de hierro a partir de los
45 residuos de pirita sometidos a tratamiento. La cloración del residuo de pirita tostada se produce a temperaturas elevadas de 1.000 a 1.200°C en una atmósfera de oxidación, de modo que el cloruro de hierro(III) que puede formarse, de inmediato se convierte en óxido de hierro(III), no existiendo, por lo tanto, después de la cloración cloruro de hierro(III) alguno.

Los procedimientos de tratamiento conocidos en el estado de la técnica para minerales metalíferos metálicos, en particular pirita, o bien para los productos residuales que se produce durante el tratamiento de estos minerales metalíferos, como pirita tostada, en consecuencia frecuentemente presentan la desventaja, por una parte, que los procedimientos usados son dispendiosos en cuanto a la técnica de procedimiento y se realizan mediante el uso de grandes cantidades de productos químicos, y, por la otra, que no es posible realizar una disgregación integral o bien una recuperación de diferentes componentes metálicos. Además, las instalaciones empleadas para los
50 procedimientos respectivos en ocasiones son dispendiosas debido al desarrollo complejo del procedimiento.

Ante este trasfondo técnico, la presente invención tiene por lo tanto el objetivo de proveer un procedimiento eficiente y una correspondiente planta o bien dispositivos para la recuperación de materia prima a partir de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos o bien para la recuperación en particular de hierro o bien de

compuestos de hierro, en particular en forma de cloruro de hierro, así como dado el caso otros componentes en particular de la pirita tostada producida durante la producción de ácido sulfúrico, en el que se eviten al menos la mayoría de las desventajas antes mencionadas o sino al menos se reduzca la gravedad de estas desventajas.

5 En particular debe considerarse un objetivo de la presente invención, proveer un procedimiento eficiente y una correspondiente planta o bien dispositivos, mediante los cuales ha de posibilitarse una recuperación lo más integral y selectiva posible, de hierro o bien de compuestos de hierro, en particular cloruro de hierro, a partir de la pirita tostada o los residuos de pirita tostada en el que se basa. En ese caso, el procedimiento o bien la planta correspondiente también debe permitir la ulterior separación o bien recuperación de una pluralidad de diferentes metales, así como de metales nobles a partir de los residuos de pirita tostada en el que se basa, de manera selectiva y con elevada pureza.

10 Además, otro objetivo de la presente invención consiste en la provisión de un procedimiento con elevada eficiencia y con la minimización del uso de productos químicos o de energía para la recuperación de hierro o bien de compuestos de hierro, en particular cloruro de hierro, a partir de residuos de pirita o bien pirita tostada en el que se basa, en particular respecto de un reciclado o bien nuevo uso de los productos químicos empleados en el marco del procedimiento de recuperación.

15 Asimismo, y según un objetivo ulterior de la presente invención debe proveerse las plantas o bien los dispositivos correspondientes que permitan un desarrollo eficiente del procedimiento para la recuperación selectiva de, en particular, hierro y compuestos de hierro, como cloruro de hierro, a partir de residuos de pirita o bien pirita tostada, debiendo la planta o bien los dispositivos en cuestión asimismo deben ser óptimos en el aspecto económico y ecológico.

20 Los objetivos mencionados precedentemente se cumplen según la invención mediante el objeto de la reivindicación 1, que se refiere al procedimiento según la invención para la recuperación de hierro metálico o bien de cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico; otras conformaciones ventajosas y desarrollo ulteriores de este aspecto inventivo son objeto de la reivindicación secundaria correspondiente del procedimiento, así como de las subreivindicaciones en las que se basa el procedimiento.

25 Otro objeto de la presente invención es además la planta de recuperación según la invención para la recuperación de hierro metálico y/o de cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible en particular de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, tal como se ha definido en la reivindicación independiente respectiva que se refiere a la planta según la invención; otras conformaciones ventajosas y desarrollo ulteriores de la planta según la invención son objeto de la reivindicación secundaria correspondiente del procedimiento, así como de las subreivindicaciones que se refieren a la planta según la invención.

30 Además, es objeto de la presente invención el uso de la planta de recuperación de la invención en el procedimiento según la invención para la recuperación de hierro o bien cloruro de hierro de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita según la reivindicación respectiva que se refiere al uso.

35 Queda sobreentendido que las conformaciones, realizaciones, ventajas y similares que se indican en adelante solo para un aspecto de la invención a los efectos de evitar repeticiones, naturalmente también tienen la correspondiente validez respecto de los demás aspectos de la invención.

40 Además, resulta obvio que en las indicaciones de valores, números e intervalos que se realizan en adelante, los intervalos mencionados no constituyen limitación alguna; se sobreentiende que en casos individuales o respecto de un uso es posible desviarse de los intervalos y datos indicados, sin que por ello quedar fuera del alcance de la presente invención.

45 Además, rige que todos los valores o bien parámetros o similares mencionados a continuación, básicamente pueden determinarse o calcularse con procedimientos de determinación normalizados o indicados en forma explícita o sino con procedimiento conocidos por el especialista.

50 En todas las indicaciones de cantidades relativas o porcentuales, en particular referidas al peso, indicadas a continuación debe tenerse en cuenta además que estos datos deben ser seleccionados o combinados por el especialista de manera tal en el marco de la presente invención, que de la suma -dado el caso incluyendo otros componentes o sustancias de contenido o componentes, en particular como definidos a continuación- siempre resulte un 100 % o bien un 100 % en peso. Pero esto queda sobreentendido por el especialista.

En base de lo explicado precedentemente se explica a continuación la presente invención en mayor detalle.

55 Objeto de la presente invención es, por lo tanto -según un primer aspecto de la presente invención- un procedimiento para la recuperación de hierro metálico y/o cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de

ácido sulfúrico, donde el procedimiento comprende los siguientes pasos:

a) Provisión, en particular tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o residuo de un mineral metalífero, donde el material de partida contiene

(i) hierro como componente principal y

5 (ii) al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como

(iii) al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;

b) un tratamiento de oxidación, en particular una calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto en el paso de procedimiento (a) mediante el uso de al menos un oxidante, en particular oxígeno, con la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales;

10 c) la cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b) mediante el uso de al menos un agente de cloración reciclable, que comprende la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales con la obtención de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), y cloruros de los demás metales;

15 d) la separación selectiva de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), de la mezcla de producto obtenida del paso de procedimiento (c) y posterior separación de cloruros de los demás metales de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro, donde la separación selectiva de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), se realiza mediante sublimación del cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) y que de esta manera se obtiene cloruro de hierro separado selectivamente, en particular cloruro de hierro(III), propiamente dicho mediante la posterior desublimación o el cloruro de hierro separado selectivamente de ese modo, en particular
20 cloruro de hierro(III), se somete a una reducción para la obtención de hierro metálico;

donde en el paso de procedimiento (c) se realiza la cloración como reacción de fase sólida y mediante el uso de cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, donde el cloruro de amonio usado como medio de cloración en el paso de procedimiento (c) se recicla mediante la recuperación de amoníaco (NH_3) resultante en la cloración de los productos de oxidación a partir del agente de cloración y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl) y donde el reciclado del cloruro de amonio se realiza en un dispositivo de reacción y condensación, y
25

donde los pasos de procedimiento antes mencionados (a) a (d) se realizan en el orden indicado precedentemente.

El procedimiento según la invención por lo tanto se refiere específicamente a la obtención deliberada o bien selectiva de materia prima a partir de hierro metálico y de compuestos de hierro a partir de residuos de pirita o bien más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico. El procedimiento según la invención se refiere entonces a la recuperación deliberada o bien selectiva de residuos de pirita o bien más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico. El procedimiento según la invención en ese caso tiene como objetivo especial el deliberado aislamiento de hierro, que puede proveerse según la invención, tanto en particular en forma de cloruro de hierro como importante producto comercial o industrial, como también en forma de hierro metálico como materia prima significativa, especialmente, para la industria metalúrgica. Pueden proveerse tanto hierro metálico propiamente dicho como también los correspondientes compuestos de hierro (y ello en forma de cloruro de hierro, preferentemente en forma de cloruro de hierro(III)), con elevada pureza de la sustancia.
30

Mediante la sublimación selectiva de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), de la mezcla de producto puede concretarse una separación deliberada del componente hierro desde la mezcla de producto, de modo que sobre esta base puede aislarse o separarse el componente principal del material de partida empleado, es decir, el hierro, y ello en forma del correspondiente cloruro de hierro. La sublimación selectiva o bien la separación de cloruro de hierro se realiza en particular sobre la base de una selección deliberada de la temperatura de sublimación. Por el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), a separar o aislar presenta -sin limitarse a esta teoría- otras propiedades de sublimación que lo cloruros de los demás metales o bien los demás componentes en la mezcla de producto, en particular en el sentido que cloruro de hierro, especialmente porque
40 presenta una menor temperatura de sublimación en comparación con los demás cloruros. Por medio de la selección deliberada de la temperatura de sublimación, por lo tanto, puede concretarse una separación selectiva del componente hierro a partir de la mezcla de producto.
45

Según la invención puede proveerse por una parte el cloruro de hierro obtenido o aislado y, por la otra, puede haberse previsto un procesamiento ulterior para obtener hierro metálico, y ello mediante reducción. En particular puede usarse para ello correspondientes corrientes parciales del cloruro de hierro sublimado en cada caso para la desublimación o la reducción. De ese modo, en particular se puede proceder en el paso de procedimiento (d) de manera tal que el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), separado previamente mediante sublimación en forma selectiva, se obtenga al menos parcialmente mediante la posterior desublimación y que el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), separado en forma selectiva se someta al menos parcialmente a una reducción para la obtención de hierro metálico, en particular después de la separación previa del cloruro de hierro sublimado en dos corrientes parciales.
50
55

En lo que respecta al cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), separado de la mezcla de producto y en particular sublimado, este por lo tanto puede recuperarse como tal: para ello el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), separado y aislado se somete a desublimación para la obtención de en particular cloruro de hierro sólido y/o purificado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3). La desublimación puede llevarse a cabo en un correspondiente dispositivo de desublimación o condensación. En este contexto puede conducirse en particular cloruro de hierro gaseoso del dispositivo de sublimación al dispositivo de desublimación. De esta manera se obtiene cloruro de hierro sólido o particulado que como tal constituye un producto industrial o comercial de relevancia económica, en particular en lo que respecta a su uso como pigmento o bien agente floculante y/o precipitante, en particular en plantas de depuración o similares.

Por lo demás, el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), separado o bien aislado y en particular sublimado y por lo tanto gaseoso, puede reducirse para la obtención de hierro metálico. En tal sentido puede usarse al menos un agente de reducción. El agente de reducción preferentemente es hidrógeno o gas natural (en particular metano), más preferible hidrógeno.

Además, se produce la separación del componente hierro, el que en general es un componente principal de la pirita o bien pirita tostada usada según la invención, en el desarrollo del procedimiento, en particular, ante la separación o bien recuperación eventualmente prevista de los demás componentes. En consecuencia, el componente principal se elimina muy temprano, lo que por una parte conlleva altos rendimientos del hierro propiamente dicho, pero también en vistas a la separación de otros componentes. Por debido al desarrollo del procedimiento según la invención, a causa de la separación de hierro se incrementan de manera las proporciones de los demás componentes en la mezcla de producto de la que se eliminó el hierro, lo que a su vez optimiza la recuperación de hierro postconectada o bien la posterior recuperación de estas materias primas, en particular en vista al menor uso de productos químicos o bien menor consumo de energía para la separación de los demás componentes metálicos diferentes de hierro o bien de los metales nobles. Este concepto según la invención incrementa la eficiencia de la recuperación de los demás componentes metálicos o bien metales nobles.

La pirita tostada usada según la invención en particular se trata de la pirita tostada que proviene de la producción de ácido sulfúrico. Se forma pirita tostada en el marco de la producción de ácido sulfúrico en particular como resto o residuo. El procedimiento según la invención en ese caso conlleva la ventaja primordial que a partir del material de partida usado -que está disponible en grandes cantidades como residuo- se puede obtener una pluralidad de materia prima sobre la base de metales o bien compuestos metálicos, donde el procedimiento según la invención permite en tal sentido una elevada selectividad con respecto a los componentes metálicos a obtener del material de partida. En particular, el procedimiento según la invención también permite una recuperación o bien purificación efectiva de los metales nobles, como oro o plata, presentes en el material de partida. En general según la invención se logra por lo tanto un uso integral del material de partida con una elevada selectividad de separación de sustancias.

Debido al desarrollo especial del procedimiento según presente invención además es posible una disgregación al menos esencialmente completa del material de partida en la que se permite la provisión de productos finales de alta pureza a partir del material de partida, de modo que en general también se asegura una alta calidad o pureza de las sustancias en lo que respecta a los componentes metálicos purificados.

Otra idea central de la presente invención debe considerarse además que el agente de cloración usado en el marco de la cloración de los componentes metálicos el que, según la invención, tal como se explica a continuación, es cloruro de amonio (NH_4Cl), puede reciclarse o regenerarse. En este contexto debe resaltarse además que los compuestos o bien sustancias de partida usadas para el reciclado se forman o bien están disponibles en el marco del procedimiento según la invención o bien en el desarrollo del proceso, de modo que de esta manera se produce una optimización ulterior, en particular porque puede prescindirse del empleo adicional de productos químicos para el reciclado.

En lo que se refiere al concepto "reciclado", tal como se usa en el marco de la presente invención con referencia al agente de cloración, este término debe entenderse en un sentido muy amplio. En particular, el concepto "reciclado" se refiere a una nueva obtención del agente de cloración usado anteriormente en el marco del procedimiento según la invención para la cloración de los componentes metálicos, que ya se había agotado o degradado. En ese caso el reciclado se produce en particular sobre la base de reacciones químicas, según las cuales se aíslan los productos de degradación resultante en particular en el marco de la cloración del agente de cloración y se usan como educto en el marco de las posteriores reacciones químicas con una correspondiente contraparte de reacción para recuperar nuevamente el agente de cloración como producto reciclado. Como se indica a continuación en detalle, el agente de cloración usado según la invención es cloruro de amonio (NH_4Cl), donde el producto de degradación que se forma en el marco de la cloración, a saber, amoníaco (NH_3), se hace reaccionar con un compuesto de cloro inorgánico en forma de cloruro de hidrógeno, por lo cual se obtiene el producto reciclado, a saber, cloruro de amonio que puede usarse nuevamente como medio de cloración.

Otra ventaja del procedimiento según la invención radica en que, tal como se indicó previamente, las sustancias de partida requeridas para el reciclado se generan o bien se forman por sí mismas en particular en el marco del procedimiento según la invención, de modo que en relación al agente de cloración en cierto sentido puede resultar un circuito cerrado de sustancia, y ello en particular en lo que respecta al componente cloro, junto con una mayor

eficiencia del procedimiento según la invención y simultáneamente menores costos y un mejorado equilibrio ecológico. Pero en el marco de la presente invención también es posible que los eductos para el reciclado del agente de cloración, en particular en vistas al compuesto de cloro inorgánico, pueden adicionarse externamente. También en este sentido, el procedimiento según la invención presenta una gran flexibilidad, de modo que dicho procedimiento ante el trasfondo del desarrollo del procedimiento realizado en concreto y tal como se define a continuación, puede en cierto sentido adecuarse individualmente.

Debido al desarrollo del procedimiento según la invención resulta un procedimiento optimizado tanto en el aspecto económico como ecológico, con una menor cantidad de residuos y gases de escape resultantes, en el que también se redujo el uso de energía requerida para la realización del procedimiento.

En resumen, por primera vez se pone a disposición en el marco de la presente invención un procedimiento para el procesamiento deliberado o bien selectivo de en particular residuos de pirita, como pirita tostada, que permite un aprovechamiento eficiente e integral de la sustancia residual o del residuo, a saber, en particular de la pirita tostada resultante de la producción de ácido sulfúrico. Al respecto también reviste importancia que los residuos de pirita o la pirita tostada en cuestión están disponibles en grandes cantidades debido a la producción de ácido sulfúrico efectuada durante décadas, de modo que según la invención se dispone de recursos correspondientemente extensos. En este contexto otra ventaja del concepto según la invención consiste en que también puede reducirse el volumen de depósitos o vaciaderos de residuos de pirita o pirita tostada que no son convenientes desde el punto de vista ecológico.

Tal como se mencionó antes, el material de partida empleado en el marco del procedimiento según la invención presenta una pluralidad de metales o bien de componentes metálicos en los que en general el hierro es un componente principal. En lo que respecta al hierro que constituye la base, así como los demás componentes metálicos, como cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo, estos no están presentes como tales en forma metálica en el material de partida usado para el procedimiento según la invención, sino más bien en forma de los correspondientes compuestos que contienen metales, en particular en forma de óxidos, pudiendo las metales respectivos también estar presentes en diferentes niveles de oxidación. En el caso del hierro con referencia al material de partida habitualmente puede presentarse por ejemplo como óxido de hierro(II), óxido de hierro(II, III) y/u óxido de hierro(III), en particular como todavía se indica a continuación. Por lo demás en lo respecta a los metales nobles existentes en el material de partida, preferentemente con referencia a oro, estos están presentes, preferentemente el oro, en forma metálica en el material de partida. En lo que respecta a la plata existente en el material de partida, esta puede existir en general en forma de un compuesto en el material de partida, en particular como óxido, pero también en forma metálica.

En el marco de la presente invención resultó especialmente ventajoso cuando en el paso de procedimiento (c) se realiza la cloración mediante el uso de cloruro de amonio como medio de cloración. Conforme la invención, por lo tanto, en el paso de procedimiento (c) se usa cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración. En tal sentido puede haberse previsto en particular que el cloruro de amonio (NH_4Cl) se use como un sólido en particular particulado y/o como sustancia pura. El uso previsto según la invención de un agente de cloración especial en forma de cloruro de amonio conlleva en particular la ventaja que el cloruro de amonio es especialmente adecuado para el reciclado y, por lo demás, presenta buenas propiedades de aplicación, especialmente también en vista a su baja toxicidad relativa y la presencia como sólido lo que ayuda a su dosificación.

