

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 373**

51 Int. Cl.:

C22B 1/04 (2006.01)

C22B 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2013 PCT/EP2013/063125**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14183807**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2013 E 13732879 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2981629**

54 Título: **Procedimiento e instalación para el tratamiento de residuos de tostación de pirita**

30 Prioridad:

17.05.2013 WO PCT/EP2013/001474

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

02.11.2017

73 Titular/es:

**BLÜCHER GMBH (100.0%)
Mettmanner 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 2 640 373 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 el tratamiento de residuos de tostación de pirita

5 El presente invento se refiere al ámbito técnico de la obtención de metales, en especial de hierro y/o de metales no férricos y/o nobles a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, con preferencia de residuos de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita, en especial escoria de pirita.

El presente invento se refiere a un procedimiento para la obtención de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, a saber un procedimiento para la recuperación de metales a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales en forma de residuos de pirita, tratándose en el caso de los residuos de pirita en especial de los residuos de la tostación de pirita en la fabricación de ácido sulfúrico.

10 El presente invento se refiere, además, a una instalación correspondiente de recuperación para la recuperación de metales a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales en forma de residuos de pirita, respectivamente escorias de pirita, con preferencia residuos de tostación de pirita resultantes de la fabricación de ácido sulfúrico, pudiendo ser utilizada la instalación para la realización del procedimiento según el invento.

15 Por lo tanto, el presente invento se refiere también a la utilización de la instalación de recuperación según el invento para el procedimiento según el invento para la obtención de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales en forma de residuos de pirita.

20 De una manera general, los minerales comprenden en especial compuestos químicos de metales, tales como compuestos de hierro, por ejemplo en forma de óxidos de hierro, carbonatos de hierro y sulfuros de hierro, pudiendo estar presentes en el mineral los compuestos metálicos considerados, como ganga con rocas, que no contienen hierro.

Entre los minerales de hierro más importantes se encuentran la magnetita, la limonita, la hematita así como la siderita. Mientras que en el caso de la magnetita el hierro se halla en forma de óxido de hierro(III) (Fe_3O_4), en la hematita se encuentra el hierro principalmente como óxido de hierro(II) (Fe_2O_3). Además, el hierro se encuentra en la siderita principalmente en forma de carbonato de hierro(II) (FeCO_3).

25 Sin embargo, también se conocen minerales naturales en los que el hierro se halla principalmente en combinación con azufre. A ellos pertenece en especial la pirita, que de manera sinónima también se llama pirita de hierro, respectivamente debido a su brillo metálico y a su coloración amarilla de latón se llama oropel, respectivamente "oro de locos".

30 La pirita contiene en especial una serie de otros componentes metálicos importantes desde el punto de vista tecnológico, respectivamente económico, como por ejemplo cinc, cobre, cobalto y plomo y además otras sustancias a base de calcio y de silicio, que en general no se aprovechan por la utilización predominante de la pirita para la fabricación de ácido sulfúrico y que, por lo tanto, permanecen sin aprovechamiento en el material, respectivamente en los residuos de tostación de pirita resultantes.

35 Como se expuso más arriba, el hierro se halla en la pirita en especial en forma de sulfuro y en especial como disulfuro de hierro(I), respectivamente FeS_2 , representando en este sentido la pirita el mineral de sulfuro más difundido. A escala industrial sirve como material de partida para la fabricación, respectivamente obtención de ácido sulfúrico, siendo llamados los residuos resultantes escoria de pirita, respectivamente residuos de pirita tostadas o residuos de tostación de pirita.

40 En el marco de la fabricación de ácido sulfúrico utilizando pirita como material de partida se procede en el estado de la técnica en general de tal modo, que la pirita es sometida como mineral metálico sulfuroso a una tostación en presencia de oxígeno del aire, obteniendo a partir del sulfuro de hierro contenido en la pirita en primer lugar dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de hierro en diferentes fases de oxidación. El dióxido de azufre así obtenido se oxida en el marco de un procedimiento de contacto, respectivamente en un horno de contacto con la utilización de un catalizador, por ejemplo pentóxido de vanadio, y en presencia de oxígeno adicional para obtener trióxido de azufre (SO_3). Con la adsorción, respectivamente reacción con agua se obtiene entonces ácido sulfúrico (H_2SO_4).

45 Resumiendo, con ello se procede en la fabricación de ácido sulfúrico partiendo de pirita, en especial en forma de un proceso en cuatro escalones, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos:

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

(ii) limpieza del gas, en especial para la limpieza del dióxido de azufre contenido anteriormente;

(iii) oxidación del dióxido de azufre en trióxido de azufre (con la correspondiente ecuación química de la reacción $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$), pudiendo ser realizada la reacción utilizando un catalizador en un reactor de contacto, respectivamente de rejilla y

(iv) adsorción del trióxido de azufre con ácido sulfúrico acuoso especialmente concentrado para la obtención de ácido sulfúrico adicional, actuando el trióxido de azufre como anhídrido del ácido sulfúrico resultante (con la ecuación química de la reacción $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$).

5 El ácido sulfúrico es utilizado en general a escala industrial en cantidades muy grandes y en numerosos ámbitos químico-técnicos. Una gran parte del ácido sulfúrico producido es utilizada en la producción de abonos. Además, el ácido sulfúrico sirve como producto de partida, respectivamente intermedio para la fabricación de otros productos industriales relevantes, como catalizadores, sustancias tensoactivas, ácidos, como ácido fluorhídrico, sulfatos, productos secantes, productos auxiliares para reacciones y análogos. Debido a las numerosas posibilidades de aplicación del ácido sulfúrico es evidente, que existe una elevada demanda de él. La producción mundial de ácido sulfúrico rebasó la cantidad de 200 millones de toneladas anuales, de manera, que el ácido sulfúrico representa el producto químico más producido a escala mundial.

15 Ante este panorama también es evidente, que en el marco de la fabricación de ácido sulfúrico utilizando pirita como material de partida se generan grandes cantidades de escorias de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita. En este caso se trata en general del residuo, respectivamente desperdicio generado en la tostación de los materiales, respectivamente minerales de partida utilizados en forma de pirita. En el caso de los residuos de tostación de pirita se trata en especial de un residuo sólido, que se produce como producto de desecho en la obtención de dióxido de azufre, respectivamente ácido sulfúrico por tratamiento térmico de pirita. En general se parte de que a escala mundial se generan 20 millones de toneladas de residuos de tostación de pirita en relación con la fabricación de ácido sulfúrico.

20 Los residuos de tostación de pirita son almacenados, respectivamente depositados en el lugar de su obtención, existiendo ya, además, a escala mundial reservas muy grandes de residuos de tostación de pirita debidas a la producción de ácido sulfúrico desde finales del siglo 19. Dado que la pirita en la que se basa la producción de ácido sulfúrico es triturada respectivamente molida generalmente antes de su utilización, se obtienen los residuos de tostación de pirita resultantes generalmente en forma de un producto de grano fino y en especial relativamente homogéneo.

25 En relación con la escoria de pirita, respectivamente los residuos de tostación de pirita resultantes contienen estos grandes cantidades de hierro así como cantidades económicamente relevantes de otros metales y también metales nobles, que no se eliminan del material de partida durante la fabricación de ácido sulfúrico, de manera, que los residuos de tostación de pirita son ante este panorama materias primas valiosas para la obtención de cantidades económicamente relevantes de metales y de metales nobles.

30 Los residuos de tostación de pirita contienen en especial 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), que es en especial el responsable del color rojizo de los residuos de tostación de pirita. Además de dióxido de silicio (SiO_2) y de sulfatos, en especial en forma de sulfato cálcico (CaSO_4), poseen también los residuos de tostación de pirita cantidades significativas de los metales cinc, cobre, cobalto, titanio, manganeso, vanadio, cromo y plomo. Además, los residuos de tostación de pirita también comprenden metales nobles, en especial en forma de oro, respectivamente plata. Los residuos de tostación de pirita también poseen un elevado potencial desde el punto de vista económico de la obtención, respectivamente recuperación de metales, metales no férricos y metales nobles.

35 Ante este panorama se desarrollaron en el estado de la técnica intentos iniciales para aprovechar económicamente los residuos de tostación de pirita resultantes en la producción de ácido sulfúrico, centrandó también un foco relacionado con ello en la obtención de hierro partiendo de los residuos de tostación de pirita.

40 Así por ejemplo, los residuos remanentes en la obtención de ácido sulfúrico se utilizan en forma de residuos de tostación de pirita, respectivamente escorias de pirita en altos hornos. En relación con ello se contempla exclusivamente la obtención de hierro, de manera, que no se procede a un aprovechamiento total de las materias primas contenidas en los residuos. Además, el documento US 4 259 106 A se refiere a un procedimiento para la tostación de un material de partida, que contiene hierro, como por ejemplo residuos de tostación de pirita, que también contiene otros metales, debiendo ser sometidos los otros metales a una cloración. En relación con el reactivo de cloración se prevé principalmente cloruro cálcico. En este sentido sólo se prevé una cloración de los metales distintos del hierro, debiendo quedar el hierro como tal en el caldo fundido. El inconveniente es, además, el elevado consumo de energía ligado al procedimiento utilizado.

45 El documento GB 1 236 345 A no se refiere en especial a una recuperación de hierro. En especial, sólo debe tener lugar una cloración de los metales distintos del hierro al mismo tiempo que la tostación de los materiales de partida. Debido a los medios de cloración empleados y a la conducción elegida del procedimiento tiene lugar, además, una intensa actividad de corrosión, lo que es perjudicial en especial desde el punto de vista del aparellaje en el que se basa el procedimiento.

50 El documento EP 0 538 168 A1 no se refiere a una cloración y recuperación de hierro a partir de residuos de tostación de pirita. Este documento se refiere más bien a una optimización de la lixiviación realizada con cianuro para

la obtención de oro y de plata, no estando prevista la recuperación de hierro metálico. La conducción del procedimiento es, además, desfavorable desde el punto de vista económico.

5 El documento CN 101 067 163 A describe un procedimiento de tratamiento para pirita, no estando previstas una tostación ni una cloración. El aislamiento de diferentes componentes a partir de la materia prima también es, por ello, poco eficiente.

El documento CN 102 605 172 A se refiere a un procedimiento con tostación de pirita, estando prevista una reducción ulterior del residuo utilizando una biomasa. Con el carbono contenido en la biomasa se debe reducir el óxido de hierro(III) en hierro metálico. El hierro metálico resultante debe ser separado por medio de una separación magnética. No se prevé una recuperación amplia de otros metales.

10 El documento CN 102 502 527 A está dirigido a la utilización de sulfato de hierro como producto de partida, que con pirita y azufre elemental debe ser transformado en polvo de hierro. No se prevé una cloración en el procedimiento de recuperación. La separación selectiva de los diferentes componentes metálicos no está garantizada de una manera efectiva.

15 El documento CN 102 251 067 A está dirigido al tratamiento de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita sin cloración, debiendo ser separados los componentes metálicos por medio de procedimientos de lixiviación. En este caso es, sin embargo, un inconveniente el elevado empleo de productos químicos así como la a veces poca selectividad de la separación.

20 El documento CN 102 225 374 A se refiere a una separación magnética de hierro después de la separación de otros metales de los residuos de tostación de pirita. No se prevé una cloración de los componentes metálicos. Tampoco se prevé una separación definida y selectiva de los diferentes componentes metálicos.

El documento CN 102 121 059 A se refiere a un procedimiento de tostación para pirita. No se describe una cloración de los componentes metálicos. Además, la reducción del hierro tiene lugar utilizando carbono. Sin embargo, en este caso es un inconveniente el que a veces no se obtiene un hierro metálico altamente puro, ya que las impurezas pueden resultar del carbono utilizado para la reducción.

25 El documento CN 102 344 124 A describe la transformación de sulfato de hierro en ácido sulfúrico, hierro y óxido de hierro a través de la forma de monohidrato, utilizando pirita como material de partida. No se describe una cloración definida. Tampoco se prevén una separación y una recuperación amplias de diferentes metales.

30 El documento GB 1 350 392 A se refiere a la obtención de metales no férricos a partir de pirita una vez realizada la tostación y la cloración de los metales no férricos. No se prevé la cloración de hierro. El componente de hierro debe permanecer en forma de óxido de hierro en el residuo. Por lo tanto, no es posible una separación eficaz de todos los componentes.

35 El documento US 4 576 812 A se refiere a un procedimiento en el que el cloruro de hierro es utilizado como fuente de cloruro, debiendo obtener a partir de cloruro de hierro y utilizando oxígeno óxido de hierro(III), que se utiliza después para la obtención de hierro. No se describe una tostación del material de partida, de manera, que a veces se dispone de materiales no uniformes.

40 El documento DE 2 005 951 A se dirige a un procedimiento para la preparación de escorias de pirita para materiales utilizables en altos hornos. Las escorias de pirita deben ser pelletizadas y tostadas en un horno tubular giratorio en presencia de cloruro cálcico, con lo que el hierro debe ser oxidado por el cloruro cálcico. No se prevé una preparación, respectivamente separación adicional, respectivamente no es posible debido a la conducción especial del procedimiento.

El documento DE 637 443 A se refiere a la reducción de cloruro de hierro utilizando vapor de agua y eventualmente carbón, partiendo de materiales de partida, que contienen sulfuro de hierro, debiendo obtener azufre elemental.

45 La publicación científica según *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 escorias de pirita con el conocido procedimiento Henderson. De acuerdo con este procedimiento se trituran en primer lugar las escorias de pirita y a tratadas. La tostación tiene lugar en presencia de cloruro sódico con temperaturas continuación se someten a una tostación en presencia de cloruro sódico. A partir del residuo obtenido de esta manera tiene lugar la separación de los metales no férricos. Sin embargo, no se prevé la obtención de hierro a partir de estas escorias de pirita. La tostación tiene lugar en presencia de cloruro sódico con temperaturas superiores a 350°C y en presencia de oxígeno.

50 La publicación científica según *Pitsch H. et al., Revista de Metalurgia 6, 1970, páginas 490 a 500*, se refiere a un procedimiento para la eliminación de metales no férricos de escorias de pirita utilizando reactivos de cloración en forma de gas cloro o de cloruro cálcico. No se prevé la obtención de hierro a partir de las escorias de pirita tratadas. La cloración de las escorias de pirita tiene lugar con temperaturas altas de 1.000 a 1.200°C en una atmósfera oxidante, de manera, que el cloruro de hierro(III) eventualmente resultante se transforma inmediatamente en óxido de hierro(III), no existiendo por ello después de la cloración cloruro de hierro(III).

55

El documento US 3 758 293 A se refiere a un procedimiento para la purificación de pirita por eliminación de metales no férricos, arsénico y azufre en el que el material de pirita se mezcla con una ceniza de pirita procedente del horno de tostación y tratando la mezcla resultante en un lecho fluido, respectivamente fluidizado a una temperatura definida con una mezcla de gas cloro y oxígeno.

5 Además, el documento US 3 896 211 A se refiere a un procedimiento para la purificación de óxidos de hierro, que contengan impurezas de metales distintos del hierro, en el que los óxidos son llevados en una zona de reacción a una temperatura de 55°C a 700°C al contacto con una mezcla de vapores de un ácido halógeno en presencia de una determinada cantidad de vapor de agua, formándose compuestos halogenados de las impurezas metálicas distintas del hierro. El óxido de hierro debe permanecer como fase sólida y los compuestos halogenados deben ser extraídos de la zona de reacción por medio de un gas soporte caliente. A continuación se extrae el óxido de hierro purificado de la zona de reacción y se aprovecha.

10 El documento US 4 353 740 A se refiere a un procedimiento para la recuperación de oro a partir de mineral con contenido de oro, estando previsto para ello una molienda del mineral seguida de una tostación oxidativa y seguida de una cloración por puesta en contacto del mineral con gas cloro, siendo transformado el oro existente en el material de partida en cloruro de oro, respectivamente en un complejo de cloruro de oro/cloruro de hierro. Los compuestos gaseosos deben ser conducidos a continuación a través de una sal haloidea para la separación de oro por formación de una sal haloidea/mezcla de cloruro de oro, separando a continuación oro metálico de la sal haloidea.

15 El documento US 1 943 339 A se refiere a un procedimiento para el tratamiento de un mineral complejo, que contenga sulfuros de plata así como otros metales minerales, recubriendo en primer lugar las partículas de mineral con un óxido de metal alcalinotérreo y el material así recubierto se tuesta de tal modo, que resulta la eliminación del azufre del sulfuro de plata, formándose al mismo tiempo un sulfato de metal alcalinotérreo, que está unido a las partes que contienen plata de las partículas de mineral, lo que debe evitar la globulización de la plata o un contacto con interacción física, respectivamente química de la plata con otros componentes del mineral. A continuación se debe tratar el mineral tostado de tal manera, que la plata sea convertida en un compuesto soluble, que debe ser separado después.

20 El documento US 3 674 462 A se refiere a un procedimiento para el tratamiento metalúrgico de un material de hierro sulfídico y que contiene metales no férricos para la obtención de los cloruros de los metales no férricos en cuestión. El procedimiento comprende un paso de tostación así como un paso de eliminación de azufre. Además, debe tener lugar una transformación de los metales no férricos en la correspondiente forma de cloruro por medio del tratamiento del material tostado y desulfurado con gas cloro, respectivamente cloruro de hidrógeno, seguido de un lavado para la obtención de los correspondientes cloruros de los metales no férricos.

25 El documento US 4 259 106 A se refiere a un procedimiento para la tostación de mineral de hierro finamente triturado, respectivamente de concentrados correspondientes con fines de cloración, conteniendo también el mineral de hierro metales no férricos, para vaporizar con ello los metales no férricos como cloruros metálicos, comprendiendo el procedimiento una oxidación a temperaturas altas del material de partida para obtener un óxido fundido y la adición al óxido fundido de un reactivo de cloración y de un gas que contenga oxígeno para extraer del óxido de hierro fundido los cloruros de metales no férricos.

30 El documento US 2 045 092 A se refiere a un procedimiento para la cloración de un material mineral, debiendo agregar en primer lugar directamente un cloruro de hierro al material mineral y debiendo ser calentada la mezcla así obtenida con aire hasta una temperatura a la que se desarrollen óxido de hierro y un gas de cloración, debiendo utilizar el gas resultante para la transformación de una fracción metálica en un cloruro. El cloruro metálico resultante debe ser eliminado, respectivamente lavado del material y, además, se debe preparar un resto, que contenga óxido de hierro, debiendo ser tratado el resto con el exceso del gas de cloración utilizado en el procedimiento para la formación de cloruro de hierro. A continuación se debe eliminar del resto el cloruro de hierro para utilizarlo para la cloración de otras fracciones metálicas.

35 Por otro lado, el documento DE 945 740 C se refiere a un procedimiento para la preparación en varios escalones con cloración de minerales sulfídicos, que contiene hierro y metales no férricos. El mineral a tratar debe ser dividido, después de lo que en un primer escalón se clora una parte utilizando gas cloro para la formación de cloruro férrico y monoclóruo de azufre (cloruro de azufre). La otra parte debe ser tratada en un segundo escalón con el monoclóruo de azufre obtenido, con lo que el mineral, que contiene cloruro ferroso, obtenido en el segundo escalón es transferido al primer escalón y debe seguir siendo clorado junto con mineral todavía no tratado.