Conforme la invención puede suministrarse el agente de cloración en forma de cloruro de amonio a los fines de la cloración de los productos de oxidación o bien de los metales antes mencionado al dispositivo de cloración o bien puede adicionarse al dispositivo de cloración.

En particular en vista al uso de un agente de cloración especial en forma de cloruro de amonio puede suceder en el marco del procedimiento según la invención que en el paso de procedimiento (c) durante la cloración resulte en particular de amoníaco gaseoso (NH_3) y dado el caso en particular agua en forma gaseosa, preferentemente en particular amoníaco gaseoso (NH_3). En este marco puede resultar en particular amoníaco gaseoso (NH_3) como producto de reacción de la cloración del agente de cloración, en particular cloruro de amonio (NH_4Cl). Para ello, se hace referencia en particular a la ecuación de reacción (iii) indicada continuación.

Conforme la invención se ha previsto en particular que el agente de cloración empleado en el paso de procedimiento (c), a saber cloruro de amonio (NH_4Cl), se recicla mediante la recuperación y/o separación de los productos de reacción resultantes durante la cloración de los metales o bien de productos de oxidación antes mencionados a partir del agente de cloración, a saber preferentemente de amoníaco gaseoso (NH_3), y la posterior reacción de los productos de reacción, a saber preferentemente de amoníaco gaseoso (NH_3), con compuesto de cloro preferentemente inorgánico, a saber cloruro de hidrógeno (HCl).

Conforme la invención el reciclado del agente de cloración, a saber, cloruro de amonio (NH_4Cl), se realiza en un dispositivo de reacción y condensación.

En este marco puede procederse según la invención por ejemplo de modo tal que el amoníaco (NH_3) resultante de la cloración de los metales o bien de productos de oxidación, se extrae del dispositivo de cloración y se ingresa en un

dispositivo de reacción y condensación y allí se hace reaccionar con el compuesto de cloro inorgánico, a saber cloruro de hidrógeno (HCl), que también se ingresó en el dispositivo de reacción y condensación, para la obtención de cloruro de amonio (NH₄Cl) para lograr la reacción. De esta manera puede reciclarse el agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH₄Cl) y conducirse nuevamente al proceso de cloración. A causa de esta forma de proceder según la invención se asegura una optimización adicional del procedimiento en el marco de la presente invención.

En lo que respecta, por una parte, a la conversión o reacción de amoníaco (NH₃) en la que se basa el reciclado del agente de cloración y, por la otra, al compuesto de cloro inorgánico, a saber, cloruro de hidrógeno (HCl), esta puede efectuarse en particular en la fase gaseosa, especialmente donde resulta o bien se condensa cloruro de amonio (NH₄Cl) en la fase sólida. Debido a esta forma de proceder especial según la invención, se obtiene en particular cloruro de amonio particulado como sólido con alta pureza, lo que conlleva las correspondientes ventajas en la posterior cloración.

En particular se puede haber previsto en el marco de la presente invención que los productos de reacción que resultan del agente de cloración, en particular a saber amoníaco (NH₃), por una parte y preferentemente el compuesto de cloro inorgánico, en particular a saber cloruro de hidrógeno (HCl), por la otra, se hacen reaccionar en la fase gaseosa para la obtención de cloruro de amonio (NH₄Cl), preferentemente como un sólido particulado y/o como sustancia pura.

La reacción en la que se basa el reciclado de cloruro de amonio puede producirse en particular según la siguiente ecuación de reacción (i):



Conforme la invención se puede haber previsto además que el agente de cloración obtenido o bien reciclado, a saber, cloruro de amonio (NH₄Cl), se usa nuevamente en el paso de procedimiento (c), en particular mediante el nuevo suministro o bien la nueva introducción en el dispositivo de cloración. En particular, el agente de cloración obtenido o bien reciclado, a saber, cloruro de amonio (NH₄Cl), puede suministrarse nuevamente en el paso de procedimiento (c) a los productos de oxidación a someterse a cloración o bien a la mezcla de producto resultante del paso de procedimiento (b).

El compuesto de cloro preferentemente inorgánico, a saber, cloruro de hidrógeno (HCl), puede obtenerse según una realización especial de la presente invención mediante la reducción de cloruro de hierro eventualmente realizada en el paso de procedimiento (d), en particular mediante el uso de un agente de reducción, preferentemente hidrógeno o gas natural (en particular metano), más preferible hidrógeno. A modo de ejemplo, preferentemente el compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl), puede obtenerse mediante reducción de cloruro de hierro.

En tal sentido puede haberse previsto en particular en el reciclado del agente de cloración según la invención que preferentemente el compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl), se obtenga mediante la reducción prevista eventualmente del cloruro de hierro obtenido en el paso de procedimiento (c), preferentemente cloruro de hierro(III) (FeCl₃), en particular mediante el uso de un agente de reducción, preferentemente hidrógeno o gas natural (en particular metano), más preferible hidrógeno

Del mismo modo el compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl) usado para el reciclado también puede obtenerse de la reducción que eventualmente se realiza en el paso de procedimiento (c) de los cloruros de los demás metales, en particular como se definió previamente.

Sobre la base del concepto según la invención con el reciclado especial del agente de cloración es posible proveer las sustancias o bien eductos respectivos en el marco del procedimiento según la invención, de modo que respecto del agente de cloración existe un circuito cerrado de sustancia, lo que a su vez implica un menor uso de productos químicos y con ello, en particular, también un mejor resultado económico y ecológico del procedimiento según la invención.

En el paso de procedimiento (d) debe realizarse la reducción del cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), separado y en particular sublimado mediante el uso de al menos un agente de reducción. Como agente de reducción se usa de modo más preferible hidrógeno. En particular para el caso que como agente de reducción se use hidrógeno, en la reducción antes descrita además del hierro metálico también puede resultar cloruro de hidrógeno (HCl).

En este contexto asimismo se puede haber previsto que, tal como se indicó antes, el cloruro de hidrógeno (HCl) resultante de la reducción, se usa para el reciclado del agente de cloración, a saber, cloruro de amonio (NH₄Cl), en particular como se definió previamente. En este contexto puede haberse previsto también que, por una parte, el amoníaco (NH₃), en particular gaseoso, resultante en el paso de procedimiento (c) por una parte, y el cloruro de hidrógeno (HCl) por la otra, se combinen y se hagan reaccionar para la obtención del agente de cloración reciclado, a saber, cloruro de amonio (NH₄Cl). En particular, puede procederse en este contexto y tal como se ha descrito precedentemente, en un dispositivo de reacción y condensación. En tal sentido se puede haber previsto en particular según la invención que, por una parte, se extrae el amoníaco gaseoso (NH₃) del dispositivo de cloración, y por la

otra, el cloruro de hidrógeno (HCl) del dispositivo de reducción, y se introduzcan respectivamente en el dispositivo de reacción y condensación y se hagan reaccionar para la obtención de cloruro de amonio (NH_4Cl).

5 El hierro metálico obtenido según la invención se caracteriza por una elevada pureza de la sustancia. Así puede ser el caso según la invención que el hierro metálico obtenido presente una pureza de al menos 90 % en peso, en particular de al menos 95 % en peso, preferentemente de al menos 98 % en peso, más preferible de al menos 99 % en peso, más preferible en particular de al menos 99,5 % en peso, más preferible aún en particular de al menos 99,99 % en peso, calculada como elemento y referida al hierro metálico obtenido.

10 La alta pureza del hierro metálico así obtenido conlleva las correspondientes propiedades positivas del hierro, en particular en vista a una elevada saturación magnética, alta conductividad eléctrica y buena resistencia a ácidos. El hierro metálico de alta pureza obtenido sobre la base del procedimiento según la invención cumple como productos comerciales en particular con las exigencias de calidad y las características de calidad de lo que se denomina hierro carbonilo o también hierro ARMCO.

15 No por último debido a la elevada proporción de hierro en el material de partida indicado antes, pueden obtenerse según la invención rendimientos elevados y simultáneamente una buena calidad de producto del hierro metálico obtenido.

20 Debido al desarrollo del procedimiento según la invención con la oxidación deliberada, la cloración y la sublimación selectiva, el componente hierro puede aislarse de manera efectiva del material de partida, lo que lleva a obtener altos rendimientos del producto. En este contexto, la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d), y de la que se eliminó cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III) (FeCl_3), puede presentar un contenido (residual) de hierro de menos de 10 % en peso, en particular de menos de 5 % en peso, preferentemente menos de 3 % en peso, calculado como elemento y referido al peso en seco de la mezcla de producto. De modo correspondiente se incrementa la proporción relativa de los demás componentes respecto de la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y de la que se eliminó el hierro, de modo que estos se concentran respecto de la mezcla de producto resultante, lo que mejora su posterior separación o bien purificación y también produce 25 rendimientos más altos a este respecto.

30 Según este aspecto de la presente invención, por lo tanto la presente invención se refiere del mismo modo a un procedimiento para la recuperación de hierro metálico y/o de compuestos de hierro, en particular cloruro de hierro, de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, en particular como se ha definido en una de las reivindicaciones anteriores, donde el procedimiento comprende los siguientes pasos del procedimiento:

a) provisión, en particular tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o un residuo de un mineral metalífero, en particular al menos de un residuo de pirita, preferentemente al menos una pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, donde el material de partida contiene

(i) hierro como componente principal y

35 (ii) al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como

(iii) al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo, más preferible seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo y cobalto;

40 b) tratamiento de oxidación, en particular calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto en el paso de procedimiento (a), preferentemente mediante el uso de al menos un oxidante, en particular oxígeno, con la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales;

c) cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b) mediante el uso de al menos un agente de cloración reciclable, que comprende la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales con la obtención de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), y cloruros de los demás metales,

45 donde la cloración se realiza como reacción de fase sólida y mediante el uso de cloruro de amonio como medio de cloración,

50 donde el agente de cloración, a saber cloruro de amonio (NH_4Cl), se recicla mediante la recuperación y/o separación de los productos de reacción resultante de la cloración de los productos de oxidación a partir del agente de cloración en forma de preferentemente amoníaco gaseoso (NH_3) y la posterior reacción de los productos de reacción en forma de preferentemente amoníaco gaseoso (NH_3) con preferentemente un compuesto de cloro inorgánico en forma de cloruro de hidrógeno (HCl), donde el reciclado del cloruro de amonio se realiza en un dispositivo de reacción y condensación, en particular donde se obtiene preferentemente el compuesto de cloro inorgánico en forma de cloruro de hidrógeno (HCl) mediante la reducción de cloruro de hierro realizada dado el caso en el paso de procedimiento (d), en particular mediante el uso de un agente de reducción, preferentemente hidrógeno o gas natural (en particular metano), más preferible hidrógeno, y

donde el agente de cloración obtenido y/o reciclado, a saber, cloruro de amonio (NH_4Cl), se usa nuevamente en el paso de procedimiento (c);

5 d) separación selectiva de cloruro de hierro de la mezcla de producto obtenida del paso de procedimiento (c) y dado el caso la posterior separación de cloruros de los demás metales de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro, donde la separación selectiva de cloruro de hierro, en particular de cloruro de hierro(III), se realiza mediante sublimación del cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) y el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) separado selectivamente de este modo, obtenido como tal mediante la posterior desublimación o el cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) separado selectivamente de esta manera, se somete a una reducción para la obtención de hierro metálico;

10 donde los pasos de procedimiento antes mencionados (a) a (d) se realizan en el orden indicado precedentemente.

Respecto del material de partida usado habitualmente en el marco del procedimiento según la invención, en particular en forma de residuos de pirita o bien pirita tostada, el material de partida puede contener hierro en forma de al menos un óxido de hierro. En tal sentido se puede haber previsto en particular que el material de partida contenga óxido de hierro en forma de óxido de hierro(II) (FeO), óxido de hierro(III) (Fe_2O_3) y/u óxido de hierro(II, III) (Fe_3O_4).

En este contexto, el material de partida puede contener hierro, en particular en forma de óxido de hierro, en cantidades en el intervalo de 10 % en peso a 75 % en peso, en particular en el intervalo de 20 % en peso a 70 % en peso, preferentemente en el intervalo de 30 % en peso a 65 % en peso, más preferible en el intervalo de 40 % en peso a 60 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida. Tal como se indicó precedentemente, el hierro por lo tanto es el componente principal del material de partida a procesar, de modo que también, ante este trasfondo, el procedimiento según la invención posibilita obtener elevadas cantidades de recuperación o bien altos rendimientos respecto del hierro.

Además, el material de partida puede contener el metal noble, en particular oro y/o plata, en cantidades en el intervalo de 0,1 g/t a 300 g/t, en particular en el intervalo de 0,5 g/t a 200 g/t, preferentemente en el intervalo de 0,75 g/t a 100 g/t, más preferible en el intervalo de 1 g/t a 50 g/t, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida. Los datos antes indicados se refieren a la suma de los metales mencionados en el material de partida.

En particular, el material de partida puede contener oro en forma de oro metálico. En consecuencia, el oro también está presente en forma metálica, dado que debido a las propiedades nobles del elemento no permite una calcinación en presencia de oxígeno.

En particular, el material de partida en este contexto puede contener oro en cantidades en el intervalo de 0,1 g/t a 15 g/t, en particular en el intervalo de 0,2 g/t a 10 g/t, preferentemente en el intervalo de 0,5 g/t a 8 g/t, más preferible en el intervalo de 1 g/t a 5 g/t, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

Por lo demás, el material de partida puede contener plata en forma de plata metálica o bien en forma de óxido de plata, en particular óxido de plata(I). La plata como metal noble en general no es demasiado reactivo, pero es menos noble que el oro, de modo que la plata en el material de partida puede estar presente al menos en parte también en forma de óxido de plata, tal como se indicó precedentemente.

En lo que respecta además al metal noble plata en el material de partida, el material de partida puede contener plata en cantidades en el intervalo de 1 g/t a 300 g/t, en particular en el intervalo de 2 g/t a 200 g/t, preferentemente en el intervalo de 3 g/t a 100 g/t, más preferible en el intervalo de 5 g/t a 50 g/t, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

Debido a la existencia de metales nobles, en particular oro y/o plata, el material de partida en cantidades relevantes también es de importancia económica respecto de la recuperación de estos metales nobles. En particular, y sobre la base del procedimiento según la invención -además de la obtención de hierro y de otros productos de interés económico- también se provee un método eficiente y de costo favorable para la recuperación de metales nobles, como oro o bien plata, del material de partida usado, lo que produce un incremento significativo de la rentabilidad del procedimiento según la invención, dado que los componentes de metal noble por lo general presentan un elevado valor material.

Además, el material de partida puede contener el metal adicional, en particular cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y/o cromo, preferentemente cobre, cinc, plomo y/o cobalto, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 10 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 5 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 3 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 2 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida. Los datos anteriores se refieren a la suma de los metales mencionados en el material de partida.

55 En lo que respecta en este contexto al metal adicional en forma de cobre, el material de partida puede contener cobre en forma de óxido de cobre, en particular óxido de cobre(I) y/o óxido de cobre(II).

ES 2 643 503 T3

En este contexto, el material de partida puede contener cobre, en particular en forma de óxido de cobre, en cantidades en el intervalo de 0,01 % en peso a 5 % en peso, en particular en el intervalo de 0,05 % en peso a 3 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,075 % en peso a 2 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,1 % en peso a 1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 5 En lo que respecta además al metal adicional en forma de cinc, el material de partida puede contener cinc en forma de óxido de cinc, en particular óxido de cinc(II).

En este contexto el material de partida puede contener cinc, en particular en forma de óxido de cinc, en cantidades en el intervalo de 0,02 % en peso a 10 % en peso, en particular en el intervalo de 0,075 % en peso a 5 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,1 % en peso a 3 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,2 % en peso a 2 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 10

En lo que respecta además al metal adicional en forma de plomo, el material de partida puede contener plomo en forma de óxido de plomo, en particular óxido de plomo(II).

En este contexto el material de partida puede contener plomo, en particular en forma de óxido de plomo, en cantidades en el intervalo de 0,01 % en peso a 5 % en peso, en particular en el intervalo de 0,05 % en peso a 4 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,1 % en peso a 2 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,15 % en peso a 1,5 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 15

En lo que respecta además al metal adicional en forma de cobalto, el material de partida puede contener cobalto en forma de óxido de cobalto, en particular óxido de cobalto(II).

A este respecto el material de partida puede contener cobalto, en particular en forma de óxido de cobalto, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 20

En lo que respecta además al metal adicional en forma de titanio, el material de partida puede contener titanio en forma de óxido de titanio.

A este respecto el material de partida puede contener titanio, en particular en forma de óxido de titanio, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 25

En lo que además respecta al metal adicional en forma de manganeso, el material de partida puede contener manganeso en forma de óxido de manganeso.

- 30

A este respecto el material de partida puede contener manganeso, en particular en forma de óxido de manganeso, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 35 En lo que además respecta al metal adicional en forma de vanadio, el material de partida puede contener vanadio en forma de óxido de vanadio.

A este respecto el material de partida puede contener vanadio, en particular en forma de óxido de vanadio, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida

- 40

En lo que además respecta al metal adicional en forma de cromo, el material de partida puede contener cromo en forma de óxido de cromo.

A este respecto el material de partida puede contener cromo, en particular en forma de óxido de cromo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 45

Además, el material de partida puede al menos un semimetal. En particular, el semimetal puede seleccionarse del grupo de silicio, arsénico, selenio, antimonio, telurio y sus combinaciones, en particular silicio. En ese caso el material de partida puede contener el semimetal, en particular silicio, arsénico, selenio, antimonio y/o telurio, en cantidades en el intervalo de 1 % en peso a 40 % en peso, en particular en el intervalo de 2 % en peso a 30 % en peso, preferentemente en el intervalo de 3 % en peso a 20 % en peso, más preferible en el intervalo de 4 % en peso a 15% en peso, calculado como elementos y respecto del peso en seco del material de partida. Los datos anteriores se refieren a la suma de los semimetales mencionados en el material de partida.