40 Los procedimientos de preparación conocidos en el estado de la técnica de minerales metálicos, en especial pirita, respectivamente de los productos de desecho generados en la preparación de estos minerales, como residuos de tostación de pirita, están ligados con frecuencia al inconveniente de que los procedimientos en los que se basan son, por un lado, costosos desde el punto de vista de la técnica del procedimiento y se realizan con la utilización de una elevada cantidad de productos químicos y que, por otro, no es posible una separación, respectivamente recuperación amplia de diferentes componentes metálicos. Igualmente, las instalaciones empleadas para los correspondientes procedimientos son a veces caras a causa de la complejidad de la conducción del procedimiento.

5 Ante este trasfondo técnico se basa por ello el presente invento en el problema de crear un procedimiento eficaz y una instalación correspondiente, respectivamente dispositivo para la recuperación de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, respectivamente para la recuperación de metales, respectivamente metales nobles así como eventualmente otros componentes en especial a partir de los residuos de tostación de pirita generados en la fabricación de ácido sulfúrico, debiendo ser evitados al menos ampliamente o al menos debilitados los inconvenientes expuestos del estado de la técnica.

10 En especial se debe ver un objetivo del presente invento en la creación de un procedimiento eficaz y de las correspondientes instalaciones, respectivamente dispositivos, debiendo ser en especial posible una recuperación amplia y selectiva de metales, respectivamente metales nobles a partir de una escoria. En especial se debe aislar de la escoria disponible con gran pureza una gran cantidad de diferentes metales así como de metales nobles así como eventualmente de otros componentes a partir de los residuos de tostación de pirita en los que se basa. En especial se deben recuperar, respectivamente aislar selectivamente y con una gran pureza una gran cantidad de diferentes metales así como metales nobles de la escoria utilizada .

15 Además, otro objetivo del presente invento es la creación de un procedimiento de gran eficacia y con un mínimo de utilización de productos químicos y/o de energía para la recuperación de metales, respectivamente metales nobles de la escoria utilizada, en especial escoria de pirita, en especial reciclando, respectivamente reutilizando los productos químicos de proceso utilizados en el marco del procedimiento de recuperación.

20 Además, de acuerdo con otro cometido del presente Invento se deben crear instalaciones, respectivamente dispositivos correspondientes, que hagan posible una conducción eficaz para la recuperación de los componentes en cuestión a partir de escorias, en especial residuos de tostación de pirita, debiendo estar también las instalaciones, respectivamente dispositivos en cuestión optimizadas al mismo tiempo desde puntos de vista económicos y ecológicos, en especial también desde el punto de vista del procedimiento en el que se basan.

25 El problema expuesto anteriormente se soluciona según el invento con el objeto de la reivindicación 1, que se refiere al procedimiento según el invento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o de residuos de minerales en forma de residuos de pirita, con preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita, que se generan en la fabricación de ácido sulfúrico. Otras configuraciones y perfeccionamientos de este aspecto del invento son objeto de la correspondiente reivindicación de procedimiento así como de las correspondientes reivindicaciones de procedimiento subordinadas.

30 Otro objeto del presente invento es la instalación según el invento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o de residuos de minerales en forma de residuos de pirita, con especial preferencia residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico como se define en la correspondiente reivindicación independiente referida a la instalación. Otras configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la instalación según el invento son objeto de las correspondientes reivindicaciones subordinadas.

35 Además, es objeto del presente invento la utilización de la instalación de recuperación para la obtención de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales de acuerdo con la correspondiente reivindicación de utilización.

Se comprende por sí mismo, que las configuraciones, las formas de ejecución, las ventajas y análogos, que en lo que sigue sólo se aducen para un aspecto del invento para evitar repeticiones, también son obviamente válidas en referencia con los demás aspectos del invento.

40 También se comprende por sí mismo, que los márgenes indicados en los siguientes datos de valores, cifras y márgenes no se deben entender como limitadores; se comprende por sí mismo, que en casos individuales o referidos a la aplicación son posibles desviaciones de los márgenes indicados, sin que se abandone el marco del presente invento.

45 Además, es válido, que todos los datos de valores, respectivamente parámetro o análogos citados en lo que sigue pueden ser determinados, respectivamente pueden ser determinados fundamentalmente con procedimientos de determinación expuestos de manera normalizada o explícita o con procedimientos de determinación familiares para el técnico.

50 En todos los datos de cantidades relativas, respectivamente porcentuales indicados en lo que sigue, en especial los datos de cantidad referidos al peso, es preciso tener, además, en cuenta, que estos datos deben ser elegidos, respectivamente combinados en el marco del presente invento de tal modo por el técnico, que en suma - eventualmente incluyendo otros componentes, respectivamente sustancias, respectivamente componentes, en especial como los definidos en lo que sigue - resulten siempre del 100%, respectivamente del 100% en peso.

Una vez adelantado esto, se describirá el invento con detalle en lo que sigue.

55 El objeto del presente invento es por ello - de acuerdo con el **primer** aspecto del presente invento - un procedimiento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o de residuos de minerales en forma de residuos de pirita,

con preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos de procedimiento:

5 (a) obtención, en especial preparación de un material de partida en forma de al menos un mineral y/o residuo de mineral, en especial al menos un residuo de pirita, con preferencia al menos un residuo de tostación de pirita procedente de la fabricación de ácido sulfúrico conteniendo el material de partida

(i) hierro como componente principal y

(ii) al menos un metal noble, elegido entre oro y/o plata así como

(iii) al menos otro metal elegido del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo, con preferencia elegido del grupo de cobre, cinc, plomo y cobalto;

10 (b) tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material, de partida obtenido en el paso (a) del procedimiento utilizando al menos un medio de oxidación, en especial aire y/o oxígeno, en especial con la obtención de óxido de hierro y de óxidos de los restantes metales;

15 (c) cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento, en especial los óxidos, utilizando al menos un medio de cloración, que comprende la cloración del óxido de hierro o de los óxidos de los otros metales con obtención de cloruro de hierro y de cloruros de los otros metales,

(d) separación del cloruro de hierro obtenido en el paso (c) del procedimiento y eventualmente de los cloruros de los restantes metales de la mezcla de productos obtenidos en el paso (c) del procedimiento;

(e) separación del metal noble, en especial de oro y/o plata de la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento.

20 realizando en el paso (c) del procedimiento la cloración como reacción en fase sólida y utilizando en el paso (c) del procedimiento un medio de cloración reciclable, reciclando el medio de cloración utilizado en el paso (c) procedimiento por recuperación y/o separación del medio de cloración de los productos de reacción resultantes del medio de cloración y reciclando la reacción siguiente de los productos de reacción con un compuesto de cloro preferentemente inorgánico, realizando el reciclado del medio de cloración en un dispositivo de reacción y de condensación y realizando en el paso (c) del procedimiento la cloración utilizando cloruro de amonio como medio de cloración,

25

teniendo lugar la cloración realizada en el paso (c) del procedimiento de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento y la separación y/o el aislamiento realizado en el paso (d) del procedimiento del cloruro de hierro en un dispositivo común, poseyendo el dispositivo común una primera sección para la realización del paso (c) del procedimiento y una segunda sección para la separación y/o el aislamiento de cloruro de hierro y

30

los pasos (a) a (e) del procedimiento ante mencionados son realizados en el orden expuesto en lo que antecede.

El procedimiento según el invento se refiere por lo tanto a la obtención definida, respectivamente selectiva de materias primas a partir de residuos de pirita, respectivamente con preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico. En el caso de los residuos de tostación de pirita se trata de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico, que en el marco de la fabricación de ácido sulfúrico se generan en especial como desecho o residuo. El procedimiento según el invento está ligado debido a ello a la ventaja principal de que a partir del material de partida - existente en grandes cantidades como desecho - es posible obtener, respectivamente aislar una gran cantidad de materias primas sobre la base de metales, respectivamente de compuestos metálicos, haciendo posible el procedimiento según el invento al mismo tiempo en relación con él una elevada selectividad desde el punto de vista de los componentes metálicos a obtener del material de partida. El procedimiento según el invento también hace en especial posible una recuperación, respectivamente depuración eficaz de los metales nobles, como oro y plata, contenidos en el material de partida.

35

40

Debido a la conducción especial del procedimiento según el presente invento es posible, además, una separación al menos esencialmente completa del material de partida, siendo igualmente posible la obtención de productos finales altamente puros a partir del material de partida, de manera, que en conjunto también se garantizan calidades, respectivamente purezas elevadas de los componentes metálicos recuperados.

45

En especial el procedimiento se centra en el aislamiento definido se halla en el aislamiento definido de hierro, que tanto especialmente en forma de cloruro de hierro puede ser obtenido como producto comercial, respectivamente industria, como en forma de hierro metálico como materia prima importante en especial para la industria metalúrgica. La separación de los componentes de hierro, que representa en general un elemento principal, respectivamente un componente principal de los residuos de tostación de pirita, respectivamente de pirita tiene lugar en este caso en la secuencia de la conducción del procedimiento, en especial antes de la separación, respectivamente recuperación de otros componentes. Por lo tanto, el componente principal es separado muy pronto, de manera, que las partes relativas de los demás componentes basados en metales, respectivamente de los componentes de metales nobles

50

se hallan correspondientemente incrementadas en la mezcla de productos liberalizada del hierro, lo que a su vez optimiza la recuperación ulterior respectivamente subsiguiente de estas materias primas, en especial desde el punto de vista de una menor utilización de productos químicos, respectivamente de energía para la separación de los restantes componentes metálicos distintos del hierro, respectivamente de los metales nobles. Esta concepción según el invento incrementa la eficiencia de la recuperación de los restantes componentes metálicos, respectivamente metales nobles.