- 50

ES 2 643 503 T3

Además, el material de partida puede contener al menos un metal de transición, en particular manganeso y/o molibdeno.

En particular, el material de partida silicio, en particular en forma de óxido de silicio, más preferible dióxido de silicio (SiO₂).

- 5 En particular, el material de partida puede contener silicio, en particular en forma de óxido de silicio, en cantidades en el intervalo de 0,5 % en peso a 30 % en peso, en particular en el intervalo de 1 % en peso a 20 % en peso, preferentemente en el intervalo de 2 % en peso a 15% en peso, más preferible en el intervalo de 3 % en peso a 10% en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

- 10 Además, el material de partida puede contener arsénico, en particular en cantidades de como máximo 1 % en peso, en particular como máximo 0,5 % en peso, preferentemente como máximo 0,3 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

El material de partida además puede contener al menos un metal alcalino y/o alcalinotérreo, en particular al menos un metal alcalinotérreo, preferentemente calcio.

- 15 En particular, el metal alcalino y/o alcalinotérreo, en particular el metal alcalinotérreo, puede contener preferentemente calcio, en forma de al menos una sal, en particular un sulfato. En particular, el material de partida puede contener sulfato de calcio.

- 20 En este contexto, el material de partida puede contener el metal alcalino y/o alcalinotérreo, en particular el metal alcalinotérreo, preferentemente calcio, más preferible en forma de sulfato de calcio, en cantidades en el intervalo de 0,2 % en peso a 20 % en peso, en particular en el intervalo de 0,5 % en peso a 15 % en peso, preferentemente en el intervalo de 1 % en peso a 10 % en peso, más preferible en el intervalo de 2 % en peso a 8 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

Por lo demás, el material de partida puede contener al menos un elemento no metálico, en particular seleccionado del grupo de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, en particular azufre, preferentemente en forma de las sales respectivas.

- 25 En este contexto, el material de partida puede contener azufre, en particular en forma de sales sulfurosas, preferentemente sulfuros, como disulfuro de hierro, y/o más preferible en particular sulfatos.

- 30 En este marco el material de partida puede contener azufre en cantidades en el intervalo de 0,2 % en peso a 15 % en peso, en particular en el intervalo de 0,5 % en peso a 10% en peso, preferentemente en el intervalo de 1 % en peso a 8 % en peso, más preferible en el intervalo de 1,5% en peso a 6 % en peso, calculado como elemento y respecto del peso en seco del material de partida.

Conforme la invención puede ser el caso en particular que el material de partida, en particular el residuo de pirita o bien la pirita tostada, comprende las siguientes sustancias de contenido, en cada caso calculado como elemento y en cada caso respecto del peso en seco del material de partida:

- 35 - hierro, en particular en forma de óxido de hierro, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 10 % en peso a 75 % en peso, en particular en el intervalo de 20 % en peso a 70 % en peso, preferentemente en el intervalo de 30 % en peso a 65 % en peso, más preferible en el intervalo de 40 % en peso a 60 % en peso;

- oro, en particular en cantidades en el intervalo de 0,1 g/t a 15 g/t, en particular en el intervalo de 0,2 g/t a 10 g/t, preferentemente en el intervalo de 0,5 g/t a 8 g/t, más preferible en el intervalo de 1 g/t a 5 g/t;

- 40 - plata, en particular en cantidades en el intervalo de 1 g/t a 300 g/t, en particular en el intervalo de 2 g/t a 200 g/t, preferentemente en el intervalo de 3 g/t a 99 g/t, más preferible en el intervalo de 5 g/t a 50 g/t;

- cobre, en particular en forma de óxido de cobre, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,01 % en peso a 5 % en peso, en particular en el intervalo de 0,05 % en peso a 3 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,075 % en peso a 1 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,1 % en peso a 1 % en peso;

- 45 - cinc, en particular en forma de óxido de cinc, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,02 % en peso a 10% en peso, en particular en el intervalo de 0,075 % en peso a 5 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,1 % en peso bis 1 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,2 % en peso a 2 % en peso;

- plomo, en particular en forma de óxido de plomo, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,01 % en peso a 5 % en peso, en particular en el intervalo de 0,05 % en peso a 4 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,1 % en peso bis 2 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,15 % en peso a 1,5 % en peso;

- 50 - cobalto, en particular en forma de óxido de cobalto, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso;

- titanio, en particular en forma de óxido de titanio, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso;
 - 5 - manganeso, en particular en forma de óxido de manganeso, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso;
 - vanadio, en particular en forma de óxido de vanadio, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso;
 - 10 - cromo, en particular en forma de óxido de cromo, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,001 % en peso a 2 % en peso, en particular en el intervalo de 0,005 % en peso a 1 % en peso, preferentemente en el intervalo de 0,0075 % en peso a 0,5 % en peso, más preferible en el intervalo de 0,01 % en peso a 0,1 % en peso;
 - silicio, en particular en forma de dióxido de silicio, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,5 % en peso a 30 % en peso, en particular en el intervalo de 1 % en peso a 20 % en peso, preferentemente en el intervalo de 2 % en peso a 15 % en peso, más preferible en el intervalo de 3 % en peso a 10 % en peso;
 - 15 - arsénico, por ejemplo, en cantidades de como máximo 1 % en peso, en particular como máximo 0,5 % en peso, preferentemente como máximo 0,3 % en peso;
 - calcio, en particular en forma de sulfato de calcio, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,2 % en peso a 20 % en peso, en particular en el intervalo de 0,5 % en peso a 15% en peso, preferentemente en el intervalo de 1 % en peso a 10 % en peso; y/o
 - 20 - azufre, en particular en forma de sales sulfurosas, por ejemplo, en cantidades en el intervalo de 0,2 % en peso a 15 % en peso, en particular en el intervalo de 0,5 % en peso a 10 % en peso, preferentemente en el intervalo de 1 % en peso a 8 % en peso, más preferible en el intervalo de 1,5 % en peso a 6 % en peso.
- El material de partida en ese caso puede comprender las siguientes sustancias de contenido, en cada caso referido al peso en seco del material de partida:
- 25 óxido de hierro(II, III) (Fe_3O_4), en particular en cantidades en el intervalo de 10% en peso a 80 % en peso, en particular en el intervalo de 20 % en peso a 70 % en peso, preferentemente en el intervalo de 30 % en peso a 60 % en peso;
 - 30 óxido de hierro(III) (Fe_2O_3), en particular en cantidades en el intervalo de 5 % en peso a 50 % en peso, en particular en el intervalo de 10 % en peso a 40 % en peso, preferentemente en el intervalo de 15 % en peso a 30 % en peso;
 - dióxido de silicio, en particular en cantidades en el intervalo de 2 % en peso a 30 % en peso, en particular en el intervalo de 5 % en peso a 25 % en peso, preferentemente en el intervalo de 10 % en peso a 20 % en peso; y/o
 - sulfato de calcio, en particular en cantidades en el intervalo de 1 % en peso a 25 % en peso, en particular en el intervalo de 2 % en peso a 20 % en peso, preferentemente en el intervalo de 5 % en peso a 15 % en peso.
 - 35 El material de partida empleado en forma de residuos de pirita o bien pirita tostada, como se forma en particular durante la producción de ácido sulfúrico, presenta por lo tanto además de hierro, en particular en forma de óxidos de hierro, como componente principal también numerosos otros metales o bien metales nobles, de modo que el material de partida usado según la invención, es excelentemente adecuado para el uso en el marco de la presente invención, dado que se obtienen o bien se recuperan una pluralidad de diferentes componentes de relevancia técnica y económica sobre la base de metales o bien metales nobles a partir del material de partida, permitiendo el
 - 40 procedimiento según la invención al respecto una recuperación selectiva e integral de los componentes en cuestión, en particular también en forma de los metales respectivos.
- En lo que respecta al procedimiento según la invención propiamente dicho, se puede haber previsto según la invención que en el paso de procedimiento (a) o bien antes de llevar a cabo del paso de procedimiento (b) se realice una trituración o bien homogeneización del material de partida. En particular, el material de partida puede ajustarse a tamaños medios de partículas, en particular tamaños medios de partículas D_{50} , en el intervalo de 0,1 μm a 10 cm, en particular de 1 μm a 5 cm, preferentemente de 100 μm a 1 cm, más preferible de 500 μm a 0,5 cm. Para ello pueden usarse los dispositivos de trituración usuales y bien conocidos por el especialista, como dispositivos de quebrado o de molienda. La determinación del tamaño de partículas puede del mismo modo realizarse mediante procedimientos bien conocidos por el especialista, por ejemplo, sobre la base de microscopio óptico, difracción de rayos X, difracción de luz, como difractometría láser. La trituración prevista dado el caso en el marco del procedimiento según la invención, en particular para la obtención de tamaños uniformes de partículas del material de partida empleado facilita la manipulación, así como una recuperación mejorada de los componentes de metal respectivos, en particular debido a una mejor separación del material y similares.
- 50

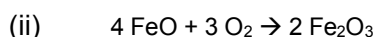
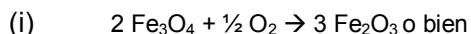
Además, se puede haber previsto en el marco de la presente invención que en el paso de procedimiento (a) y/o antes de llevar a cabo el paso de procedimiento (b) se realice un secado del material de partida. En este contexto, el material de partida puede calentarse a temperaturas en el intervalo de 50°C a 180°C, en particular de 80°C a 160°C, preferentemente de 100°C a 140°C. Conforme la invención es ventajoso cuando el material de partida se ajusta a una humedad residual de como máximo 5 % en peso, en particular como máximo 3 % en peso, preferentemente como máximo 2 % en peso, más preferible como máximo 1 % en peso, respecto del material de partida secado. El ajuste del material de partida a una humedad residual determinada, tal como se definió previamente, implica en particular a un desarrollo del procedimiento mejorado ulteriormente, tanto en vista de la facilidad de manipulación del material de partida como también en relación a los desarrollos de la reacción química en el que se basa el procedimiento según la invención.

En lo que respecta además al procedimiento según la invención, es ventajoso en la invención cuando en el paso de procedimiento (b) el tratamiento de oxidación se realiza como reacción de fase sólida. En particular, el tratamiento de oxidación se realiza mediante calentamiento del material de partida. En particular, el tratamiento de oxidación puede llevarse a cabo a temperaturas en el intervalo de 500°C a 1.000°C, en particular en el intervalo de 600°C a 900°C, preferentemente en el intervalo de 650°C a 950°C. En el modo más preferible de la invención, el tratamiento de oxidación debe realizarse mediante el uso de o bien en presencia de un agente oxidante, preferentemente gaseoso, en particular aire y/u oxígeno.

En este contexto, el tratamiento de oxidación puede llevarse a cabo en general en los dispositivos adecuados para este fin y básicamente conocidos por el especialista. En particular, el tratamiento de oxidación puede efectuarse en un dispositivo de oxidación y/o tostado. En tal sentido, los dispositivos de oxidación y/o tostado pueden seleccionarse por ejemplo del grupo de hornos tubulares giratorios, hornos de tambor, hornos de lecho fluidizado y reactores de flujo continuo.

En particular se ha previsto según la invención que en el tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) se convierta el hierro al menos esencialmente en su totalidad a la forma trivalente, en particular en hierro(III), preferentemente en óxido de hierro(III). En particular, en el tratamiento de oxidación por lo tanto se obtiene hierro(III) en el paso de procedimiento (b). Además, se puede haber previsto en el paso de procedimiento (b) que durante el tratamiento de oxidación se convierte óxido de hierro(II, III) y/u óxido de hierro(II) en óxido de hierro(III).

En el tratamiento de oxidación por lo tanto se asegura en el paso de procedimiento (b) una conversión al menos esencialmente completa de los distintos niveles de oxidación o bien de los óxidos de hierro en el material de partida a óxido de hierro(III). En particular, la transformación de los óxidos de hierro respectivos a óxido de hierro(III) puede producirse según la siguiente ecuación de reacción (ii) o bien (iii):



La conversión de hierro en óxido de hierro(III) se realiza en particular ante el trasfondo que según la invención se ha previsto una cloración postconectada o bien subsiguiente para la obtención de cloruro de hierro(III) (FeCl_3) el que en vista al desarrollo inventivo del procedimiento dispone de propiedades óptimas de sublimación y con ello de separación, tal como aún se explica a continuación.

En el marco del tratamiento de oxidación también se puede haber previsto en el paso de procedimiento (b) que también los otros metales, en particular como se definió previamente, preferentemente cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y/o cromo, más preferible cobre, cinc, plomo y/o cobalto, y dado el caso das metal noble en forma de plata se conviertan en cada caso en niveles de oxidación uniformes, en particular al mayor nivel de oxidación del metal.

En tal sentido, la mezcla de producto puede contener en o bien después del tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) óxido de hierro(III) en cantidades en el intervalo de 10 % en peso a 95 % en peso, en particular en el intervalo de 20 % en peso a 90 % en peso, preferentemente en el intervalo de 40 % en peso a 85 % en peso, referido al peso en seco de la mezcla de productos obtenida en el paso de procedimiento (b). En el marco de la presente invención los óxidos de hierro contenidos en el material de partida por lo tanto preferentemente se convierten al menos esencialmente en óxido de hierro(III).

En el marco de el tratamiento de oxidación puede haberse previsto del mismo modo que también los demás metales, en particular cobre, cinc, plomo y/o cobalto, se oxiden posteriormente, en particular para la obtención de óxido de cobre(II), óxido de cinc(II), óxido de plomo(II) y/o óxido de cobalto(II). También esto es ventajoso para la posterior cloración de estos metales. Ello se aplica también a los metales titanio, manganeso, vanadio y cromo.

De este modo se ha previsto en particular según la invención que la mezcla de producto obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) contiene el otro metal en forma del óxido metálico, preferentemente en forma de óxido de cobre(II), óxido de cinc(II), óxido de plomo(II) y óxido de cobalto(II). En particular, la mezcla de producto obtenida del tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) puede contener óxido de plata. De este modo, dado el caso también se puede estar en presencia de una oxidación ulterior del metal noble en forma de

plata en el marco de el tratamiento de oxidación.

Por lo demás, la mezcla de producto resultante de la oxidación puede contener dióxido de silicio (SiO₂) así como sulfato de calcio (CaSO₄), los que en cada caso permanecen al menos esencialmente inalterados en la mezcla de producto.

- 5 En lo que respecta a la cloración realizada a continuación en el marco del procedimiento según la invención, en particular de los óxidos de hierro resultantes en el paso de procedimiento (b) o bien los óxidos de los demás metales o bien dado el caso de óxido de plata resultantes en el paso de procedimiento (b), se ha previsto según la invención, que en el paso de procedimiento (c) la cloración se realice como reacción de fase sólida.

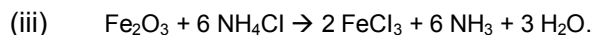
10 En tal sentido, en el paso de procedimiento (c) los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b) y/o la mezcla de producto obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) deben llevarse a temperaturas en el intervalo de 100°C a 320°C, en particular en el intervalo de 150°C a 302°C, preferentemente en el intervalo de 180°C a 300°C. En particular, en el paso de procedimiento (c) la cloración debe realizarse a temperaturas en el intervalo de 100°C a 320°C, en particular en el intervalo de 150°C a 302°C, preferentemente en el intervalo de 180°C a 300°C.

- 15 En lo que respecta además a la cloración según el paso de procedimiento (c), esta puede realizarse en dispositivos de cloración perfectamente conocidos por el especialista. En particular, la cloración en el paso de procedimiento (c) puede realizarse en un dispositivo de cloración, en particular donde el dispositivo de cloración se selecciona del grupo de hornos tubulares giratorios y hornos de tambor.

20 En lo que respecta por lo demás a la cloración es especialmente ventajoso según la invención cuando se procede de manera tal que en el paso de procedimiento (c) se convierte óxido de hierro, en particular óxido de hierro(III), en cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃).

Tal como se indicó previamente, el cloruro de hierro(III) o bien FeCl₃ que resulta de modo más preferible en vistas al desarrollo inventivo del procedimiento presenta propiedades óptimas de separación, en particular con respecto a las propiedades de sublimación de cloruro de hierro(III).

- 25 En particular, según la presente invención por la cual, tal como todavía se indicará en detalle a continuación, se usa cloruro de amonio (NH₄Cl) como medio de cloración, la transformación de óxido de hierro(III) en el correspondiente cloruro puede realizarse según la siguiente ecuación de reacción (iv):



30 Del mismo modo se puede haber previsto según el desarrollo del procedimiento conforme la invención con la cloración de los óxidos metálicos obtenidos previamente o bien los existentes en la mezcla de producto que en el paso de procedimiento (c) se convierte óxido de cobre, preferentemente óxido de cobre(II), en cloruro de cobre, en particular cloruro de cobre(II) (CuCl₂). Del mismo modo se puede haber previsto que en el paso de procedimiento (c) se convierte óxido de cinc, preferentemente óxido de cinc(II), en cloruro de cinc, en particular cloruro de cinc(II) (ZnCl₂). Además, se puede haber previsto que en el paso de procedimiento (c) el óxido de plomo, preferentemente
 35 óxido de plomo(II), se convierte en cloruro de plomo, en particular cloruro de plomo(II) (PbCl₂). Finalmente se puede haber previsto que en el paso de procedimiento (c) el óxido de cobalto, preferentemente óxido de cobalto(II) se convierte en cloruro de cobalto, en particular cloruro de cobalto(II) (CoCl₂). Además, en el paso de procedimiento (c) puede convertirse manganeso, en particular óxido de manganeso, en cloruro de manganeso. En el paso de procedimiento (c) del mismo modo puede convertirse vanadio, en particular óxido de vanadio, en cloruro de vanadio.
 40 Finalmente, en el paso de procedimiento (c) puede convertirse cromo, en particular óxido de cromo, en cloruro de cromo.

Por lo demás, en el paso de procedimiento (c) puede convertirse óxido de plata, preferentemente óxido de plata(I), en cloruro de plata, en particular cloruro de plata(I) (AgCl).

45 Tal como se indicó previamente se ha previsto según la invención que en el paso de procedimiento (d) se produce una separación o bien aislamiento de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃), de la mezcla de producto obtenidas del paso de procedimiento (c), y ello mediante una sublimación en particular, una sublimación selectiva.

50 En tal sentido resultó especialmente ventajoso según la invención cuando en el paso de procedimiento (d) se produce la sublimación de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), de la mezcla de producto obtenidas del paso de procedimiento (c) mediante sublimación, en particular a temperaturas en el intervalo de 200°C a 400°C, en particular en el intervalo de 250°C a 375°C, preferentemente en el intervalo de 275°C a 350°C, más preferible en el intervalo de 300°C a 325°C.

55 En este contexto, la separación o bien el aislamiento de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃), puede realizarse en un dispositivo de separación, en particular un dispositivo de sublimación, preferentemente en un horno tubular giratorio, un horno de tambor y/o un horno de lecho fluidizado, en los que se debería colocar

previamente la mezcla de producto a purificar con los correspondientes cloruros.

De acuerdo con una realización más preferible de la invención, por ejemplo, se puede proceder de manera tal en el marco de la presente invención que en el paso de procedimiento (c), es decir, la cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b), y paso de procedimiento (d), es decir, en particular la separación y/o aislamiento de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), puede efectuarse de manera continua en un dispositivo conjunto, pudiendo ser el dispositivo conjunto en particular un horno tubular giratorio. En tal sentido, el dispositivo conjunto, en particular el horno tubular giratorio, presenta una primera sección o bien área para la realización del paso de procedimiento (c) y una segunda sección o bien área para la realización del paso de procedimiento (d), en particular para la separación y/o aislamiento de cloruro de hierro, en particular de cloruro de hierro(III) (FeCl_3).

Conforme esta realización según la invención, por lo tanto, la cloración por una parte y la separación de cloruro de hierro por la otra, pueden efectuarse en un mismo equipamiento. Tal como se indicó previamente, el equipamiento conjunto es en particular un horno tubular giratorio, donde dicho horno presenta a lo largo del eje giratorio del tubo una primera área de reacción con una primera zona de temperatura para realizar la cloración descrita en el paso de procedimiento (c) con la temperaturas previstas para ello según la invención y una segunda área de sublimación para la separación de cloruro de hierro con las correspondientes temperaturas de sublimación, tal como se describió en el paso de procedimiento (d).

Conforme la invención, la desublimación del paso de procedimiento (d) además logra en particular la obtención de cloruro de hierro sólido o bien purificado, en particular de cloruro de hierro(III) (FeCl_3).

Además, la reducción de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), realizada en el paso de procedimiento (d) debería realizarse en la fase gaseosa, en particular a temperaturas en el intervalo de 400°C a 800°C , en particular en el intervalo de 450°C a 750°C , preferentemente en el intervalo de 500°C a 700°C , más preferible en el intervalo de 550°C a 650°C .

La reducción de cloruro de hierro, en particular de cloruro de hierro(III), puede en ese caso realizarse en un dispositivo de reducción. Los correspondientes dispositivos de reducción a tal fin son bien conocidos por el especialista, de modo que no se requieren más explicaciones al respecto. Para ello, puede conducirse cloruro de hierro, en particular gaseoso, desde el dispositivo de sublimación al dispositivo de reducción.

En lo que por lo demás respecta al procedimiento según la invención, se puede haber previsto además que en el paso de procedimiento (d), en particular después de efectuada la separación o bien aislamiento de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), se produce una separación y/o aislamiento adicional y/o posterior de los cloruros de los demás metales desde la mezcla de producto.

En particular, se puede haber previsto en el marco de la presente invención que en el paso de procedimiento (d), en particular después de efectuada la separación o bien aislamiento de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), se produce una separación y/o aislamiento adicional y/o posterior de cloruro de cobre, en particular cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o de cloruro de cinc, en particular cloruro de cinc(II) (ZnCl_2), y/o de cloruro de plomo, en particular de cloruro de plomo(II) (PbCl_2) y/o de cloruro de cobalto, en particular de cloruro de cobalto(II) (CoCl_2). Puede aplicarse lo similar para cloruro de titanio, cloruro de manganeso, cloruro de vanadio y/o cloruro de cromo.

Para la separación y/o aislamiento adicional y/o posterior de los cloruros de los demás metales desde la mezcla de producto puede efectuarse por ejemplo en un dispositivo de separación por gravedad o de dispersión, en particular en un recipiente con agitación y/o un reactor con agitación, preferentemente con al menos un sistema de extracción, y/o un dispositivo de contracorriente, preferentemente con en cada caso al menos un sistema de extracción.

En este marco se puede proceder según la invención por ejemplo de manera tal que la mezcla de producto de la que se eliminó en particular de cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III) (FeCl_3), se absorba en una fase líquida y/o en un medio líquido, en particular agua, en particular que se separe por gravedad y/o se disperse.

Según este aspecto de la presente invención, los componentes solubles de la mezcla de producto de la que se eliminó en particular cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III) (FeCl_3), en particular los cloruros de los demás metales, en particular cloruro de cobre, preferentemente cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o cloruro de cinc, preferentemente cloruro de cinc(II) (ZnCl_2), y/o cloruro de plomo, preferentemente cloruro de plomo(II) (PbCl_2), y/o cloruro de cobalto, preferentemente cloruro de cobalto(II) (CoCl_2), en particular se convierten al menos esencialmente completos en una solución y/o se suspenden, preferentemente se forma una solución. De este modo, los cloruros en cuestión de los demás metales pueden separarse o bien eliminarse de la mezcla de producto separada por gravedad mediante la formación de una suspensión o bien solución, donde debido a la buena solubilidad o capacidad de suspensión de los cloruros puede alcanzarse un elevado índice de separación o bien de purificación.

En lo que respecta en general a la separación de los cloruros de los demás metales, esta puede llevarse a cabo sobre la base de una lejiación con agua o bien sobre la base de un proceso de lixiviación que son perfectamente conocidos por el especialista, de modo que no se requiere mayor explicación al respecto.

Conforme a la invención se puede haber previsto que la solución y/o suspensión obtenida, preferentemente la solución, que contiene los cloruros en cuestión, se separa de la mezcla de producto restante, por ejemplo mediante filtración o similar, en particular mediante el uso de los correspondientes dispositivos de filtración.

5 En tal sentido puede tener lugar un procesamiento ulterior de la solución o bien suspensión obtenida, en particular, para la separación selectiva o bien aislamiento de los cloruros de los demás metales, en particular cloruro de cobre, preferentemente cloruro de cobre(II) (CuCl), y/o cloruro de cinc, preferentemente cloruro de cinc(II) (ZnCl), y/o cloruro de plomo, preferentemente cloruro de plomo(II) (PbCl₂), y/o cloruro de cobalto, preferentemente cloruro de cobalto(II) (CoCl₂), y/o cloruro de titanio y/o cloruro de manganeso y/o cloruro de vanadio y/o cloruro de cromo, o bien para la obtención de la forma metálica del metal respectivo. La separación en particular selectiva o bien el aislamiento de los
10 cloruros de los demás metales o bien la transformación a la forma metálica de los metales respectivos se realiza sobre la base de procedimientos electroquímicos, de sorción, en particular procedimientos de adsorción o bien mediante una precipitación en particular selectiva y/o sedimentación en particular selectiva o similares. En particular, los metales pueden obtenerse en su forma metálica mediante reducción. Los procedimientos respectivos son perfectamente conocidos por el especialista, de modo que no se requiere mayor explicación al respecto.

15 Lo que por lo tanto respecta a la separación o bien aislamiento de los cloruros de los demás metales, según la invención en particular se procede de manera tal que los correspondientes cloruros de metales se convierten en solución y/o suspensión, preferentemente en solución, y en consecuencia se separa de los componentes no solubles de la mezcla de productos de la que se eliminó previamente el hierro, y la solución o bien suspensión obtenida de este modo se somete a una separación selectiva de los cloruros de los demás metales.

20 De esta manera es posible separar en el marco de la presente invención también los correspondientes cloruros de los demás metales de la mezcla de producto referida, sobre la base del material de partidas empleado, de modo que de esta manera pueden obtenerse otras materias primas de uso industrial o bien comercial, que son adecuados por ejemplo para ser usados como catalizadores o en catalizadores para la producción de colorantes o pigmentos o similares, donde las materias primas en cuestión en forma de los cloruros de los demás metales disponen del mismo
25 modo de una elevada pureza de la sustancia o bien el producto.

En lo que, respecto a la mezcla de producto restante, que en particular es al menos esencialmente no soluble, y de la que se eliminó el hierro, así como los otros metales, como se definió previamente, esta todavía comprende en particular los componentes de metal noble, en particular oro y/o plata, así como los componentes silicio, en particular dióxido de silicio, así como sulfato de calcio. En particular, la mezcla de producto restante también puede contener
30 cloruro de plata que es prácticamente insoluble en agua.

Mediante la separación o bien el aislamiento anteaconectado del componente hierro así como de los demás componentes metálicos a partir de la mezcla de producto, se produce una nueva acumulación o bien una concentración ulterior o bien un incremento de la proporción relativa en particular también de los metales nobles, como oro y/o plata, en la mezcla de producto restante, lo que es ventajoso para la separación de los nobles que
35 dado el caso se previó posteriormente, en particular también en vistas a la rentabilidad del procedimiento así como de los grados de rendimiento.

Así puede haberse previsto en el marco de la presente invención que la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) o bien disponible después del paso de procedimiento (d), comprende en cada caso calculado como elemento y en cada caso referido al peso en seco de la mezcla de producto:

40 - oro, en particular en cantidades en el intervalo de 1 g/t a 50 g/t, preferentemente en el intervalo de 1 g/t a 40 g/t, más preferible en el intervalo de 2 g/t a 20 g/t, más preferible en particular en el intervalo de 3 g/t a 15 g/t;

- plata, en particular en cantidades en el intervalo de 2 g/t a 600 g/t, preferentemente en el intervalo de 5 g/t a 500 g/t, más preferible en el intervalo de 10 g/t a 400 g/t, más preferible en particular en el intervalo de 15 g/t a 200 g/t.

45 Conforme la invención y para la recuperación deliberada de los metales nobles previamente concentrados, puede realizarse a continuación del paso de procedimiento (d) un paso de procedimiento (e). En el paso de procedimiento (e) puede efectuarse una separación del metal noble, en particular de oro y/o plata, de la mezcla de producto obtenida del paso de procedimiento (d) y/o de la que se eliminó cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III) (FeCl₃), y los cloruros de los demás metales. También debido a la concentración previamente realizada de los metales nobles en la mezcla de producto puede lograrse allí altos rendimientos.

50 En lo que respecta a la separación del metal noble eventualmente prevista, se puede proceder según la invención de manera más preferible cuando en el paso de procedimiento (e) se realiza la separación del metal noble, en particular de oro y/o plata, a partir de la mezcla de producto absorbida en una fase líquida y/o en un medio líquido, en particular agua, en particular una mezcla de producto separada por gravedad y/o dispersada. En particular, la separación del metal noble, en particular de oro y/o plata, puede realizarse en al menos un dispositivo de separación
55 y/o filtrado. Para ello y en caso necesario, a la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) se puede adicionar nuevamente un agente de dispersión o bien solución, en particular agua.

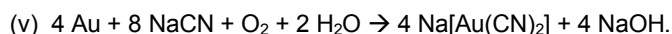
En este contexto resultó ventajoso según la invención cuando en el paso de procedimiento (e) con el metal noble, en

particular oro y/o plata, se forma una solución o bien una suspensión, en particular una solución, particularmente en forma al menos esencialmente completa. Esto puede efectuarse, por ejemplo, de manera tal que se usa al menos un componente o bien composición complejizante para la transformación del metal noble, en particular oro y/o plata, en solución y/o suspensión, preferentemente solución, o bien se pone en contacto en particular con la mezcla de producto o bien el metal noble.

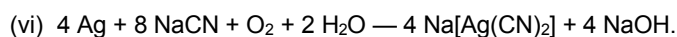
En general, el componente o bien el compuesto complejizante referido puede ser una sustancia que forma con el metal noble, en particular oro y/o plata, preferentemente un compuesto complejizado, que puede disolverse o bien suspenderse en el disolvente, en particular en agua, al menos esencialmente en forma completa.

En particular, el componente o bien el compuesto complejizante puede haberse seleccionado del grupo de lejía de cianuro, solución de yodo/bromo y solución de tiosulfato. En particular puede usarse una solución de la sal del ácido cianhídrico, en particular cianuro sódico (NaCN) como componente para la transformación del metal noble en una solución y/o suspensión.

En particular es adecuado como el componente referido, tal como se mencionó previamente, una solución de cianuro sódico, la que también se denomina lejía de cianuro. Porque en el marco de lo que se denomina lejiación de cianuro se disuelve o se suspende oro y/o plata en una solución de cianuro sódico que en particular contiene oxígeno, como compuesto complejizante, en particular sobre la base de la siguiente ecuación de reacción (v):

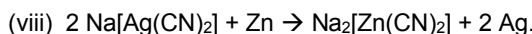
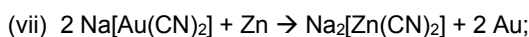


Para el metal noble en forma de plata rige de manera correspondiente la ecuación de reacción (vi):



A continuación se puede haber previsto además que la solución y/o suspensión del metal noble obtenida, en particular oro y/o plata, se separa de la mezcla de producto restante en particular mediante filtración y el metal noble, en particular oro y/o plata, se obtiene a partir de la solución y/o suspensión, en particular mediante un proceso de sedimentación o de sorción, ver, en particular de adsorción.

A modo de ejemplo, puede realizarse una precipitación del metal noble mediante el uso de cinc o bien aluminio, preferentemente en forma de partículas finas, en particular sobre la base de las siguientes ecuaciones de reacción (vii) y (viii):



Después de la precipitación del metal noble puede realizarse una filtración adicional y purificación del metal noble en bruto obtenido.

Según otra realización de la presente invención, también pueden usarse otros procedimientos de purificación por sorción, en particular por adsorción para la obtención del metal noble, en particular sobre la base de un material de adsorción preferentemente particulado, en particular carbón activado. Esto puede realizarse con las correspondientes columnas de adsorción o similares. Básicamente pueden aplicarse también otros procedimientos de obtención o de purificación, como ser el proceso de amalgamamiento y/o de lodo anódico, para la obtención del metal noble.

Sobre la base del procedimiento según la invención es posible, por lo tanto, una recuperación eficiente también de metales nobles, como oro y/o plata, a partir del material de partida usado, donde se obtienen elevados índices de rendimiento, en particular también ante el trasfondo que los correspondientes metales nobles en la mezcla de producto a tratar ya de alguna manera están concentrados debido a la previa eliminación de los componentes metálicos realizada previamente. Sobre la base del procedimiento según la invención también puede alcanzarse grados de pureza muy elevados para los metales nobles purificados o bien aislados.

En el marco de la presente invención además puede suceder en particular que la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y/o en el paso de procedimiento (e) todavía contiene silicio que proviene del material de partida, en particular en forma de un óxido de silicio, más preferible dióxido de silicio. Asimismo, en el marco de la presente invención puede suceder que la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y/o en el paso de procedimiento (e) aún contiene metal alcalino y/o alcalinotérreo que proviene del material de partida, en particular al menos un metal alcalinotérreo, preferentemente calcio. En particular, el metal alcalino y/o alcalinotérreo, en particular el metal alcalinotérreo, preferentemente calcio, puede estar presente en forma de al menos una sal, en particular un sulfato. En particular, la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) o bien en el paso de procedimiento (e) puede contener sulfato de calcio que proviene del material de partida. Porque en lo que respecta especialmente a los componentes antes mencionados, estos no se eliminan de la mezcla de producto o se modifican químicamente sobre la base de los pasos de procedimientos indicados para la purificación de los componentes metálicos o bien los componentes de metales nobles respectivos, de modo que estos están presentes

al menos esencialmente en su totalidad en la mezcla de producto aún restante.

En tal sentido según la invención puede haberse previsto una separación adicional o bien procesamiento de dióxido de silicio en vista a la mezcla de producto aún restante. Por ejemplo, puede tener lugar una reducción de la que resulta silicio, por ejemplo, sobre la base de la siguiente ecuación de reacción (ix):



Lo que por lo demás respecta al sulfato de calcio que aún resta en la mezcla de producto, esto puede usarse como tal, por ejemplo, para la producción de sustancias componentes de yeso.

En particular, el procedimiento según la invención también puede llevarse a cabo mediante el uso de la planta de recuperación inventiva que se define a continuación.

10 Tal como se explicó antes, el procedimiento según la invención se describe mediante las respectivas reivindicaciones secundarias y las subreivindicaciones del procedimiento, así como con referencia a las correspondientes representaciones de las figuras.

Finalmente, y sobre la base de la presente invención se provee un procedimiento de alta eficiencia para la purificación particularmente selectiva e integral o bien un aislamiento de metales, en particular para la obtención de hierro metálico, así como de otros componentes metálicos y dado el caso metales nobles, como oro y plata, de residuos de pirita, como pirita tostada.