Otra idea central del presente invento debe ser vista, además, en el hecho de que el medio de cloración utilizado en el marco de la cloración de los componentes metálicos, que como se expone en lo que sigue es cloruro de amonio (NH_4Cl), puede ser reciclado, respectivamente regenerado. En relación con ello es preciso destacar, además, que los componentes, respectivamente productos de partida utilizados para el reciclado se generan igualmente en el marco del procedimiento según el invento, respectivamente del desarrollo del proceso, de modo, que de esta manera se produce una optimización adicional, en especial porque es posible prescindir de la utilización adicional de productos químicos para el reciclado.

En lo que respecta al concepto "reciclado", como el que se utiliza en el marco del presente invento en relación con el medio de cloración, se debe entender este concepto de una manera muy amplia. El concepto "reciclado" se refiere en especial a la renovada obtención de los medios de cloración utilizados anteriormente y agotados, respectivamente degradados en el marco del presente invento para la cloración de los componentes metálicos. El reciclado tiene lugar en especial sobre la base de reacciones químicas, según las que son aislados, en especial en el marco de la cloración, los productos de desecho procedentes del medio de cloración y son utilizados como educto en el marco de las reacciones químicas siguientes con un partícipe de la reacción para la renovada obtención del medio de cloración como producto reciclado. Como se expondrá todavía con detalle en lo que sigue, en el caso del medio de cloración utilizado según el invento se trata de cloruro amónico (NH_4Cl), haciendo reaccionar el producto de desecho generado en el marco de la cloración, es decir amoniaco (NH_3), de manera preferida con un compuesto orgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno, con lo que se obtiene el producto reciclado, a saber cloruro de amonio, que a su vez puede ser utilizado nuevamente como medio de cloración.

Otra ventaja del procedimiento según el invento debe ser vista en el hecho de que las sustancias de partida necesarias para el reciclado son generadas en especial en el propio marco del procedimiento según el invento, de modo, que con relación al medio de cloración puede resultar en cierto modo un circuito cerrado de productos, en especial en lo que se refiere al componente cloro, ligado a una mayor eficiencia del procedimiento según el invento de la recuperación de los restantes componentes metálicos, respectivamente de los metales nobles. En el marco del presente invento es, sin embargo, igualmente posible, que los eductos para el reciclado del medio de cloración, en especial desde el punto de vista de compuestos de cloración inorgánicos, pueden ser agregados externamente. También ante este trasfondo posee el procedimiento según el invento una gran flexibilidad, de manera, que el procedimiento según el invento puede ser adaptado, respectivamente hecho a medida individualmente en cierto modo ante el trasfondo del desarrollo del procedimiento realizado de una manera concreta, como se define en lo que sigue, y también desde el punto de vista del reciclado del medio de cloración.

A consecuencia de la realización según el invento del procedimiento resulta un procedimiento optimizado igualmente desde el punto de vista económico y ecológico con una generación menor de productos de desecho y de gases de escape, al mismo tiempo, que también se reduce la cantidad de energía necesaria para la realización del procedimiento.

Resumiendo, en el marco del presente invento se crea por primera vez un procedimiento para el tratamiento definido, respectivamente selectivo de residuos de pirita, como residuos de tostación de pirita, que hace posible el aprovechamiento eficiente y amplio de un producto de desecho, a saber en especial los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico. En relación con ello también es importante, que los residuos de pirita, respectivamente los residuos de tostación de pirita en cuestión están disponibles para su utilización en grandes cantidades debido a la producción de ácido sulfúrico durante decenios, de manera, que según el invento se puede recurrir a recursos correspondientemente grandes. Otra ventaja de la concepción según el invento es en relación con ello, que las escombreras de los residuos de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita, no carentes de problemas bajo aspectos específicos de medio ambiente, puedan ser eliminadas, respectivamente reducidas.

Como se expuso más arriba, el material de partida utilizado en el marco según el invento contiene una gran cantidad de metales, respectivamente de componentes metálicos, siendo en general el hierro el componente principal. En lo referente al hierro así como a los restantes componentes metálicos, como cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo, estos no se hallan en el material de partida utilizado para el procedimiento según el invento en especial en forma metálica, sino más bien en forma de los correspondientes compuestos metálicos, en especial en forma de óxidos, pudiendo encontrarse también los correspondientes metales en diferentes escalones de oxidación. Así por ejemplo, para el hierro se trata de manera típica, referido al material de partida, que el hierro se puede hallar por ejemplo como óxido de hierro(II), óxido de hierro(II, III) y/u óxido de hierro (III), en especial como se expondrá todavía en lo que sigue. Además, para los metales nobles presentes en el material de partida la situación es tal, en especial en lo referente al oro, que los correspondientes metales nobles, con preferencia oro, se hallan en forma metálica en el material de partida. En lo referente a la plata contenida en el material de partida, se puede

hallar aquella en general en el material de partida en forma de un compuesto, en especial como óxido, pero también en forma metálica.

5 En lo referente al material de partida utilizado en el procedimiento según el invento, en especial en forma de residuos de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita, puede contener el material de partida hierro en forma de al menos un óxido de hierro. En relación con ello se puede prever en especial, que el material de partida contenga óxido de hierro en forma de óxido de hierro(II) (FeO), de óxido de hierro(III) (Fe₂O₃) y/u de óxido de hierro (II,III) (Fe₃O₄).

10 En relación con ello puede contener el material de partida hierro, en especial en forma de óxido de hierro, en cantidades en el margen del 10% en peso al 75% en peso, en especial en el margen del 20% en peso al 70% en peso, con preferencia en el margen del 30% en peso al 65% en peso, en especial en el margen del 40% en peso al 60% en peso calculados como elemento y referidos al peso en seco del material de partida. Como se expuso anteriormente, el hierro representa con ello el componente principal del material de partida a tratar, de manera, que también ante este trasfondo son posibles en el margen del procedimiento según el invento, elevadas cantidades recuperadas respectivamente rendimientos desde el punto de vista del hierro.

15 Además, el material de partida puede contener el metal noble, en especial oro y/o plata, en cantidades en el margen de 0,1 g/t a 300 g/t, en especial en el margen de 0,5 g/t a 200 g/t, con preferencia en el margen de 0,75 g/t a 100 g/t, con especial preferencia en el margen de 1 g/t a 50 g/t, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida. Los datos indicados más arriba se refieren a la suma de los metales mencionados contenidos en el material de partida.

20 El material de partida puede contener en especial orlo en forma de oro metálico. El oro se halla también en especial en forma metálica porque debido a las propiedades de metal noble del elemento no es accesible a una combustión en presencia de oxígeno.

25 El material de partida puede contener en especial en relación con ello oro en cantidades en el margen de 0,1 g/t a 15 g/t, en especial en el margen de 0,2 g/t a 10 g/t, con preferencia en el margen de 0,5 g/t a 8 g/t, con preferencia en el margen de 1 g/t a 5 g/t calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

El material de partida puede contener, además, plata en forma de plata metálica, respectivamente en forma de óxido de plata, en especial óxido de plata(I). La plata reacciona como metal noble en general de una manera lenta, pero es menos noble que el oro, de manera, que la plata se puede hallar en el material de partida, al menos en parte, también en forma de óxido de plata, como se expuso anteriormente.

30 En lo referente al metal noble plata en el material de partida, puede contener el material de partida plata en cantidades en el margen de 1 g/t a 300 g/t, en especial en el margen de 2 g/t a 200 g/t, con preferencia en el margen de 3 g/t a 100 g/t, con preferencia en el margen de 5 g/t a 50 g/t, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida

35 Debido a la presencia de metales nobles, en especial oro y/o plata, en cantidades relevantes también tiene importancia económica el material de partida en relación con la recuperación de estos metales nobles. En especial sobre la base del procedimiento según el invento se crea - además de la obtención de hierro y de otros productos económicamente interesantes - un método eficiente y barato para la recuperación de metales nobles, como oro y plata, a partir del material de partida, lo que conduce a un incremento significativo de la rentabilidad del procedimiento según el invento, ya que los componentes de metales nobles poseen en general un elevado valor material.

40 Además, el material de partida puede contener los restantes metales, en especial cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y/o cromo, con preferencia cobre, cinc, plomo y/o cobalto en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 10% en peso, en especial en el margen de 0,005% en peso al 5% en peso, con preferencia en el margen de 0,0075% en peso al 3% en peso, con preferencia en el margen de 0,01% en peso al 2% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida. Los datos expuestos más arriba se refieren a la suma de los metales mencionados en el material de partida.

En lo que se refiere en relación al material restante en forma de cobre puede contener el material de partida cobre en forma de óxido de cobre, en especial óxido de cobre(I) y/u óxido de cobre(II).

50 En relación con ello puede contener el material de partida cobre, en especial en forma de óxido de cobre en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso, en especial en el margen del 0,05% en peso al 3% en peso, con preferencia en el margen del 0,075% en peso al 2% en peso, con preferencia en el margen del 0,1% en peso al 1% en calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

En lo que se refiere al metal den forma de cinc puede contener el material de partida cinc en forma de óxido de cinc, en especial óxido de cinc(II).

ES 2 640 373 T3

En relación con ello puede contener el material de partida cinc, en especial en forma de óxido de cinc en cantidades en el margen del 0,02% en peso al 10% en peso, en especial en el margen del 0,075% en peso al 5% en peso, con preferencia en el margen del 0,1% en peso al 3% en peso, con preferencia en el margen del 0,2% en peso al 2% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

- 5 En lo que se refiere al metal de forma de plomo puede contener el material de partida plomo en forma de óxido de plomo, en especial óxido de plomo(II).

10 En relación con ello puede contener el material de partida plomo, en especial en forma de óxido de plomo en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso, en especial en el margen del 0,05% en peso al 4% en peso, con preferencia en el margen del 0,1% en peso al 2% en peso, con preferencia en el margen del 0,15% en peso al 1,5% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

En lo que se refiere al metal den forma de cobalto puede contener el material de partida cobalto en forma de óxido de cobalto, en especial óxido de cobalto(II).