Según una realización especial de la presente invención puede procederse de manera tal que previamente se realiza con pirita tostada a 120° un tostado oxidativo a 700°C con el fin de convertir el hierro a la forma trivalente. A continuación, se puede tratar la pirita tostada oxidada con cloruro de amonio sólido a una temperatura de 300°C a fin de convertir el hierro en la forma cloruro con la obtención de amoníaco y agua en la fase gaseosa. A continuación, el cloruro de hierro obtenido puede separarse mediante sublimación de la mezcla de producto. En ese caso, el cloruro de hierro se pasa a la fase gaseosa o se sublima a una temperatura de 950°C, mientras el dióxido de silicio y sulfato de calcio, así como los cloruros de los demás metales y los componentes de metal noble permanecen en la mezcla de producto sólida. La mezcla de producto restante presenta en comparación con el material de partida un mayor contenido de metal noble. A continuación, se puede reducir cloruro de hierro con hidrógeno para la obtención de hierro metálico y gas cloruro de hidrógeno. Las corrientes de gas de amoníaco y de cloruro de hidrógeno pueden combinarse para formar nuevamente cloruro de amonio, para hacerlos reaccionar. De la mezcla de producto restante después de la eliminación del cloruro de hierro, pueden transformarse los cloruros de los demás metales mediante separación por gravedad en solución, para luego separarlos. La mezcla de producto restante así obtenida, después de la eliminación de los cloruros de los demás metales puede someterse a tratamiento con una solución de cianuro para la transformación de oro y plata a una forma soluble. El resto que aún está presente en la mezcla de producto purificada que comprende una mezcla de dióxido de silicio (cuarzo) y sulfato de calcio (yeso), puede separarse mediante filtración de la solución que contiene oro o bien plata. Finalmente puede obtenerse el metal noble en forma de oro o bien plata por medio de precipitación.

35 A continuación, se explicará en mayor detalle la presente invención sobre la base del procedimiento según la invención por medio de ejemplos de realización o realizaciones más preferibles representadas en dibujos o representaciones de figuras. En relación con la explicación de estos ejemplos de realización más preferibles del procedimiento según la invención, los que empero de ninguna manera limitan al procedimiento según la invención, también se indican ventajas, propiedades, aspectos y características ulteriores de la presente invención.

40 En figuras se muestra:

Fig. 1 una representación esquemática o sinopsis del procedimiento según la invención para la obtención de materia prima de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos, a saber, para la recuperación de metales a partir de residuos de pirita, más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico;

45 Fig. 2 otra representación esquemática o sinopsis del procedimiento según la invención según otra realización más preferible de la invención.

La Fig. 1 esquematiza una realización especial del procedimiento según la invención como se define a continuación:

En particular, la figura 1 muestra el desarrollo inventivo del procedimiento, según el cual primero se dispone o se pone a disposición un material en bruto RM, tratándose en este caso de un mineral metalífero o bien un residuo de mineral en forma de un residuo de pirita o bien en particular una pirita tostada proveniente de la producción de ácido sulfúrico. El material en bruto RM contiene particularmente hierro, preferentemente como componente principal, y al menos un metal noble, en particular oro y/o plata, así como al menos un metal adicional, preferentemente seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo y cobalto, donde el hierro, así como el metal adicional estén presentes en forma de óxidos.

En el paso de procedimiento (a) tiene lugar entonces la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida AM sobre la base del material en brutos RM en el que se basa. El tratamiento puede comprender una trituración del material en bruto RM y/o un secado del material en bruto RM para la obtención del material de partida AM sometido a tratamiento.

5 A continuación, se somete el material de partida AM, tal como se representó en la figura 1, según el paso de procedimiento (b) a un tratamiento de oxidación que puede llevarse a cabo en particular como calcinación o bien tostado oxidativo. En este marco se usa en particular un agente oxidante, como aire y/u oxígeno. Resulta un material OP con los correspondientes productos de oxidación, donde los productos de oxidación comprenden en particular óxido de hierro y dado el caso óxidos de los demás metales. En particular respecto del óxido de hierro se obtiene en este caso óxido de hierro(III).

10 La Fig. 1 muestra además que en un paso ulterior del procedimiento (c) se produce una cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b), en particular óxidos, de modo que de manera correspondiente resultan productos clorados CP. Allí se realiza la cloración de los óxidos mediante un agente de cloración reciclable, a saber, cloruro de amonio (NH_4Cl). Por una parte, a partir de óxido de hierro(III) resulta correspondientemente cloruro de hierro(III) (FeCl_3) y a partir de los demás óxidos metálicos los correspondientes cloruros de los demás metales (Me_xCl_y con $\text{Me} = \text{Cu}, \text{Zn}, \text{Pb}, \text{Co}, \text{Ti}, \text{V}$ o bien Cr , en particular $\text{Cu}, \text{Zn}, \text{Pb}$ o bien Co).

15 Los productos clorados CP obtenidos por cloración pueden entonces separarse o bien aislarse de la mezcla de producto obtenida del paso de procedimiento (c), como muestra la Fig. 1 según el paso de procedimiento (d) allí ilustrado. En particular, el cloruro de hierro(III) (FeCl_3) obtenido previamente en el paso de procedimiento (c), se sublima en el paso de procedimiento (d), de modo que se obtiene cloruro de hierro(III) ($\text{FeCl}_3(\text{g})$) gaseoso, que puede ser separado correspondientemente del mezcla residual o residuo sólido.

20 En este contexto, la figura 1 muestra además que el cloruro de hierro(III) así obtenido, en particular gaseoso, puede desublimarse para la obtención de cloruro de hierro(III) sólido, y, por otra parte, el cloruro de hierro(III), en particular gaseoso, puede someterse a una reducción para la obtención de hierro metálico (Fe). Los productos de reacción que se producen en la reducción de cloruro de hierro(III) a hierro metálico, en particular en forma de un compuesto de cloro inorgánico, a saber cloruro de hidrógeno, pueden usarse, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1, para el reciclado del agente de cloración, donde el compuesto de cloro inorgánico obtenido de la reducción, a saber cloruro de hidrógeno, puede hacerse reaccionar con el producto final resultante de la cloración con el agente de cloración, en particular con amoníaco (NH_3) gaseoso, de modo que de esta manera se obtiene otra vez el agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) que puede usarse nuevamente en el paso de procedimiento (c).

25 La Fig. 1 muestra además que en el paso de procedimiento (d) también puede realizarse una posterior separación de los cloruros de los demás metales (Me_xCl_y), que en particular es la separación de cloruro de hierro(III) postconectada. Del paso de procedimiento (d) resulta una mezcla de producto (VP) restante la que, dado el caso según el paso de procedimiento (e), como se muestra en la figura 1, puede conducirse a una purificación adicional, en particular en vista a la separación de metales nobles como oro y/o plata. La mezcla sólida de producto resultante del paso de procedimiento (e) de la que se eliminó el oro o la plata, comprende en particular sulfato de calcio y dióxido de silicio, donde dióxido de silicio, como se indica en la figura 1, puede someterse a una reducción para la obtención de silicio elemental.

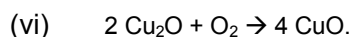
30 En la Fig. 2 se esquematiza otra realización especial del procedimiento según la invención, como se describe ulteriormente a continuación:

De esta manera, tal como se representó en la figura 2, a partir de un material en bruto, como en particular pirita tostada, que contiene componentes sobre la base de hierro, cobre, cinc, cobalto, oro, plata, plomo, silicio y calcio, así como sobre la base de otros elementos, puede obtenerse un material de partida tratado mediante secado y trituración.

35 El material de partida así obtenido puede someterse a una oxidación o bien calcinación, por ejemplo, a temperaturas de 700°C en presencia de un oxidante, como aire y/u oxígeno. El tratamiento de oxidación se realiza en particular para la obtención de óxidos de hierro y de los demás metales, en particular también al aumentar el nivel de oxidación de los elementos metálicos respectivos. Así, en el caso de hierro por ejemplo se obtiene a partir de óxido de hierro(II) u óxido de hierro(II, III), específicamente óxido de hierro(III) según el siguiente esquema de reacción:



Del mismo modo, por ejemplo, a partir de óxido de cobre(I) puede obtenerse de modo predominante óxido de cobre(II) según el presente esquema de reacción:



En general rige lo correspondiente para los elementos de los demás metales.

55 En lo que por lo demás respecta al metal noble, en particular el oro, este por lo general y debido a sus propiedades

nobles no se oxida en el marco de el tratamiento de oxidación. En el caso del metal noble plata puede producirse al menos en parte una conversión el óxido.

La Fig. 2 muestra además, por ejemplo, la cloración que continúa después de la oxidación de los productos de oxidación obtenidos previamente mediante el uso de un agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl), que se adiciona a los productos de oxidación en forma sólida, por ejemplo, en forma de un polvo. La cloración puede realizarse por ejemplo a temperaturas de 300°C . Allí resulta respecto del óxido de hierro(III) resulta de modo correspondiente cloruro de hierro(III) (FeCl_3) así como por ejemplo para óxido de cobre de manera correspondiente cloruro de cobre (CuCl_2). Rige lo correspondiente para los óxidos de los demás metales. De la cloración realizada puede resultar en particular amoníaco (NH_3) gaseoso como producto de reacción resultante del agente de cloración, en particular de cloruro de amonio (NH_4Cl).

La Fig. 2 muestra además en este contexto que el amoníaco (NH_3) resultante que en particular es gaseoso puede extraerse y usarse con un compuesto de cloro inorgánico, a saber, cloruro de hidrógeno, en la fase gaseosa para la reacción de obtención de agente de cloración reciclado, a saber, cloruro de amonio (NH_4Cl).

En lo que respecta al desarrollo ulterior del procedimiento, los productos clorados obtenidos, en particular cloruro de hierro y dado el caso los cloruros de los demás metales, se eliminan de la mezcla de producto obtenida de la cloración: así la Fig. 2 muestra además que cloruro de hierro(III) (FeCl_3) se convierte a la fase gaseosa mediante sublimación, en particular a temperaturas de 350°C , eliminándolo así de la mezcla de producto.

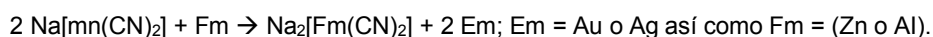
Después de realizada la sublimación o eliminación del cloruro de hierro(III) posteriormente pueden separarse, tal como se representa en la figura 2, también los cloruros de los demás metales, como CuCl_2 , ZnCl_2 , CoCl_2 , PbCl_2 etc., de la mezcla de producto, y ello en particular mediante separación por gravedad o bien dispersión de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro(III), con la correspondiente transformación de los cloruros solubles en una solución acuosa con posterior separación de la solución, por ejemplo mediante filtración.

Lo que además respecta al cloruro de hierro(III) que particularmente está presenta en estado gaseoso y fue obtenido mediante sublimación, puede procederse según el procedimiento inventivo sobre la base de dos diferentes variantes o bien realizaciones, tal como se representa en la figura 2: por una parte, se puede desublimar el cloruro de hierro(III) particularmente gaseoso a cloruro de hierro(III) sólido para la obtención del correspondiente producto final. Por otra parte, se someter al cloruro de hierro(III) particularmente gaseoso a una reducción, en particular a 600°C , donde como agente de reducción puede usarse por ejemplo hidrógeno. La reducción puede desarrollarse en particular según la siguiente ecuación de reacción química: $2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{Fe} + 6 \text{HCl}$. De esta manera se obtiene hierro metálico. En el marco de la presente invención también es posible que ambas realizaciones antes mencionadas se realicen al mismo tiempo o en paralelo, por ejemplo, mediante correspondientes tratamientos de los corrientes parciales de cloruro de hierro.

La Fig. 2 muestra además que el cloruro de hidrógeno producido durante la reducción de cloruro de hierro(III) es extraído, pudiendo usarlo para el reciclado del agente de cloración antes mencionado.

En lo que por lo demás respecta a la mezcla de producto de la que se eliminó los cloruros de los metales antes mencionados, puede de la misma manera llevarse a cabo una separación del metal noble, en particular de oro y/o plata, tal como se representó en la figura 2: así pueden convertirse por ejemplo los metales nobles, como oro y/o plata, en particular mediante la reacción de complejización en una solución o bien una suspensión, en particular una solución o suspensión acuosa, por ejemplo mediante el uso de una correspondiente lejía de cianuro. La reacción de complejización en la que se basa la obtención en particular de metal noble [Em] soluble en agua puede desarrollarse sobre la base de la siguiente ecuación de reacción: $\text{Em} + 8 \text{NaCN} + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Na}[\text{m}(\text{CN})_2] + 4 \text{NaOH}$; Em = Au o Ag.

La Fig. 2 muestra además que los metales nobles, en particular oro y/o plata convertidos en solución o bien suspensión, pueden continuar purificándose mediante la correspondiente filtración o bien separación de los componentes sólidos para la obtención de una solución de metal noble o bien una suspensión de metal noble purificadas. De esta solución o bien suspensión se puede obtener mediante extracción o bien precipitación o bien porción el metal noble aislado, en particular oro y/o plata. En este contexto, la figura 2 muestra por ejemplo la reacción en la que se basa, mediante el uso de un agente precipitante [Fm] como cinc o aluminio:



Por lo demás en lo que respecta a la mezcla de producto restante, esta contiene en particular sulfato de calcio, así como dióxido de silicio, donde dióxido de silicio puede convertirse mediante una reacción correspondiente, por ejemplo, mediante el uso de carbono como agente de reacción, en silicio, como también se representa en la figura 2.

Además, la presente invención se refiere -según otro aspecto de la presente invención- a la planta de recuperación según la invención para la recuperación de hierro metálico y/o cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible en particular de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, en particular a una planta de recuperación para la realización del procedimiento como se definió previamente, donde la planta de recuperación comprende:

- 5 a) al menos un dispositivo de provisión y/o tratamiento para la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o residuo de un mineral metalífero, donde el material de partida hierro contiene como componente principal, al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;
- b) al menos un dispositivo de oxidación y/o tostado para el tratamiento de oxidación, en particular calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto para la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales como productos de oxidación en la mezcla de producto resultante;
- 10 c) al menos un dispositivo de cloración para la cloración de los productos de oxidación, en particular de óxidos, en la mezcla de producto y para el uso de al menos un agente de cloración reciclable para la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales para la obtención de cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III), y de cloruros de los demás metales en la mezcla de producto, donde la cloración se realiza como reacción de fase sólida mediante el uso de cloruro de amonio (NH₄Cl) como medio de cloración, donde el dispositivo de cloración presenta al menos un sistema de alimentación para el suministro del agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH₄Cl) y donde el cloruro de amonio se recicla mediante la recuperación y/o separación del amoníaco (NH₃) resultante en la cloración de los productos de oxidación del agente de cloración y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl);
- 15 d) al menos un dispositivo de separación para la separación selectiva de cloruro de hierro, preferentemente de cloruro de hierro(III), a partir de la mezcla de producto, donde el dispositivo de separación se conformó como dispositivo de sublimación,
- 20 donde la planta de recuperación presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación al menos un dispositivo de desublimación para recibir y desublimar de en particular cloruro de hierro sublimado y/o para la obtención en particular de cloruro de hierro sólido y/o purificado, en particular donde el dispositivo de desublimación está conectado con el dispositivo de separación, o
- 25 donde la planta de recuperación presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación al menos un dispositivo de reducción para reducir en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃), y para la obtención de hierro metálico y/o para la obtención de cloruro de hidrógeno (HCl), en particular donde el dispositivo de reducción está conectado con el dispositivo de separación;
- 30 donde los dispositivos antes mencionados, a saber, el dispositivo de provisión y/o tratamiento, los dispositivos de oxidación y/o tostado, el dispositivo de cloración y el dispositivo de separación, están dispuestos mutuamente en el orden indicado corriente abajo en la dirección del proceso y donde los demás dispositivos mencionados previamente, a saber, el dispositivo de desublimación, así como el dispositivo de reducción, se dispusieron como se definió antes y
- 35 donde la instalación presenta al menos una instalación de reacción y condensación para reunir y/o poner en contacto y para la reacción de amoníaco, por una parte, y cloruro de hidrógeno por la otra, para la obtención de cloruro de amonio reciclado.
- 40 La planta de recuperación según la invención es especialmente adecuada para el uso del procedimiento descrito anteriormente en el marco de la invención. En particular, la planta de recuperación según la invención permite, por una parte, una purificación o separación eficiente e integral de los componentes metálicos del material de partida empleado, donde en este contexto pueden obtenerse en particular hierro, tanto en forma metálica como material en bruto para el uso ulterior, en particular a nivel industrial, así como en forma de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III). Además, sobre la base de la planta de recuperación según la invención pueden obtenerse metales nobles en forma de oro y plata. Por lo demás, la planta de recuperación según la invención posibilita el reciclado del agente de cloración previsto en particular en el procedimiento según la invención, que conlleva las ventajas económicas y ambientes respectivas.
- 45 En el marco de la presente invención puede haberse previsto asimismo que la planta de recuperación según la invención presenta al menos un dispositivo de desublimación y al menos un dispositivo de reducción, como se ha descrito precedentemente en cada caso, en particular en tanto ha de realizarse una recuperación simultánea o paralela tanto de cloruro de hierro como también de hierro metálico, en particular sobre la base del tratamiento de los correspondientes corrientes parciales de cloruro de hierro, en particular, sublimado.
- 50 Para realizaciones adicionales al respecto de la planta de recuperación según la invención se puede hacer referencia a las subreivindicaciones de la planta de recuperación según la invención y a las correspondientes representaciones de las figuras.
- 55 La presente invención se especificará ahora en mayor detalle en vista de la planta de recuperación según la invención por medio de ejemplos de realización más preferibles o bien los dibujos que representan realizaciones o las representaciones de figuras. En relación con la explicación de estos ejemplos de realización más preferibles de la presente invención, los que empero de ninguna manera limitan al procedimiento según la invención, también se

indican ventajas, propiedades, aspectos y características ulteriores de la presente invención.

En las representaciones ulteriores de las figuras se muestra:

5 Fig. 3 una representación esquemática o bien sinopsis de la planta de recuperación según la invención A para la obtención de materia prima de minerales metalíferos o bien de residuos de minerales metalíferos, a saber, para la recuperación de metales a partir de residuos de pirita, más preferible de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico;

Fig. 4 otra representación esquemática o bien sinopsis de la planta de recuperación según la invención A según otra realización de la invención.

10 Las Fig. 3 y Fig. 4 por lo tanto esquematizan realizaciones más preferibles de la planta de recuperación según la invención A, como se define ulteriormente a continuación:

15 En particular, las Fig. 3 y Fig. 4 muestran la planta de recuperación según la invención A para la recuperación de hierro metálico y/o de cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible en particular de pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, en particular la planta de recuperación A para llevar a cabo el procedimiento según la invención definido previamente, donde la planta de recuperación A comprende:

20 a) al menos un dispositivo de provisión y/o tratamiento 1 para la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o un residuo de un mineral metalífero, preferentemente al menos de una pirita tostada formada durante la producción de ácido sulfúrico, donde el material de partida contiene hierro como componente principal, así como al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;

b) al menos un dispositivo de oxidación y/o tostado 2 para el tratamiento de oxidación, en particular la calcinación y/o el tostado oxidativo, del material de partida provisto para la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales como productos de oxidación en la mezcla de producto resultante;

25 c) al menos un dispositivo de cloración 3 para la cloración de los productos de oxidación, en particular de óxidos, en la mezcla de producto y para el uso de al menos un agente de cloración reciclable para la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales para la obtención de cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III), y de cloruros de los demás metales en la mezcla de producto,

30 donde la cloración se realiza como reacción de fase sólida mediante el uso de cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, donde el dispositivo de cloración 3 presenta al menos un sistema de alimentación 8 para el suministro del agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) y donde el cloruro de amonio se recicla mediante la recuperación y/o separación del amoníaco (NH_3) resultante durante la cloración de los productos de oxidación a partir del agente de cloración y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl);

35 d) al menos un dispositivo de separación 4 para la separación y/o aislamiento selectivo de cloruro de hierro, preferentemente de cloruro de hierro(III), a partir de la mezcla de producto, donde el dispositivo de separación 4 está conformado como dispositivo de sublimación,

40 donde la planta de recuperación A presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación 4 al menos un dispositivo de desublimación 14 para recibir y desublimar en particular cloruro de hierro sublimado y/o para la obtención en particular de cloruro de hierro sólido y/o purificado, en particular donde el dispositivo de desublimación 14 está conectado con el dispositivo de separación 4 (esto último en particular para la captación de cloruro de hierro en particular gaseoso, del dispositivo de separación 4), o

45 donde la planta de recuperación A presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación 4 al menos un dispositivo de reducción 15 para reducir en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), y para la obtención de hierro metálico y/o para la obtención de cloruro de hidrógeno (HCl), en particular donde el dispositivo de reducción 15 está conectado con el dispositivo de separación 4 (esto último en particular para la captación de cloruro de hierro en particular gaseoso, del dispositivo de separación 4);

50 donde los dispositivos antes mencionados 1, 2, 3, 4 están dispuestos mutuamente en el orden indicado en dirección del proceso corriente abajo y donde los dispositivos antes mencionados 14, 15 se dispusieron como se definió antes y donde la planta A presenta al menos una instalación de reacción y condensación 10 para reunir y/o poner en contacto y para la reacción de amoníaco, por un parte, y cloruro de hidrógeno, por la otra, para la obtención de cloruro de amonio reciclado.

El dispositivo de cloración 3 puede haberse seleccionado según la invención del grupo de hornos tubulares giratorios y hornos de tambor.

Como puede observarse en la Fig. 4, el dispositivo de cloración 3 presenta al menos un sistema de alimentación 8 para el suministro de un agente de cloración, en particular cloruro de amonio (NH_4Cl). Además, el dispositivo de cloración 3 puede presentar al menos un sistema de salida y/o evacuación 9, en particular para la recuperación y/o separación de los productos de reacción resultantes en la cloración de los productos de oxidación a partir del agente de cloración, en particular de amoníaco (NH_3) preferentemente gaseoso.

Por lo demás, también puede observarse en la Fig. 3 y Fig. 4 que la planta de recuperación A presenta al menos una instalación de reacción y condensación 10. El dispositivo de reacción y condensación cumple la función de combinar o poner en contacto y para la reacción de amoníaco (NH_3) en particular gaseoso, por una parte y cloruro de hidrógeno (HCl) por la otra para la obtención de cloruro de amonio reciclado (NH_4Cl).

El dispositivo de reacción y condensación 10 puede en particular estar conectado con el dispositivo de cloración 3, y ello en particular en tanto que, preferentemente independiente uno de otro, se puede conducir amoníaco gaseoso desde el dispositivo de cloración 3 al dispositivo de reacción y condensación 10 y cloruro de amonio reciclado desde el dispositivo de reacción y condensación 10 al dispositivo de cloración 3. Además, el dispositivo de reducción 15 puede estar conectado con el dispositivo de reacción y condensación 10, en particular para la entrega de un compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl), desde el dispositivo de reducción 15 al dispositivo de reacción y condensación 10.

La planta de recuperación A según la invención por lo tanto debido a la particularidad del equipamiento para el uso deliberado de un dispositivo de reacción y condensación 10, permite el reciclado del agente de cloración, y ello en particular de cloruro de amonio.

En general, el dispositivo de reacción y condensación 10, tal como se esquematizó en la figura 3, puede absorber un compuesto de cloro inorgánico resultante en relación con la reducción de cloruro de hierro eliminado de la mezcla de producto en el dispositivo de separación 4, el que se usa para el reciclado del agente de cloración.

En lo que respecta especialmente al dispositivo de reacción y condensación 10, se puede haber previsto según la invención que, tal como se representó en la figura 4, este presenta un sistema de alimentación 11 para el suministro y/o captación de amoníaco (NH_3) en particular gaseoso o bien al menos otro sistema de alimentación adicional 12 para el suministro y/o captación de al menos preferentemente un compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl), y/o al menos un sistema de salida y/o evacuación 13, en particular para la recuperación y/o separación del agente de cloración reciclado, en particular cloruro de amonio (NH_4Cl). Allí es ventajoso según la invención, cuando el sistema de alimentación 11 está conectado con el sistema de salida y/o evacuación 9 del dispositivo de cloración 3. De la misma manera es ventajoso cuando el sistema de salida y/o evacuación 13 está conectado con el sistema de alimentación 8 del dispositivo de cloración 3. De ese modo se posibilita un transporte eficiente y selectivo de sustancia de los eductos o bien los productos relevantes en vista del agente de cloración.

Por lo demás, la figura 4 muestra que la planta de recuperación A también presenta al menos un dispositivo de desublimación 14, en particular para recibir y desublimar en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), o bien para la obtención de cloruro de hierro, en particular sólido o purificado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3). El dispositivo de desublimación 14 en ese caso está conectado con el dispositivo de separación 4, y ello en particular con el sistema 25 del dispositivo de separación 4 para la extracción o bien salida de, en particular cloruro de hierro gaseoso, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3). En este contexto, el dispositivo de desublimación 14 debería presentar al menos un sistema de alimentación 19, y ello en particular para la captación de, en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), preferentemente desde el dispositivo de separación 4.

El dispositivo de desublimación puede haberse conformado por ejemplo como dispositivo de enfriamiento y/o condensación.

La Fig. 4 muestra además que la planta A según la invención presenta asimismo al menos un dispositivo de reducción 15, en particular para reducir, en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), y para obtener hierro metálico. En tal sentido el dispositivo de reducción 15 está conectado con el dispositivo de separación 4. Además, el dispositivo de reducción 15 debería presentar al menos un sistema de alimentación 16, en particular para la captación de en particular cloruro de hierro sublimado, en particular de cloruro de hierro(III) (FeCl_3), preferentemente del dispositivo de separación 4.

En particular, el dispositivo de reducción 15, tal como se mencionó previamente, puede estar conectado con el dispositivo de separación 4, en particular para la captación de cloruro de hierro. Preferiblemente, el dispositivo de reducción 15 allí está conectado mediante el sistema de alimentación 16 con el sistema 25 para la extracción o bien salida de en particular cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3).

En lo que respecta además al dispositivo de reducción 15, este puede presentar al menos otro sistema de alimentación adicional 17 para el suministro y/o la captación de un agente de reducción, en particular de hidrógeno o gas natural (en particular metano).

En particular, el dispositivo de reducción 15 además puede estar conectado con el dispositivo de reacción y

- condensación 10, en particular para la entrega de un compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno formado durante la reducción de cloruro de hierro, y la captación en el dispositivo de reacción y condensación. En este contexto el dispositivo de reducción 15 presenta al menos un dispositivo de salida y/o evacuación 18, en particular para la recuperación y/o separación de al menos un compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl) que se forma durante en la reducción de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), y/o para la entrega de al menos un compuesto de cloro inorgánico, en particular cloruro de hidrógeno (HCl) que se forma durante la reducción de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III). En particular, el sistema de extracción 18 debe estar conectado con el sistema de alimentación 12 del dispositivo de reacción o bien de condensación 10.
- 5 De esta manera, el compuesto de cloro inorgánico requerido en vista al reciclado del agente de cloración puede proveerse por sí mismo mediante la reducción de cloruro de hierro a través del desarrollo del procedimiento en el que se basa la planta de recuperación, y luego convertirlo, donde la planta de recuperación A según la invención pone a disposición las correspondientes condiciones constructivas, tal como se mencionó previamente.
- 10 Como se indica en detalle en la Fig. 4, el dispositivo de provisión y/o tratamiento 1 además y, en particular en vista de la provisión del material de partida, puede comprender al menos un sistema de trituración 6, en particular para la trituración y/u homogeneización del material de partida, o bien al menos una instalación de secado 7, en particular para el secado del material de partida. De acuerdo con una realización más preferible según la invención, en ese caso la instalación de secado 7 puede haberse dispuesto corriente abajo en la dirección del proceso respecto del sistema de trituración 6.
- 15 En lo que respecta además a la planta de recuperación A de la invención, el dispositivo de oxidación o bien tostado 2 se puede haber seleccionado del grupo de hornos tubulares giratorios, hornos de tambor, hornos de lecho fluidizado y reactores de flujo continuo. En particular, los dispositivos de oxidación y/o tostado 2 pueden presentar al menos un sistema para el suministro de al menos un oxidante, en particular aire y/o oxígeno.
- 20 En lo que respecta además a la planta de recuperación A de la invención, el dispositivo de separación 4 se conformó como dispositivo de sublimación. En particular, el dispositivo de separación 4 puede ser un horno tubular giratorio, un horno de lecho fluidizado y/o un horno de tambor. El dispositivo de separación del mismo modo debería presentar al menos un sistema 25 para la extracción o bien salida de cloruro de hierro en particular gaseoso, en particular de cloruro de hierro(III).
- 25 La Fig. 4 muestra además una realización de la invención según la cual el dispositivo de cloración 3 y el dispositivo de separación 4 pueden estar combinados en un dispositivo conjunto 24.
- 30 En este contexto, el dispositivo conjunto 24 puede estar conformado como un horno tubular giratorio conjunto, en particular con al menos dos, preferentemente dos áreas de temperatura. En particular, la primera área de temperatura o bien la primera zona de temperatura puede presentar la temperatura necesaria para la cloración de los componentes metálicos y la cloración de los componentes metálicos en el material puede producirse con los productos de oxidación previamente obtenidos, mediante adición del agente de cloración, donde la mezcla de producto así resultante puede convertirse con los componentes metálicos clorados a continuación en la segunda área de temperatura o bien en la segunda zona de temperatura, donde la segunda área de temperatura o bien la segunda zona de temperatura presentan las temperaturas requeridas para la sublimación en particular de cloruro de hierro(III). El dispositivo conjunto 24 en este contexto debería disponer de los correspondientes sistemas para el suministro del agente de cloración, así como para la entrega de los productos de reacción resultantes durante la cloración a partir del agente de cloración, en particular amoníaco (NH₃), así como al menos un sistema ulterior 25 para la extracción o bien la salida de en particular cloruro de hierro gaseoso, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃), tal como resulta de la sublimación.
- 35 La Fig. 4 muestra otra realización de la planta A según la invención, según la cual la planta A presenta además al menos un dispositivo de separación por gravedad o de dispersión 20, en particular para la separación y/o aislamiento de cloruro de cobre, en particular cloruro de cobre(II) (CuCl₂), y/o de cloruro de cinc, en particular cloruro de cinc(II) (ZnCl₂), y/o de cloruro de plomo, en particular cloruro de plomo(II) (PbCl₂), y/o de cloruro de cobalto, en particular cloruro de cobalto(II) (CoCl₂), de la mezcla de la que se eliminó cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃).
- 40 En este contexto, el dispositivo de separación por gravedad o de dispersión 20 debería estar dispuesto corriente abajo en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación 4 o bien en corriente arriba en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación o bien de filtración 5. El dispositivo de separación por gravedad o de dispersión 20 se usa en particular para separar por gravedad o bien dispersar la mezcla de producto de la que se eliminó cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl₃), donde los cloruros antes mencionados de los demás metales se convierten en una solución o bien en una suspensión. A este respecto, el dispositivo de separación por gravedad o de dispersión 20 del mismo modo presenta al menos un sistema 26 para la captación de un agente de dispersión o de solución y/o de suspensión por medio de, en particular agua, que se usa tanto para la separación por gravedad de la mezcla de productos como también para la conversión de los cloruros en cuestión de los demás metales en una solución o bien suspensión. Además, el dispositivo de separación por gravedad o de
- 45
- 50
- 55

dispersión 20 debe presentar al menos un sistema de extracción 27 para la extracción de la solución o la suspensión preferentemente acuosa de los cloruros de los demás metales.

5 En particular, el dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión 20 puede ser un recipiente agitador o bien un reactor de agitación o bien un dispositivo contracorriente, preferentemente con en cada caso al menos un sistema de extracción 27. El sistema de extracción se usa en particular para la extracción de la solución o suspensión preferentemente acuosa, de los cloruros de los demás metales separados de la mezcla de producto.

10 La Fig. 4 además muestra según una realización de la invención, según la cual la planta A presenta además al menos un dispositivo de adición y/o suministro 21, preferentemente con un sistema de adición 22, en particular para la adición de al menos un componente de complejización para la conversión del metal noble, en particular oro y/o plata, en una solución y/o suspensión, preferentemente una solución. En este contexto el componente de complejización puede estar seleccionado del grupo de lejía de cianuro, solución de yodo/bromo y solución de tiosulfato.

15 En lo que respecta al dispositivo de adición 21, este debería estar dispuesto corriente abajo en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación 4, en particular corriente abajo en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión 20, y/o corriente arriba en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación y/o filtrado 5. El dispositivo de adición o bien de suministro 21 se usa en particular para la captación de cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), así como de la mezcla de productos de la que se eliminó los cloruros de los demás metales.

20 En el dispositivo de adición o bien de suministro 21 mediante la adición del componente que se definió previamente se convierte en una solución o bien suspensión el metal noble, en particular oro y/o plata presente en la mezcla de producto, donde para ello se usa en particular agua como agente de disolución o suspensión. En tal sentido el dispositivo de adición o bien de suministro 21 dado el caso puede presentar del mismo modo al menos un sistema para la captación del agente de disolución o bien suspensión, en particular agua.

25 El dispositivo de adición o bien de suministro 21, por lo tanto, se usa en particular para la adición y/o para la puesta en contacto de la mezcla de producto, en particular separada por gravedad o bien dispersada, de la que se eliminó cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III), así como los cloruros de los demás metales del componente para la conversión del metal noble en una solución y/o una dispersión.

El dispositivo de adición o bien de suministro 21, por ejemplo, puede ser un recipiente de agitación o similar.

30 Por lo demás, la planta según la invención A puede presentar asimismo al menos un dispositivo de extracción 23, en particular para la separación y/o obtención del metal noble, en particular oro y/o plata, a partir de la solución y/o suspensión. En este contexto, el sistema de extracción puede ser un dispositivo de precipitación y/o sorción, en particular de adsorción.

En particular, el sistema de extracción 23 puede estar dispuesto corriente abajo en la dirección del proceso respecto del dispositivo de separación y/o filtrado 5.

35 El sistema de extracción 23, por ejemplo, puede estar conformado de manera tal que este presenta al menos un sistema 28 para la captación de un agente precipitante, como en particular cinc o aluminio en partículas. El oro separado por precipitación de esta manera, puede separarse y aislarse por medio de los correspondientes dispositivos de filtrado o dispositivos de sedimentación.

40 En el marco de la separación del metal noble en general también pueden usarse dispositivos de agitación, dispositivos de espesado, así como dispositivos de filtración, por ejemplo, sobre la base de filtros de tambor, en particular, filtros de tambor al vacío.

45 Los dispositivos o bien sistemas respectivos de la planta de recuperación A según la invención pueden estar conectadas entre sí para asegurar los procesos de transporte de sustancia o de material requeridos, a través de sistemas de transporte conocidos por el especialista, por ejemplo, sobre la base de sistemas de transporte y/o de cinta transportadora para el transporte de material disponible en fase sólida y/o sistemas de conductos tubulares para el transporte de sustancias en fase gaseosa.

50 Además, la planta de recuperación según la invención dado el caso puede presentar al menos un dispositivo adicional para el tratamiento posterior de la mezcla de producto restante, en particular sólida, después de la eliminación del metal noble, en particular oro y/o plata. En particular la planta de la invención puede presentar al menos un dispositivo para la separación de dióxido de silicio y/o al menos un dispositivo para la reducción de dióxido de silicio para la obtención de silicio elemental.

55 En resumen, en el marco de la presente invención se provee con la planta de recuperación A inventiva un sistema eficiente para el tratamiento de, en particular, residuos de pirita, como pirita tostada, que permite la separación selectiva o bien el aislamiento de diferentes materias primas de relevancia económica-industrial. En particular, la planta de recuperación A de la invención permite una realización eficiente del procedimiento inventivo, en particular

en vistas al reciclado del agente de cloración con un uso de menor cantidad de productos químicos y menor consumo de energía.