15 En relación con ello puede contener el material de partida cobalto, en especial en forma de óxido de cobalto en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, con preferencia en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

En lo que se refiere al metal en forma de titanio, puede contener el material de partida titanio en forma de óxido de titanio.

20 En relación con ello puede contener el material de partida titanio, en especial en forma de óxido de titanio en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, con preferencia en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

En lo que se refiere al metal en forma de manganeso puede contener el material de partida manganeso en forma de óxido de manganeso.

25 En relación con ello puede contener el material de partida manganeso, en especial en forma de óxido de manganeso en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, con preferencia en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

30 En lo que se refiere al metal den forma de vanadio puede contener el material de partida vanadio en forma de óxido de vanadio.

En relación con ello puede contener el material de partida vanadio, en especial en forma de óxido de vanadio en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, con preferencia en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso den seco del material de partida.

35 En lo que se refiere al metal den forma de cromo puede contener el material de partida cromo en forma de óxido de cromo.

40 En relación con ello puede contener el material de partida cromo, en especial en forma de óxido de cromo, en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, de manera preferente en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

45 Además, el material de partida, puede contener al menos un semimetal, en especial se puede elegir el semimetal del grupo de silicio arsénico, antimonio, telurio y sus combinaciones, en especial silicio. El material de partida puede contener el semimetal, en especial silicio, arsénico, selenio, antimonio, telurio en cantidades en el margen del 1% en peso al 40% en peso en especial en el margen del 2% en peso al 30% en peso, de manera preferente en el margen del 3% en peso al 20% en peso, de manera preferente en el margen del 4% en peso al 15% en Peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida. Los

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

50 En especial, el material de partida puede contener silicio en forma de óxido de silicio, con preferencia dióxido de silicio (SiO₂).

En especial, el material de partida puede contener silicio, en especial en forma de óxido de silicio, en cantidades en el margen del 0,5% en peso al 30% en peso, en especial en el margen del 1% en peso al 20% en peso, de manera

preferente en el margen del 2% en peso al 15% en peso, con preferencia en el margen del 3% en peso al 10% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

5 El material de partida puede contener, además, arsénico en especial en cantidades de máximo el 1% en peso, en especial de máximo del 0,5% en peso, con preferencia de máximo el 0,3% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

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

10 En especial, el metal alcalino y/o alcalinotérreo, en especial el metal alcalinotérreo, con preferencia calcio, se puede hallar al menos en forma de una sal, en especial sulfato. El material de partida puede contener en especial sulfato de calcio.

15 En relación con ello puede contener el material de partida el metal alcalino y/o alcalinotérreo, en especial el metal alcalinotérreo, de manera preferente calcio, con preferencia en forma de sulfato de calcio, en cantidades en el margen del 0,2% en peso al 20% en peso, en especial en el margen del 0,5% en peso al 15% en peso, de manera preferente en el margen del 1% en peso al 10% en peso, con preferencia en el margen del 2% en peso al 8% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

Además, el material de partida puede contener al menos un no metal, en especial elegido del grupo de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, en especial azufre, con preferencia en forma de las correspondientes sales.

En relación con ello puede contener el material de partida azufre, en especial en forma de sales, con preferencia sulfuros, como sulfuro de hierro y/o con especial preferencia de sulfatos.

20 En relación con ello puede contener el material de partida azufre en cantidades en el margen del 0,2% en peso al 15% en peso, en especial en el margen del 0,5% en peso al 10% en peso, de manera preferente en el margen del 1% en peso al 8% en peso, con preferencia en el margen del 1,5% en peso al 6% en peso, calculadas como elemento y referidas al peso en seco del material de partida.

25 Según el invento se puede presentar en especial el caso de que el material de partida, en especial el residuo de pirita, respectivamente los residuos de tostación de pirita comprenda los siguientes materiales calculados siempre como elemento y referidos al peso en seco del material de partida:

- Hierro, en especial en forma de óxido de hierro en cantidades en el margen del 10% en peso al 75% en peso, en especial en el margen del 20% en peso al 70% en peso, de manera preferente en el margen del 30% en peso al 65% en peso, con preferencia en el margen del 40% en peso al 60% en peso.

30 - Oro, en especial en cantidades en el margen de 0,1 g/t a 15 g/t en especial en el margen de 0,2 g/t a 10 g/t, de manera preferente en el margen del 0,5 g/t a 8 g/t, con preferencia en el margen de 1 g/t a 5 g/t.

- Plata, en especial en cantidades en el margen de 1 g/t a 300 g/t en especial en el margen de 2 g/t a 200 g/t, de manera preferente en el margen del 3 g/t a 100 g/t, con preferencia en el margen de 5 g/t a 50 g/t.

35 - Cobre, en especial en forma de óxido de cobre, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso, en especial en el margen del 0,05% en peso al 3% en peso, de manera preferente en el margen del 0,075% en peso al 2% en peso, con preferencia en el margen de 0,1% en peso al 1% en peso.

- Cinc, en especial en forma de óxido de cinc, por ejemplo en cantidades en el margen de 0,02% en peso al 10% en peso, en especial en el margen del 0,075% en peso al 5% en peso, de manera preferente en el margen del 0,1% en peso al 3% en peso, con preferencia en el margen del 0,2% en peso al 2% en peso.

40 - Plomo, en especial en forma de óxido de plomo, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso, en especial en el margen del 0,05% en peso al 4% en peso, de manera preferente en el margen del 0,1% en peso al 2% en peso, con preferencia en el margen del 0,15% en peso al 1,5% en peso.

45 - Cobalto, en especial en forma de óxido de cobalto, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, de manera preferente en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso.

- Titanio, en especial en forma de óxido de titanio, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, de manera preferente en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso.

50 - Manganeso, en especial en forma de óxido de manganeso, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, de manera preferente en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso.

- Vanadio, en especial en forma de óxido de vanadio, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, de manera preferente en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, con preferencia en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso.

5 - Cromo, en especial en forma de óxido de cromo, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso, en especial en el margen del 0,005% en peso al 1% en peso, con preferencia en el margen del 0,0075% en peso al 0,5% en peso, de manera preferente en el margen del 0,01% en peso al 0,1% en peso.

- Silicio, en especial en forma de dióxido de silicio, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,5% en peso al 30% en peso, en especial en el margen del 1% en peso al 20% en peso, con referencia en el margen del 2% en peso al 15% en peso, de manera preferente en el margen del 3% en peso al 10% en peso.

10 - Arsénico, por ejemplo en cantidades máximas del 1% en peso, en especial máximas del 0,5% en peso, con preferencia máxima del 0,3% en peso.

- Calcio, en especial en forma de sulfato de calcio, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,2% en peso al 20% en peso, en especial en el margen del 0,5% en peso al 15% en peso, con preferencia en el margen del 1% en peso al 10% en peso.

15 - Azufre, en especial en forma de sales sulfurosas, por ejemplo en cantidades en el margen del 0,2% en peso al 15% en peso, en especial en el margen del 0,5% en peso al 10% en peso, de manera preferente en el margen del 1% en peso al 8% en peso, con preferencia en el margen del 1,5 en peso al 6% en peso.

El material de partida puede contener en este caso las siguientes sustancias, referidas siempre al peso en seco del material de partida:

20 - Óxido de hierro(II,III) (Fe_3O_4), en especial en cantidades en el margen del 10% en peso al 80% en peso, en especial en el margen del 20% en peso al 70% en peso, con preferencia en el margen del 30% en peso al 60% en peso.

- Óxido de hierro(III) (Fe_2O_3), en especial en cantidades en el margen del 5% en peso al 50% en peso, en especial en el margen del 10% en peso al 40% en peso, con preferencia en el margen del 15% en peso al 30% en peso.

25 - Dióxido de silicio, en especial en cantidades en el margen del 2% en peso al 30% en peso, en especial en el margen del 5% en peso al 25% en peso, con preferencia en el margen del 10% en peso al 20% en peso.

- Sulfato de calcio, en especial en cantidades en el margen del 1% en peso al 25% en peso, en especial en el margen del 2% en peso al 20% en peso, con preferencia en el margen del 5% en peso al 15% en peso.

30 El material de partida utilizado en forma de residuos de pirita, respectivamente residuos de tostación de pirita, como el que se genera en la fabricación de ácido sulfúrico, posee, por lo tanto, además, de hierro, en especial en forma de óxidos de hierro, como componentes numerosos otros metales, respectivamente metales nobles, de manera, que el material de partida utilizado según el invento se presta de manera excelente para su utilización en el marco del presente invento, ya que se obtiene, respectivamente recupera del material de partida una gran cantidad de componentes distintos relevantes técnica y económicamente a base de metales, respectivamente metales nobles,
35 haciendo posible en este sentido el procedimiento según el invento una recuperación selectiva y amplia de los componentes en cuestión, en especial también en forma del correspondiente metal.

En lo que se refiere al procedimiento según el invento como tal, se puede prever según el invento, que en el paso (a), respectivamente antes de realizar el paso (b) del procedimiento, se realice un triturado, respectivamente homogeneización del material de partida. En especial se puede ajustar el material de partida a un tamaño medio de las partículas, en especial tamaños D_{50} medios de las partículas en el margen de 0,1 μm a 10 μm , en especial 1 μm a 5 μm , de manera preferente 100 μm a 1 μm , con preferencia 500 μm a 0,5 μm . Para ello se pueden utilizar dispositivos de triturado usuales y bien conocidos del técnico, como dispositivos de machacado o de molienda. La determinación del tamaño de las partículas puede ser realizada igualmente con procedimientos bien conocidos del técnico por ejemplo sobre la base de microscopía óptica, refracción de rayos X, refracción de la luz, como difracción láser. El triturado previsto eventualmente en el marco de la realización del procedimiento, en especial para la obtención de un tamaño uniforme de las partículas del material de partida utilizado, conduce a una mejor manejabilidad así como a una recuperación mejorada de los correspondientes componentes metálicos, en especial debido a una mejor disgregación del material y análogos.
40
45

Además, en el marco del presente invento se puede prever, que en el paso (a) del procedimiento y/o antes de la realización del paso (b) del procedimiento se realice un secado del material de partida. En relación con ello se puede calentar el material de partida hasta temperaturas en el margen de 50°C a 180°C, en especial de 80°C a 160°C, con preferencia 100°C a 140°C. En este caso es ventajoso según el invento, que el material de partida se ajuste a una humedad residual máxima del 5% en peso, en especial máxima del 3% en peso, con preferencia máxima del 2% en peso, de manera preferente máxima del 1% en peso referida al material de partida seco. El ajuste del material de partida a una humedad residual definida, como la definida anteriormente, conduce en especial a un desarrollo del
50
55

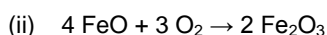
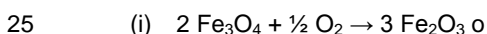
procedimiento mejorado adicionalmente, tanto desde el punto de vista del procedimiento según el invento, como también en relación con las reacciones químicas en las reacciones químicas en las que se basa el procedimiento según el invento.

5 En lo que se refiere también al procedimiento según el invento es ventajoso según el invento, que en el paso (b) se realice el tratamiento de oxidación como reacción en fase sólida. El tratamiento de oxidación debería ser realizado por medio de un calentamiento del material de partida. El tratamiento de oxidación puede ser realizado en especial con temperaturas en el margen de 500°C a 1.000°C, en especial en el margen de 600°C a 900°C, con preferencia en el margen de 650°C a 950°C. De manera preferida según el invento se debería realizar el tratamiento de oxidación utilizando, respectivamente en presencia de un medio de oxidación, con preferencia gaseoso, en especial aire y/u oxígeno.

10 En relación con ello, el tratamiento de oxidación puede ser realizado en general con los dispositivos apropiados para este fin conocidos del técnico. El tratamiento de oxidación puede ser realizado en especial en un dispositivo de oxidación y/o de tostación. En relación con ello se puede elegir el dispositivo de oxidación y/o de tostación por ejemplo del grupo de los hornos tubulares rotativos, hornos de tambor, hornos con capa fluidizada o reactores de corriente en suspensión.

15 En especial se prevé según el invento, que en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento se obtenga el hierro al menos esencialmente de manera completa en la forma trivalente, en especial como hierro(III), con preferencia como óxido de hierro(III). Con ello se obtiene en especial en el paso (b) del procedimiento hierro(III). Además, en el procedimiento se puede prever, que en el tratamiento de oxidación se transforme el óxido de hierro(II,III) y/o el óxido de hierro(II) en óxido de hierro(III).

20 Con el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento se garantiza al menos una transformación esencialmente completa de los diferentes escalones de oxidación, respectivamente óxidos del material de partida, en óxido de hierro(III). La transformación de los correspondientes óxidos de hierro en óxido de hierro(III) puede tener lugar según las ecuaciones (i), respectivamente (ii) de reacción:



30 La transformación química de hierro en óxido de hierro(III) se realiza en especial ante el trasfondo de que según el invento se prevé un clorado ulterior, respectivamente siguiente, para la obtención de cloruro de hierro(III) (FeCl_3), que desde el punto de vista de la conducción según el invento del procedimiento dispone de propiedades de sublimación y con ello de propiedades de separación óptimas, como se expondrá todavía más abajo.

En el marco del tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento se puede prever igualmente, que los restantes metales, en especial como los definidos anteriormente, con preferencia cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y/o cromo, con preferencia cobre, cinc, plomo y/o cobalto se transformen cada y eventualmente el metal noble en forma de plata se transformen cada uno en escalones de oxidación uniformes.

35 En relación con ello puede contener la mezcla de productos obtenida después del tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento óxido de hierro(III) en cantidades en el margen del 10% peso al 95% en peso, en especial en el margen del 20% en peso al 90% en peso, con preferencia en el margen del 40% en peso al 85% en peso referido al peso en seco de la mezcla de productos obtenida en el paso (b) del procedimiento. En el marco del presente invento se transforman con ello los óxidos de hierro contenidos en el material de partida con preferencia al menos esencialmente en óxido de hierro(III).

40 En el marco del tratamiento de oxidación se puede prever igualmente, que también los restantes metales, en especial cobre, cinc, plomo y/o cobalto sean oxidados ampliamente, en especial para la obtención de óxido de cobre(II), óxido de cinc(II), óxido de plomo(II) y/u óxido de cobalto(II). Esto también favorece la cloración posterior de estos metales. Lo mismo es válido para los metales titanio, manganeso, vanadio y cromo.

45 Con ello se prevé según el invento en especial, que la mezcla de productos obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento contenga el metal adicional en forma del óxido de metal, con preferencia en forma de óxido de cobre(II), óxido de cinc (II), óxido de plomo(II) y óxido de cobalto(II). La mezcla de productos obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento puede contener óxido de plata. Con ello se puede producir eventualmente en el marco del tratamiento de oxidación una oxidación subsiguiente del metal noble en forma de plata.

50 Además, la mezcla de productos resultante de la oxidación puede contener dióxido de silicio (SiO_2) así como sulfato de calcio (CaSO_4), que por decirlo así permanecen esencialmente sin variación en la mezcla de productos.

En lo que se refiere a la cloración realizada a continuación en el marco del procedimiento según el invento, en especial de los óxidos de hierro, respectivamente de los óxidos de los otros metales resultantes del paso (b) del

procedimiento, eventualmente del óxido de plata, se prevé según el invento, que en el paso (c) del procedimiento se realice la cloración como reacción en fase sólida.

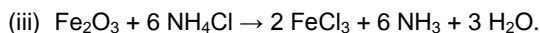
5 En relación con ello se deberían llevar en el paso (c) del procedimiento los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento y/o la mezcla de productos obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento a temperaturas en el margen de 100°C a 320°C, en especial en el margen de 150°C a 302°C, con preferencia en el margen de 180°C a 300°C. La cloración debería ser realizada en el paso (c) del procedimiento con temperaturas en el margen de 100°C a 320°C, es especial en el margen de 150°C a 302°C, con preferencia en el margen de 180°C a 300°C.

10 En lo que se refiere, además, a la cloración según el paso (c) del procedimiento puede ser realizada esta en los dispositivos de cloración bien conocidos del técnico. La cloración en el paso (c) del procedimiento puede ser realizada en especial en un dispositivo de cloración, en especial eligiendo el dispositivo de cloración del grupo de los hornos tubulares rotativos y los hornos de tambor.

15 En lo que se refiere, además, a la cloración es especialmente ventajoso según el invento, que se proceda de tal modo, que en el paso (c) del procedimiento se transforme el hierro, en especial el óxido de hierro(III), en cloruro de hierro, en especial en cloruro de hierro(III) (FeCl₃).

Como se expuso anteriormente, el cloruro de hierro(III), respectivamente el FeCl₃ resultante posee de manera preferida desde el punto de vista de la conducción según el invento del procedimiento propiedades óptimas de separación, en especial desde el punto de vista de las propiedades de sublimación del cloruro de hierro(III).

20 En especial, según una forma de ejecución preferida del invento en la que, como se expondrá todavía con detalle en lo que sigue, se utiliza cloruro de amonio (NH₄Cl) como medio de cloración se puede realizar la transformación de óxido de hierro(III) en el correspondiente cloruro de acuerdo con la siguiente ecuación (iii) de reacción.



25 Igualmente, de acuerdo con la conducción según el invento del procedimiento con la cloración de los óxidos metálicos contenidos con anterioridad, respectivamente contenidos en la mezcla de productos se puede prever, que en el paso (c) del procedimiento se transforme el cobre, en especial óxido de cobre, con preferencia óxido de cobre(II), en cloruro de cobre, en especial cloruro de cobre(II) (CuCl₂). Igualmente se puede prever, que en el paso (c) del procedimiento se transforme el cinc, en especial el óxido de cinc, con preferencia óxido de cinc(II) en cloruro de cinc, en especial en cloruro de cinc(II) (ZnCl₂). Además, se puede prever, que en el paso (c) del procedimiento se transforme el plomo, en especial óxido de plomo, con preferencia óxido de plomo(II), en cloruro de plomo, en especial en cloruro de plomo(II) (PbCl₂). Además, se puede prever, que en el paso (c) del procedimiento se transforme el cobalto, en especial óxido de cobalto, con preferencia el óxido de cobalto(II) en cloruro de cobalto, en especial cloruro de cobalto(II) (CoCl₂). Además, en el paso (c) del procedimiento se puede transformar el titanio, en especial el óxido de titanio, en cloruro de titanio. Además, en el paso (c) del procedimiento se puede transformar el manganeso, en especial el óxido de manganeso, en cloruro de manganeso. En el paso (c) del procedimiento se puede transformar igualmente el vanadio, en especial el óxido de vanadio en cloruro de vanadio. Finalmente, en el paso (c) del procedimiento se puede transformar el cromo, en especial el óxido de cromo en cloruro de cromo.

Además, en el paso (c) del procedimiento se puede transformar igualmente la plata, en especial el óxido de plata, en especial el óxido de plata(I), en cloruro de plata(I) (AgCl).