En particular, la presente invención también se refiere a una planta de recuperación A, preferentemente como se definió previamente, para la recuperación de hierro metálico y/o de cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible en particular de pirita tostada que se forma durante preparación de ácido sulfúrico, en particular, una planta de recuperación A para llevar a cabo el procedimiento inventivo tal como se definió previamente, en el que la planta de recuperación A comprende:

a) al menos un dispositivo de provisión y/o tratamiento 1 para la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o un residuo de un mineral metalífero, preferentemente al menos una pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, en particular en el que el material de partida contiene hierro como componente principal, al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;

b) al menos un dispositivo de oxidación y/o tostado 2 para el tratamiento de oxidación, en particular de calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto para la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales como productos de oxidación en la mezcla de producto resultante;

c) al menos un dispositivo de cloración 3 para la cloración de los productos de oxidación, en particular de óxidos, en la mezcla de producto y para el uso de al menos un agente de cloración reciclable para la cloración de hierro y de los demás metales para la obtención de cloruro de hierro, preferentemente cloruro de hierro(III), y de cloruros de los demás metales en la mezcla de producto, donde la cloración se realiza como reacción de fase sólida mediante el uso de cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, donde el dispositivo de cloración presenta al menos un sistema de alimentación para el suministro del agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) y donde el cloruro de amonio se recicla mediante la recuperación y/o separación del amoníaco (NH_3) resultante en la cloración de los productos de oxidación del agente de cloración y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl),

donde la planta de recuperación A presenta al menos una instalación de reacción y condensación 10 para reunir y/o poner en contacto y para la reacción de, por una parte, en particular amoníaco (NH_3) gaseoso y, por otra parte, preferentemente al menos un compuesto de cloro inorgánico en forma de cloruro de hidrógeno (HCl) para la obtención de agente de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl), en particular, donde el dispositivo de reacción y condensación 10 está conectado con el dispositivo de cloración 3 (esto último en particular para la captación de amoníaco (NH_3) a partir del dispositivo de cloración 3 y en particular para la entrega del agente de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio en el dispositivo de cloración 3);

d) al menos un dispositivo de separación 4 para la separación selectiva de cloruro de hierro, preferentemente de cloruro de hierro(III), a partir de la mezcla de producto, donde el dispositivo de separación 4 se conformó como dispositivo de sublimación,

donde la planta de recuperación A presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación 4 al menos un dispositivo de desublimación 14 para recibir y desublimar de en particular cloruro de hierro sublimado y/o para la obtención de, en particular, cloruro de hierro sólido y/o purificado, en particular donde el dispositivo de desublimación 14 está conectado con el dispositivo de separación 4 (esto último en particular para la captación de cloruro de hierro en particular gaseoso a partir del dispositivo de separación 4), o

donde la planta de recuperación A presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación 4 al menos un dispositivo de reducción 15 para reducir, en particular, cloruro de hierro sublimado, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3), y para la obtención de hierro metálico y/o para la obtención de cloruro de hidrógeno (HCl), en particular donde el dispositivo de reducción 15 está conectado con el dispositivo de separación 4 (esto último en particular para la captación de, en particular, cloruro de hierro gaseoso a partir del dispositivo de separación 4) y/o en particular donde el dispositivo de reducción 15 está conectado con el dispositivo de reacción y condensación 10 (esto último en particular para la entrega de al menos un compuesto de cloro inorgánico en el dispositivo de reacción y condensación 10);

e) dado el caso al menos un dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión 20, en particular para la posterior separación y/o aislamiento de cloruros de los demás metales, en particular de cloruro de cobre, en particular, cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o de cloruro de cinc, en particular cloruro de cinc(II) (ZnCl_2), y/o de cloruro de plomo, en particular cloruro de plomo(II) (PbCl_2), y/o de cloruro de cobalto, en particular cloruro de cobalto(II) (CoCl_2), de la mezcla de producto de la que se eliminó cloruro de hierro, en particular cloruro de hierro(III) (FeCl_3);

donde los dispositivos antes mencionados 1, 2, 3, 4, 20 están dispuestos entre sí en el orden indicado corriente abajo en la dirección del proceso y donde los dispositivos antes mencionados 10, 14, 15 se dispusieron como se definió antes.

Finalmente, la presente invención se refiere -según otro aspecto de la presente invención- el uso de una planta de

recuperación A, como se definió previamente, en un procedimiento para la recuperación de hierro metálico y/o cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, más preferible de la pirita tostada que se forma durante la producción de ácido sulfúrico, como se definió previamente.

- 5 Otras conformaciones, cambios, variantes, modificaciones, particularidades y ventajas de la presente invención son perfectamente obvias y realizables para el especialista al leer la descripción, sin por ello apartarse del marco de la presente invención.

La presente invención se ilustra mediante el siguiente ejemplo de realización, aunque no constituye limitación alguna de esta invención.

10 **EJEMPLO DE REALIZACIÓN**

Realización del procedimiento según la invención según una realización más preferible de la presente invención:

El procedimiento según la invención puede llevarse a cabo conforme una realización especial de esta invención tal se describe a continuación:

1. Puesta a disposición del material en bruto:

- 15 Como material en bruto se usa un residuo de pirita en forma de pirita tostada que proviene de la producción de ácido sulfúrico, en una cantidad de 1.000 kg. El material en bruto empleado en primer lugar se somete a un secado a 120°C. Una muestra del material en bruto se analiza mediante un espectrómetro de masa con plasma acoplado inductivamente (ICP; ELAN modelo DRC) respecto de su composición elemental. El material de partida contiene los siguientes componentes elementales en los que las proporciones de masa se refieren al elemento respectivo:

Elemento	Proporción de masa
Fe	52 % en peso
Au	2 g/t
Ag	10 g/t
Cu	0,2 % en peso
Zn	0,4 % en peso
Pb	0,04 % en peso
Co	0,01 % en peso
Si	7 % en peso
Ca	4,4 % en peso

- 20 Un posterior análisis del material de partida empleado demuestra que el 65 % del hierro está presente en forma de óxido de hierro(II, III) (Fe_3O_4) así como el 35 % del hierro en forma de óxido de hierro(II) (Fe_2O_3). Además, el silicio está presente en forma de óxido de silicio, así como el calcio en forma de sulfato de calcio. Los demás metales, con excepción del oro, están presentes en forma de sus óxidos.

- 25 El material de partida obtenido por secado se continúa procesando tal como se indica a continuación.

2. Tratamiento de oxidación del material de partida:

A continuación, el material de partida secado se somete a un tratamiento de oxidación o bien a una calcinación (tostado oxidativo). Para ello, el material de partida se calienta a una temperatura de 700°C. Mediante el tostado se logra en particular una transformación del hierro a la forma trivalente con la obtención de óxido de hierro(III) (Fe_2O_3).
 30 La mezcla del producto obtenida se analiza a continuación respecto de su composición. La mezcla de producto obtenida después del tratamiento de oxidación, ahora contiene hierro, al menos esencialmente en forma de óxido de hierro(III) (Fe_2O_3). Los demás metales con excepción de oro y calcio están presentes en forma de óxidos, en particular en el nivel máximo de oxidación de los metales respectivos.

3. Cloración de hierro, así como de los demás metales:

- 35 Los productos de oxidación obtenidos previamente, en particular sobre la base de óxido de hierro(III) así como de los óxidos de los demás metales, como cobre, cinc, plomo y cobalto, así como plata, se someten a una cloración, donde

para ello se adiciona cloruro de amonio (NH_4Cl) sólido o en polvo a la mezcla de producto obtenida. La mezcla resultante se calienta a una temperatura de 300°C . Aquí se transforma óxido de hierro(III) en cloruro de hierro(III) (FeCl_3) liberando amoníaco y agua. El amoníaco gaseoso resultante se elimina o se extrae y se usa para el reciclado del agente de cloración, tal como se describe en el punto 6).

- 5 De la cloración también resultan los cloruros de los demás metales, en particular cloruro de cobre, cloruro de cinc, cloruro de plomo y cloruro de cobalto, así como dado el caso cloruro de plata (al menos parcialmente).

4. Eliminación de cloruro de hierro, así como de los cloruros de los demás metales de la mezcla de producto:

10 La mezcla de producto obtenida de la cloración se calienta para la sublimación selectiva de cloruro de hierro(III) (FeCl_3) a una temperatura de 350°C , a la que el cloruro de hierro(III) pasa a la fase gaseosa y puede ser conducido o extraído para el correspondiente tratamiento posterior. Debido a las diferentes temperaturas de sublimación de cloruro de hierro(III), los cloruros de los demás metales primero permanecen al menos esencialmente en la mezcla de producto sólida. En la mezcla de producto además permanecen los correspondientes metales nobles, así como el dióxido de silicio y el sulfato de calcio.

15 Los cloruros de los demás metales a continuación se extraen de la mezcla de producto restante mediante separación por gravedad o dispersión en agua de la mezcla de producto, donde los cloruros de los demás metales (esencialmente todos con excepción de cloruro de plata) forman soluciones en agua debido a sus buenas propiedades de solubilidad, para de esa manera separarlos o aislarlos. Los cloruros de los demás metales así aislados pueden luego separarse, por ejemplo, mediante sedimentación selectiva o precipitación sobre la base de procedimientos electroquímicos o de sorción, en particular de adsorción. En particular, de los cloruros así aislados también pueden obtenerse los metales propiamente dichos (p. ej., mediante reducción). De este modo, se separan en particular los metales cobre, cinc, cobalto y plomo, mientras que los metales nobles (oro y plata) permanecen en el residuo sólido debido a que no son solubles.

25 Un análisis realizado para la mezcla de producto restante muestra que, debido al desarrollo del procedimiento según la invención, el contenido de hierro, así como de los demás metales en la mezcla de producto restante o bien en el residuo puede reducirse más del 90 %. De ello resulta del mismo modo una concentración o bien enriquecimiento de los componentes del metal noble, en particular de oro y/o plata, en la mezcla de producto restante. Así, en relación a la mezcla de producto restante de la que se eliminó el cloruro de hierro como también los cloruros de los metales, puede determinarse un contenido de oro de aproximadamente 6 g/t y de plata de aproximadamente 30 g/t (mientras que el material de partida contiene aproximadamente 2 g/t de oro y 10 g/t de plata).

- 30 5. Procesamiento de cloruro de hierro(III) (FeCl_3):

El cloruro de hierro separado anteriormente mediante sublimación, puede desublimarse mediante enfriado según una primera variante del procedimiento según la invención para la obtención de cloruro de hierro(III) (FeCl_3) sólido. El cloruro de hierro(III) (FeCl_3) así obtenido muestra una pureza muy elevada y puede comercializarse como un correspondiente producto comercial.

35 Conforme una segunda variante del procedimiento según la invención, el cloruro de hierro(III) sublimado puede someterse a una reducción para la obtención de hierro metálico. Para ello se hace reaccionar el cloruro de hierro(III) (FeCl_3) a temperaturas de 600°C con un agente reductor en forma de hidrógeno en la fase gaseosa. Se obtiene hierro metálico, así como cloruro de hidrógeno. El cloruro de hidrógeno resultante se separa o se extrae para el reciclado del agente de cloración, tal que se describe en el punto 6).

40 El hierro obtenido en la reducción se analiza a continuación mediante un procedimiento de fluorescencia de rayos X. El hierro metálico obtenido del modo antes descrito presenta una pureza de al menos 99,9 %. Conforme esta variante de la invención, se provee por lo tanto hierro metálico de alta pureza como un correspondiente producto comercial.

6. Reciclado del agente de cloración:

45 El amoníaco gaseoso resultante y extraído de la cloración de óxido de hierro o bien de los óxidos de los demás metales (cf. explicaciones en el punto 3)) se combina con el cloruro de hidrógeno resultante y extraído de la reducción de cloruro de hierro(III) (cf. explicaciones en el punto 5)) y se hace reaccionar en la fase gaseosa, de modo que de esta manera se obtiene cloruro de amonio (NH_4Cl) reciclado que puede incorporarse nuevamente al proceso de cloración según el punto 3).

- 50 7. Recuperación de los metales nobles:

55 En lo que respecta la mezcla de producto restante disponible en forma sólida o insoluble de la que eliminó el cloruro de hierro, así como los cloruros de los demás metales, esta se somete a una posterior purificación en particular para la obtención de los metales nobles. En este sentido, a la mezcla de producto restante la que dado el caso se somete a separación por gravedad o dispersión, puede adicionarse lejía de cianuro, por lo que los metales nobles contenidos en la mezcla de producto son llevados mediante una reacción de complejización a una forma

hidrosoluble. La mezcla de producto restante se separa mediante filtración de esta solución. Los componentes de metal noble forma de oro y/o plata pueden recuperarse de la solución por medio de procedimientos de precipitación, por ejemplo, mediante el uso de polvo de cinc o similares, de modo que se obtiene oro o bien plata purificada o o bien aislado. Allí, el rendimiento de oro, respecto del material de partida, es de al menos 90 %.

5 8. Recuperación de silicio y sulfato de calcio:

La mezcla de producto restante comprende dióxido de silicio que puede someterse a una reducción para la obtención de silicio, así como sulfato de calcio, que también puede obtenerse de la misma forma.

10 Sobre la base del procedimiento según la invención pueden obtenerse además de los metales nobles oro y plata, extrapolado a 100.000 t de material en bruto en forma de pirita tostada, también aproximadamente 50.000 t de hierro metálico así como aproximadamente 30.000 t de una mezcla sobre la base de dióxido de silicio y carbonato de calcio. Con el procedimiento según la invención es posible en particular, proveer productos comerciales, tanto en forma de hierro metálico como también en forma de cloruro de hierro(III). Además, pueden proveerse productos sobre la base de los cloruros de los demás metales, como indicado previamente, o bien los metales propiamente dichos (en particular por medio de reducción). Las sustancias obtenidas se caracterizan, en particular, por una elevada pureza del material. El procedimiento según la invención permite, por lo tanto, un procesamiento integral y además selectivo de la pirita tostada. No por último debido al reciclado del agente de cloración usado según la invención, el procedimiento inventivo presenta una elevada rentabilidad general, así como también mejores propiedades ambientales.

Lista de referencias

- 20 A planta de recuperación
 - 1 dispositivo de provisión y/o tratamiento
 - 2 dispositivos de oxidación y/o tostado
 - 3 dispositivo de cloración
 - 4 dispositivo de separación
- 25 5 dispositivo de separación y/o filtrado
 - 6 sistema de trituración
 - 7 instalación de secado
 - 8 sistema de alimentación del dispositivo de cloración
 - 9 sistema de salida y/o evacuación del dispositivo de cloración
- 30 10 dispositivo de reacción y condensación
 - 11 sistema de alimentación del dispositivo de reacción y condensación
 - 12 otros sistemas de alimentación del dispositivo de reacción y condensación
 - 13 sistema de salida y/o evacuación del dispositivo de reacción y condensación
 - 14 dispositivo de desublimación
- 35 15 dispositivo de reducción
 - 16 sistema de alimentación del dispositivo de reducción
 - 17 otros sistemas de alimentación del dispositivo de reducción
 - 18 dispositivo de salida y/o evacuación del dispositivo de reducción
 - 19 sistema de alimentación del dispositivo de desublimación
- 40 20 dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión
 - 21 dispositivo de adición y/o suministro
 - 22 sistema de adición del dispositivo de adición y/o suministro
 - 23 sistema de extracción

ES 2 643 503 T3

- 24 dispositivo conjunto
- 25 sistema para el transporte de cloruro de hierro del dispositivo de separación
- 26 sistema para la captación un agente de disolución y/o suspensión del dispositivo de separación por gravedad y/o
- 5 dispersión
- 27 sistema de extracción del dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión
- 28 sistema para la captación de un agente precipitante del sistema de extracción

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la recuperación de hierro metálico y/o cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, donde el procedimiento comprende los siguientes pasos del procedimiento:
- 5 a) la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o residuo de un mineral metalífero, donde el material de partida contiene
- (i) hierro como componente principal y
- (ii) al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como
- (iii) al menos un metal adicional, seleccionado del grupo cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y
- 10 cromo;
- b) el tratamiento de oxidación, en particular calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto en el paso de procedimiento (a) mediante el uso de al menos un oxidante con la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales;
- 15 c) la cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso de procedimiento (b) mediante el uso de al menos un agente de cloración reciclable, que comprende la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales con la obtención de cloruro de hierro y cloruros de los demás metales;
- d) la separación selectiva de cloruro de hierro de la mezcla de producto obtenidas del paso de procedimiento (c) y posterior separación de cloruros de los demás metales de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de
- 20 hierro, mientras se realiza la separación selectiva de cloruro de hierro mediante sublimación del cloruro de hierro y se obtiene el cloruro de hierro propiamente dicho separado selectivamente de este modo mediante la posterior desublimación o el cloruro de hierro separado selectivamente de este modo se somete a una reducción para la obtención de hierro metálico;
- siendo que en el paso de procedimiento (c) se realiza la cloración como reacción de fase sólida y mediante el uso de
- 25 cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, donde el cloruro de amonio usado como medio de cloración en el paso de procedimiento (c) se recicla mediante la recuperación del amoníaco (NH_3) resultante del agente de cloración durante la cloración de los productos de oxidación y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl) y donde el reciclado del cloruro de amonio se realiza en un dispositivo de reacción y condensación, y donde los pasos de procedimiento antes mencionados (a) a (d) se realizan en el orden indicado precedentemente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- 30 donde se hacen reaccionar amoníaco (NH_3) y cloruro de hidrógeno (HCl) en la fase gaseosa para la obtención de cloruro de amonio (NH_4Cl); y/o
- donde se usa nuevamente el cloruro de amonio reciclado (NH_4Cl) en el paso de procedimiento (c); y/o
- donde mediante la reducción de cloruro de hierro realizada en el paso de procedimiento (d) se obtiene cloruro de
- 35 hidrógeno (HCl); y/o
- donde en el paso de procedimiento (d) en la reducción de cloruro de hierro resulta cloruro de hidrógeno (HCl), donde se combinan, por una parte, el amoníaco (NH_3) resultante en la cloración del paso de procedimiento (c) y, por la otra, el cloruro de hidrógeno (HCl) resultante en el paso de procedimiento (d) y se hacen reaccionar para la obtención del agente de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2,
- 40 donde el hierro metálico obtenido en el paso de procedimiento (d) presenta una pureza de al menos 90 % en peso, calculada como elemento y referida al hierro metálico obtenido; y
- donde el material de partida contiene hierro en forma de al menos un óxido de hierro; y
- donde el material de partida contiene oro en forma de oro metálico; y
- donde el material de partida contiene plata en forma de plata metálica y/o en forma de óxido de plata.
- 45 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,
- donde en el paso de procedimiento (a) y/o antes de llevar a cabo el paso de procedimiento (b) se realiza una trituración y/u homogeneización del material de partida, en particular, donde el material de partida se ajusta a un tamaño medio de partículas D_{50} en el intervalo de 0,1 μm a 10 cm ; y/o