40 En el marco del presente invento resultó especialmente ventajoso, que en el paso (c) del procedimiento se realice la cloración utilizando como medio de cloración cloruro de amonio (NH₄Cl). En relación con ello se puede prever en especial, que el cloruro de amonio (NH₄Cl) se utilice como material sólido en partículas y/o como sustancia pura. La utilización prevista según el invento de un medio de cloración, en especial en forma de cloruro de amonio, está ligada en especial a la ventaja de que el cloruro de amonio como tal se presta de manera excelente para el reciclado y, además, posee buenas propiedades de aplicación, en especial también desde el punto de vista de su reducida toxicidad y de la presencia como material sólido, lo que mejora también la capacidad de dosificación.

El medio de cloración, en especial el cloruro de amonio, puede ser aportado según el invento con fines de cloración de los productos de oxidación, respectivamente de los metales antes mencionados al dispositivo de cloración, respectivamente ser introducido en el dispositivo de cloración.

50 En especial desde el punto de vista de la utilización de un medio de cloración específico en forma de cloruro de amonio puede suceder, que en el marco del procedimiento según el invento, en el paso (c) del procedimiento resulte, respectivamente resulten, durante la cloración en especial amoniaco (NH₃) gaseoso y eventualmente agua en forma de gas, con preferencia en especial amoniaco (NH₃) gaseoso. En relación con ello puede resultar de la cloración en especial amoniaco (NH₃) gaseoso como producto de reacción resultante en forma de cloruro de amonio (NH₄Cl) a partir del medio de cloración. Para ello se puede remitir en especial a la ecuación (iii) de reacción indicada más arriba.

55

De acuerdo con el invento se prevé, que el medio de cloración utilizado en el paso (c) del procedimiento (NH_4Cl) se recicla por recuperación y/o separación de los metales, respectivamente productos de oxidación resultantes de los productos de reacción del medio de cloración durante la cloración, en especial el amoníaco (NH_3) gaseoso, y la siguiente reacción de los productos de reacción, en especial de amoníaco (NH_3) con un compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl).

El reciclado del medio de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) se realiza en un dispositivo de reacción, respectivamente de condensación.

En relación con ello se puede proceder según el invento por ejemplo de tal modo, que el amoníaco (NH_3) resultante de la cloración de los de los metales, respectivamente de los productos de oxidación sea extraído del dispositivo de cloración y llevado a un dispositivo de reacción, respectivamente de condensación y se haga reaccionar aquí con el compuesto de cloro inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl) aportado aquí igualmente al dispositivo de reacción, respectivamente de condensación para la obtención de cloruro de amonio (NH_4Cl). De esta manera se puede reciclar el medio de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) y ser agregado nuevamente al proceso de cloración. Debido a este procedimiento según el invento se garantiza con ello una optimización adicional del procedimiento en el marco del presente invento.

En lo que se refiere a la transformación química, respectivamente reacción por un lado del amoníaco (NH_3) y del compuesto de cloro inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl) por otro, en los que se base el reciclado del medio de cloración, puede tener esta lugar en especial en fase gaseosa, en especial en la que el cloruro de amonio (NH_4Cl) resultante se obtiene, respectivamente condensa en fase sólida. Debido a esta forma de procedimiento según el invento se obtiene en especial cloruro de amonio en forma de partículas como producto sólido con una elevada pureza, lo que está ligado a las correspondientes ventajas en la cloración siguiente.

Con ello se puede prever en especial en el marco del invento, que los productos de reacción resultantes del medio de cloración, en especial el amoníaco (NH_3), por un lado y el compuesto de cloro preferentemente inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), por otro se hacen reaccionar en la fase gaseosa para obtener cloruro de amonio (NH_4Cl), con preferencia con producto sólido en especial en partículas y/o como sustancia pura.

La reacción en la que se basa el reciclado del cloruro de amonio puede tener lugar en especial de acuerdo con la siguiente ecuación (iv) de reacción:



Según el invento se puede prever, además, que el medio de cloración obtenido, respectivamente reciclado, en especial el cloruro de amonio (NH_4Cl) se utilice nuevamente en el paso (c) del procedimiento, en especial por medio de una aportación renovada, respectivamente adición al dispositivo de cloración. Medio de cloración obtenido, respectivamente reciclado, en especial el cloruro de amonio (NH_4Cl) se agregue nuevamente en el paso (c) del procedimiento a los productos de oxidación a clorar, respectivamente a la mezcla de productos resultante del baso (b) del procedimiento.

De acuerdo con otra forma de ejecución preferida según el invento se puede prever desde el punto de vista del reciclado del medio de cloración, en especial, que el compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial de cloruro de hidrógeno (HCl) se obtenga, según una reducción descrita todavía con detalle en lo que sigue de los productos obtenidos en el paso (c) del procedimiento, en especial por reducción de cloruro de hierro, con preferencia cloruro de hierro(III) (FeCl_3), en especial utilizando un medio de reducción, con preferencia hidrógeno o gas natural (en especial metano), con preferencia hidrógeno.

El compuesto de cloro inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), utilizado para el reciclado también puede ser obtenido a partir de la reducción, eventualmente realizada, de los cloruros obtenidos en el paso (c) del procedimiento de los restantes metales, en especial como se definió anteriormente.

Debido la concepción según el invento con reciclado especial del medio de cloración es posible preparar las correspondientes sustancias, respectivamente eductos en el propio marco del procedimiento según el invento, de manera, que desde el punto de vista del medio de cloración se produce en cierto modo un circuito cerrado, ligado nuevamente a una utilización reducida de productos químicos y con ello a un balance económico y ecológico mejorada del procedimiento según el invento.

En lo que se refiere, además, al procedimiento según el invento, se prefiere según el invento, que en el paso (d) tenga lugar una separación, respectivamente aislamiento de cloruro de hierro, en especial de cloruro de hierro(III) (FeCl_3), a partir de la mezcla de productos obtenida en el (c) del procedimiento.

En relación con ello se comprobó según el invento, que es especialmente ventajoso, que la separación, respectivamente el aislamiento del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III), a partir de la mezcla de productos obtenida en el peso (c) del procedimiento tenga lugar por sublimación, en especial con temperaturas en el margen de 200°C a 400°C , en especial en el margen de 250°C a 375°C , de manera preferente en el margen de 275°C a 350°C , con preferencia en el margen de 300°C a 325°C .

Con la sublimación selectiva del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3) a partir de la mezcla de productos se puede realizar una separación, respectivamente aislamiento definida del componente de hierro a partir de la mezcla de productos, de manera, que sobre esta base se puede, por decirlo así, aislar, respectivamente separar el componente principal, es decir el hierro, del material de partida utilizado, y ello en forma del correspondiente cloruro de hierro. La sublimación, respectivamente separación selectiva del cloruro de hierro tiene lugar en este caso en especial sobre la base de la elección definida de la temperatura de sublimación, ya que el cloruro de hierro a separar, respectivamente aislar, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3) posee - sin desear limitarse a ,la teoría - propiedades de sublimación distintas de la de los cloruros de otros metales, respectivamente componentes de la mezcla de productos, en especial desde el punto de vista de que el cloruro de hierro posee en comparación con los otros cloruros una temperatura de sublimación más baja. Con la elección definida de la temperatura de sublimación se puede realizar, por lo tanto, una separación selectiva del componente de hierro de la mezcla de productos.

En relación con ello se puede realizar la separación, respectivamente el aislamiento del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3) en un dispositivo de separación, en especial un dispositivo de sublimación, de manera preferente un horno tubular rotativo, un horno de tambor y/o un horno de capa fluidizada, en los que se debe introducir previamente la mezcla de productos con los correspondientes cloruros a depurar.

En el marco del presente invento se puede proceder de tal modo, que el paso (c) del procedimiento, es decir la cloración de los productos de oxidación obtenido en el paso (b) del procedimiento y el paso (d) del procedimiento, es decir en especial la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3), tenga lugar en especial de manera continua en un dispositivo común, en especial pudiendo tratarse en el caso del dispositivo común de un horno tubular rotativo. El dispositivo común, en especial el horno tubular rotativo, posee en relación con ello una primera sección respectivamente zona para la realización del paso (c) del procedimiento y una segunda sección respectivamente zona para la realización del paso (d) del procedimiento, en especial para la separación y/o el aislamiento de cloruro y hierro, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3).

De acuerdo con esta forma de ejecución según el invento se puede realizar, por lo tanto, la cloración, por un lado, y la separación del cloruro de hierro, por otro, en uno y el mismo aparato. Como se expuso anteriormente, en el caso del dispositivo común se trata en especial de un horno tubular rotativo, poseyendo el horno tubular rotativo a lo largo del eje del tubo rotativo una primera zona de reacción con una primera zona de temperatura para la realización de la cloración descrita en el paso (c) del procedimiento con las temperaturas previstas para ello según el invento y una segunda zona de sublimación para la separación del cloruro de hierro con las correspondientes temperaturas de sublimación, como se describe en el paso (d) del procedimiento.

En lo que se refiere al cloruro de hierro separado, en especial sublimado, de la mezcla de productos, en especial el cloruro de hierro(III) (FeCl_3) se puede recuperar este según una primera forma de ejecución según el invento como tal: en relación con ello se puede desublimar cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3), separado y/o aislados y en especial sublimado para la obtención en especial de cloruro de hierro sólido y/o purificado. La desublimación puede ser realizada en un dispositivo de desublimación, respectivamente condensación. En relación con ello es posible transferir en especial el cloruro de hierro en forma de gas desde el dispositivo de sublimación al dispositivo de desublimación. De esta manera se obtiene en especial cloruro de hierro en partículas, respectivamente sólido, que como tal representa un producto industrial, respectivamente comercial relevante económicamente, en especial desde el punto de vista de su utilización como pigmento, respectivamente medio de floculación y/o precipitación, en especial en equipos de depuración o análogos.