- donde en el paso de procedimiento (b) se realiza el tratamiento de oxidación como reacción de fase sólida y/o donde el tratamiento de oxidación se realiza a temperaturas en el intervalo de 500°C a 1.000°C; y/o
- donde en el tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b) se transforma el hierro por completo en óxido de hierro(III); y/o
- 5 donde la mezcla de producto obtenida durante el tratamiento de oxidación en el paso de procedimiento (b), contiene óxido de hierro(III) en cantidades en el intervalo de 10 % en peso a 95 % en peso, respecto del peso en seco de la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (b).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,
- donde en el paso de procedimiento (c) la cloración se realiza a temperaturas en el intervalo de 100°C a 320°C; y/o
- 10 donde en el paso de procedimiento (d) la sublimación de cloruro de hierro de la mezcla de producto obtenida del paso de procedimiento (c) se realiza a temperaturas en el intervalo de 200°C a 400°C.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,
- donde el paso de procedimiento (c) y el paso de procedimiento (d), en particular, la separación de cloruro de hierro, se produce en forma continua en un mismo dispositivo; y/o
- 15 donde en el paso de procedimiento (d) die desublimación lleva a la obtención de cloruro de hierro sólido y/o purificado; y/o
- donde en el paso de procedimiento (d) la reducción de cloruro de hierro se produce en la fase gaseosa, en particular a temperaturas en el intervalo de 400°C a 800°C; y/o
- 20 donde la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro, obtenida en el paso de procedimiento (d) presenta un contenido de hierro de menos de 10 % en peso, calculado como elemento y referido al peso en seco de la mezcla de producto; y/o donde en el paso de procedimiento (d) se produce la posterior separación de cloruros de los demás metales de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, donde en el paso de procedimiento (d) se realiza la posterior separación de los cloruros de los demás metales de manera tal, que la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro se absorbe en una fase líquida y/o en un medio líquido.
- 25 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, donde la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d), en particular la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro y los cloruros de los demás metales, en cada caso calculado como elemento y en cada caso referido al peso en seco de la mezcla de producto, comprende:
- 30 - oro, en particular en cantidades en el intervalo de 1 g/t a 50 g/t;
- plata, en particular en cantidades en el intervalo de 2 g/t a 600 g/t.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, donde a continuación del paso de procedimiento (d) se realiza un paso de procedimiento (e), donde en el paso de procedimiento (e) se realiza una separación del metal noble de la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y/o de la que se eliminó el cloruro de hierro y los cloruros de los demás metales.
- 35 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, donde la mezcla producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y/o en el paso de procedimiento (e) contiene silicio y/o donde la mezcla de producto obtenida en el paso de procedimiento (d) y/o en el paso de procedimiento (e) contiene al menos un metal alcalino y/o alcalinotérreo.
- 40 11. Planta de recuperación (A) para la recuperación de hierro metálico y/o de cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, en particular, una planta de recuperación (A) para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, donde la planta de recuperación (A) comprende:
- 45 a) al menos un dispositivo de provisión y/o tratamiento (1) para la provisión, en particular el tratamiento, de un material de partida en forma de al menos un mineral metalífero y/o un residuo de un mineral metalífero, donde el material de partida hierro contiene como componente principal, al menos un metal noble, seleccionado de oro y/o plata, así como al menos un metal adicional, seleccionado del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;
- 50 b) al menos un dispositivo de oxidación y/o tostado (2) para el tratamiento de oxidación, en particular la calcinación y/o tostado oxidativo, del material de partida provisto para la obtención de óxido de hierro y óxidos de los demás metales como productos de oxidación en la mezcla de producto resultante;

- c) al menos un dispositivo de cloración (3) para la cloración de los productos de oxidación en la mezcla de producto y para el uso de al menos un agente de cloración reciclable para la cloración de óxido de hierro y óxidos de los demás metales para la obtención de cloruro de hierro y de cloruros de los demás metales en la mezcla de producto,
- 5 donde la cloración se realiza como reacción de fase sólida y mediante el uso de cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, donde el dispositivo de cloración (3) presenta al menos un sistema de alimentación (8) para el suministro del agente de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) y donde el cloruro de amonio se recicla mediante la recuperación del amoníaco (NH_3) resultante del agente de cloración en la cloración de los productos de oxidación y la posterior reacción del amoníaco con cloruro de hidrógeno (HCl);
- 10 d) al menos un dispositivo de separación (4) para la separación selectiva de cloruro de hierro desde la mezcla de producto, donde el dispositivo de separación (4) se conformó como dispositivo de sublimación,
- donde la planta de recuperación (A) presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación (4) al menos un dispositivo de desublimación (14) para captar y desublimar en particular cloruro de hierro sublimado y/o para la obtención de, en particular, cloruro de hierro sólido y/o purificado o
- 15 donde la planta de recuperación (A) presenta postconectado y/o corriente abajo en la dirección del proceso para el dispositivo de separación (4) al menos un dispositivo de reducción (14) para reducir, en particular, cloruro de hierro sublimado y para la obtención de hierro metálico y/o para la obtención de cloruro de hidrógeno (HCl),
- donde los dispositivos antes mencionados (1, 2, 3, 4) se dispusieron entre sí en el orden indicado corriente abajo en la dirección del proceso y donde los dispositivos antes mencionados (14, 15) se dispusieron como se definió antes y
- 20 donde la planta (A) presenta al menos una instalación de reacción y condensación (10) para poner por una parte reunir y/o poner en contacto y hacer reaccionar amoníaco y por la otra, cloruro de hidrógeno para la obtención de cloruro de amonio reciclado.
12. Planta según la reivindicación 11,
- donde el dispositivo de cloración (3) presenta al menos un sistema de salida y/o evacuación (9) para la recuperación de los productos de reacción resultantes del agente de cloración en la cloración de los productos de oxidación, en forma de amoníaco (NH_3); y/o
- 25 donde el dispositivo de reacción y condensación (10) presenta al menos un sistema de alimentación (11) para el suministro de amoníaco (NH_3) y/o al menos otro sistema de alimentación adicional (12) para el suministro y/o captación de cloruro de hidrógeno (HCl) y/o al menos un sistema de salida y/o evacuación (13) para la recuperación del agente de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl).
- 30 13. Planta según la reivindicación 11 o 12, donde el dispositivo de cloración (3) y el dispositivo de separación (4) están combinados en un dispositivo conjunto (24).
14. Planta según una de las reivindicaciones 11 a 13,
- donde la planta (A) presenta además al menos un dispositivo de separación por gravedad y/o dispersión (20), en particular para la posterior separación de cloruros de los demás metales de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro; y/o donde la planta (A) presenta además al menos un dispositivo de adición y/o suministro (21), en particular para la adición de al menos un componente de complejización para convertir el metal noble a una solución y/o suspensión, y/o donde la planta (A) presenta al menos un dispositivo de separación y/o filtrado (5), en particular para la separación del metal noble de la mezcla de producto de la que se eliminó el cloruro de hierro y dado el caso los cloruros de los demás metales; y/o
- 35 donde la planta (A) presenta además al menos un dispositivo de extracción (23), en particular para la obtención del metal noble a partir de la solución y/o suspensión.
- 40 15. Uso de una planta de recuperación, como se ha definido en las reivindicaciones 11 a 14, en un procedimiento para la recuperación de hierro metálico y/o cloruro de hierro de minerales metalíferos y/o de residuos de minerales metalíferos en forma de residuos de pirita, en particular como se ha definido en una de las reivindicaciones 1 a 10.

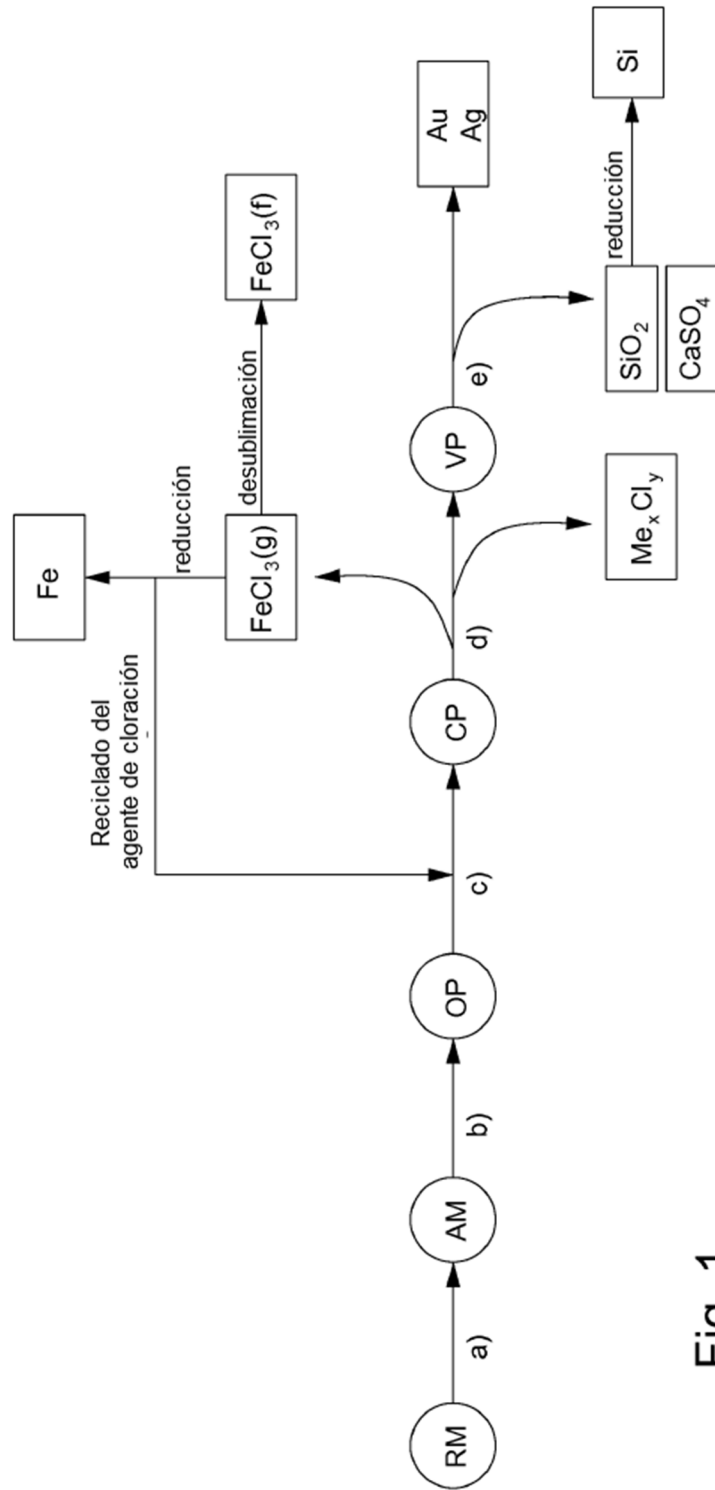
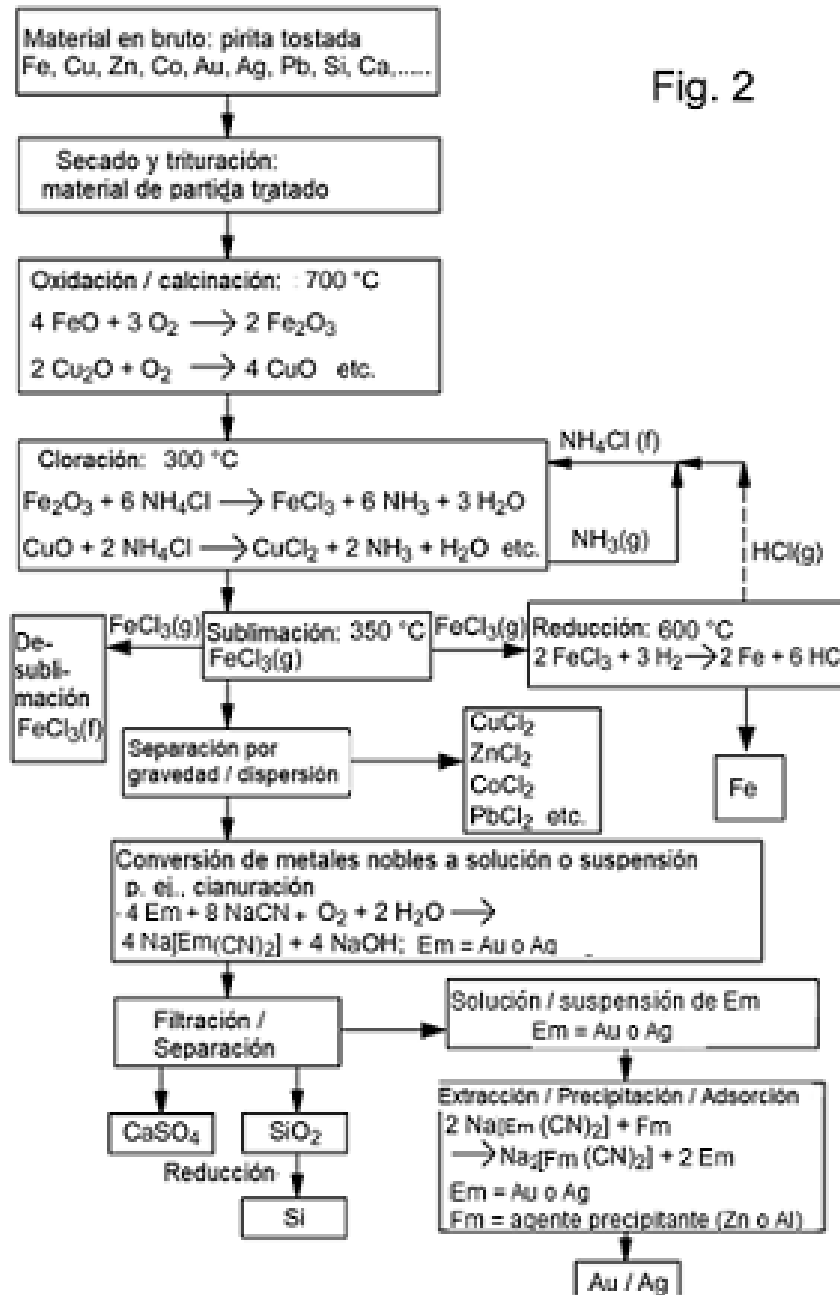


Fig. 1



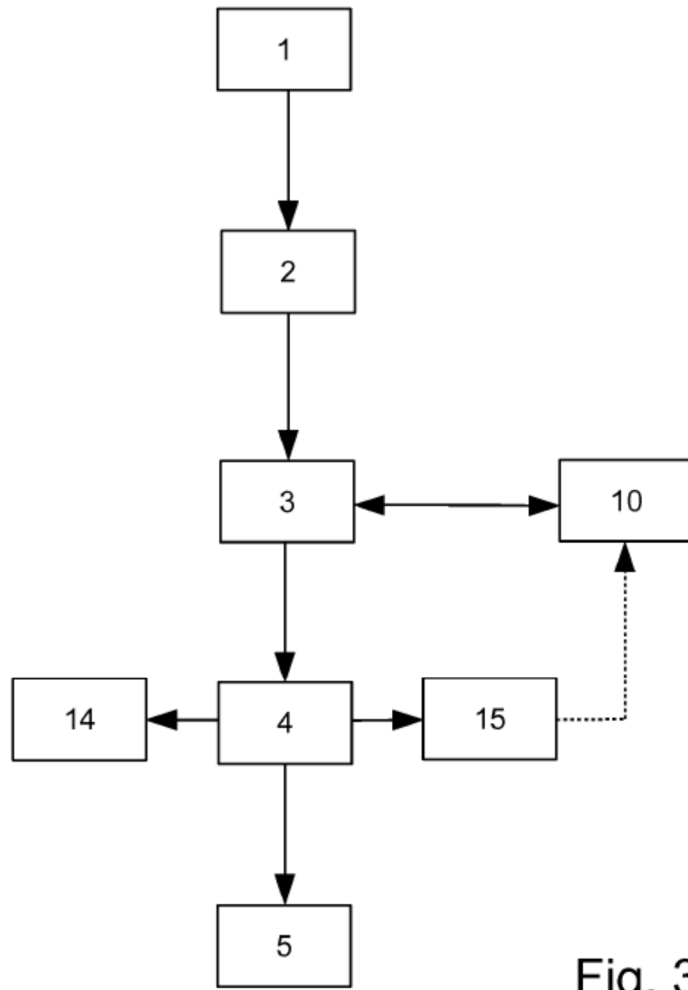


Fig. 3

Fig. 4