De acuerdo con una segunda forma de ejecución según el invento se puede reducir el cloruro de hierro, en especial el cloruro de hierro(III) (FeCl_3), separado, respectivamente aislado y en especial sublimado y con ello gaseoso para la obtención de hierro metálico. En relación con ello se puede utilizar al menos un medio de reducción. En el caso del medio de reducción se trata de manera preferente de hidrógeno o gas natural (en especial metano), con preferencia hidrógeno.

En especial, la reducción del cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) debería tener lugar en la fase gaseosa, en especial con temperaturas en el margen de 400°C a 800°C , en especial en el margen de 450°C a 750°C , de manera preferente en el margen de 500°C a 700°C , de manera preferente en el margen de 550°C a 650°C .

La reducción del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III) puede ser realizada en un dispositivo de reducción. Los dispositivos de reducción correspondientes son bien conocidos del técnico para este fin, de manera, que en relación con ello no es necesaria una explicación adicional. Para ella se puede transferir en especial cloruro de hierro gaseoso del dispositivo de sublimación al dispositivo de reducción.

De acuerdo con una forma de ejecución preferida según el invento y en especial en el caso de que como medio de reducción se utilice hidrógeno o gas natural (en especial metano) también puede resultar en la reacción antes descrita cloruro de hidrógeno (HCl) además del hierro metálico.

En relación con ello se puede prever igualmente, que, como se expuso más arriba, el cloruro de hidrógeno (HCl) resultante en la reducción se utilice para el reciclado del medio de cloración en forma cloruro de amonio (NH_4Cl), en

- especial como de definió más arriba. En relación con ello se puede prever igualmente, que el amoniaco (NH_3) en especial gaseoso, que resulta en la cloración, se reúnan por un lado y que el cloruro de hidrógeno (HCl) por otro y se lleven al contacto mutuo y se hagan reaccionar para la obtención del medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl). En especial en relación con ello se puede realizar, como se describió anteriormente, en un dispositivo de reacción, respectivamente de condensación. En relación con ello se puede prever en especial según el invento, que el amoniaco gaseoso (NH_3) del dispositivo de cloración, por un lado, y el cloruro de hidrógeno (HCl), por otro, se extraigan del dispositivo de reducción y lleven al dispositivo de reacción, respectivamente de condensación y se hagan reaccionar para la obtención de cloruro de amonio (NH_4Cl).
- El hierro metálico obtenido de esta manera según la segunda forma de ejecución según el invento se caracteriza por una pureza muy grande del material. Según el invento se puede dar el caso, de que el hierro metálico obtenido posea una pureza de al menos el 90% en peso, en especial al menos del 95% en peso, de manera preferente de al menos el 98% en peso, con preferencia de al menos del 99% en peso, con especial preferencia del 99,5% en peso, de una manera especialmente preferida del 99,99 en peso calculada con referencia al hierro metálico obtenido. A la elevada pureza del hierro metálico así obtenido están ligadas las correspondientes propiedades del hierro, en especial desde el punto de vista de una saturación magnética alta de una conductividad eléctrica alta y de una buena resistencia a ácidos.
- El hierro metálico muy puro obtenido sobre la base del procedimiento según el invento equivale como producto comercial, en especial también a los requerimientos de calidad, respectivamente características de calidad del hierro de carbonilo o hierro ARMCO.
- Debido al elevado contenido en hierro del material de partida mencionado más arriba se pueden realizar con ello según el invento en conjunto rendimientos altos y al mismo tiempo una elevada calidad del producto del hierro metálico obtenido.
- Según el invento se pueden realizar también la primera y la segunda forma de ejecución al mismo tiempo, respectivamente en paralelo, en especial por medio del correspondiente tratamiento de corrientes parciales.
- Debido a la conducción según el invento del procedimiento con la oxidación, cloración y sublimación selectiva definidas se puede aislar el componente de hierro de manera eficaz y con rendimientos altos a partir del material de partida utilizado. En relación con ello puede contener la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento y liberado del cloruro de hierro, de manera preferente cloruro de hierro(III) (FeCl_3) un contenido (residual) en hierro inferior del 10% en peso, en especial inferior al 5% en peso, de manera preferente inferior al 3% en peso calculado como elemento y referido al peso en seco del material de partida. Correspondientemente aumenta con ello, con relación a la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento y liberado de hierro, la fracción relativa de los restantes componentes, de manera, que estos son concentrados adicionalmente en relación con la mezcla de productos resultante, lo que es mejorado adicionalmente por la separación, respectivamente purificación, conduciendo con ello a rendimientos más altos.
- En lo que se refiere por lo demás al procedimiento según el invento se puede prever, además, que en el paso (d) del procedimiento, en especial después de la separación respectivamente el aislamiento del cloruro de hierro, especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3) tenga lugar una separación adicional y/o siguiente y /o un aislamiento de los cloruros de los demás metales de la mezcla de productos.
- En especial se puede prever en el marco del presente invento, que en el paso (d) del procedimiento, en especial una vez realizada la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro, especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3) una separación adicional y/o siguiente del cloruro de cobre, en especial cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o de cloruro de cinc, en especial cloruro de cinc(II) (ZnCl_2) y/o de cloruro de plomo, en especial cloruro de plomo(II) (PbCl_2) y/o de cloruro de cobalto, en especial cloruro de cobalto(II) (CoCl_2). Lo mismo puede ser válido para el cloruro de titanio, el cloruro de vanadio y/o el cloruro de cromo.
- La separación, respectivamente el aislamiento adicional respectivamente siguiente de los cloruros de los restantes metales a partir de la mezcla de productos puede tener por ejemplo lugar en un dispositivo de tarquinización, respectivamente de dispersión, en especial en un dispositivo de extracción y/o en un dispositivo de contracorriente de manera preferente con al menos un dispositivo de extracción.
- En relación con ello se puede proceder según el invento por ejemplo de tal modo, que la mezcla de productos liberada en especial del cloruro de hierro, con preferencia cloruro de hierro(III) (FeCl_3) es recogida en una fase líquida y/o en un medio líquido, en especial agua se tarquiniza y/o dispersa.
- Los componentes solubles de la mezcla de productos liberada con preferencia del cloruro de hierro, con preferencia del cloruro de hierro(III) (FeCl_3), en especial los cloruros de los restantes metales, de manera preferente cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o de cloruro de cinc, de manera preferente cloruro de cinc(II) (ZnCl_2) y/o de cloruro de plomo, con preferencia cloruro de plomo(II) (PbCl_2) y/o de cloruro de cobalto, con preferencia cloruro de cobalto(II) (CoCl_2) pueden ser disueltos y/o suspendidos, con preferencia disueltos en especial al menos esencialmente de manera completa de acuerdo con este aspecto del presente invento. De esta manera se pueden separar, respectivamente eliminar los mencionados cloruros de los restantes metales por transferencia a una suspensión, respectivamente

solución de la mezcla de productos tarquinizada, pudiendo alcanzar una tasa de separación, respectivamente de depuración elevada a causa de la buena solubilidad, respectivamente capacidad de suspensión de los cloruros.

5 En lo que se refiere a la separación en general de los cloruros de los restantes metales se puede realizar esta sobre la base de una lixiviación con agua, respectivamente sobre la base del procedimiento Leaching, bien conocido como tal del técnico, de manera, que o son necesarias explicaciones adicionales.

De acuerdo con el invento se puede prever, que la solución y/o la suspensión obtenida, de manera preferente la solución, que contiene los cloruros en cuestión se separe de la mezcla de productos restante, por ejemplo por medio de un filtrado o análogo, en especial utilizando dispositivos de filtrado correspondientes.

10 En relación con ello puede tener lugar una preparación adicional de la solución, respectivamente suspensión obtenida, en especial para la separación, respectivamente el aislamiento selectivo de los cloruros de los restantes metales, en especial cloruro de cobre, de manera preferente cloruro de cobre(II) (CuCl_2), y/o de cloruro de cinc, de manera preferente cloruro de cinc(II) (ZnCl_2) y/o de cloruro de plomo, con preferencia cloruro de plomo(II) (PbCl_2) y/o de cloruro de cobalto, con preferencia cloruro de cobalto(II) (CoCl_2) y/o cloruro de titanio, y/o cloruro de manganeso, y/o cloruro de vanadio, y/o cloruro de cromo para la obtención de la forma metálica de los correspondientes metales. La separación respectivamente el aislamiento selectivo de los cloruros de los restantes metales, respectivamente la transferencia a la forma metálica, de los correspondientes metales pueden tener lugar sobre la base de procedimientos electroquímicos, sortivos, en especial procedimiento adsortivos, respectivamente de una precipitación en especial selectiva y/o una sedimentación en especial selectiva o análogo. Los correspondientes procedimientos son bien conocidos del técnico, de manera, que en relación con ellos no requieren explicaciones adicionales.

20 En lo que se refiere a la separación, respectivamente el aislamiento de los cloruros de los restantes metales se procede según el invento en especial de tal modo, que los correspondientes cloruros metálicos se disuelven y/o suspenden y se separan así de los componentes al menos esencialmente no solubles de la mezcla liberada previamente del hierro y sometiendo la solución, respectivamente la suspensión así obtenida a una separación selectiva de los cloruros de los restantes metales.

25 De esta manera se pueden separar también en el marco del presente invento de la mezcla de productos utilizada los correspondientes cloruros de los restantes metales sobre la base del material de partida utilizado, de modo que de esta manera es posible obtener otras materias primas, respectivamente productos comerciales aprovechables industrial, respectivamente técnicamente, que se prestan por ejemplo para la utilización, respectivamente en catalizadores para la fabricación de colorantes, respectivamente pigmentos o análogos, disponiendo las materias primas en cuestión en forma de cloruros de los restantes metales igualmente de una elevada pureza de material, respectivamente de producto

30 En lo que se refiere a la mezcla de productos remanente esencialmente no soluble y liberada del hierro y de los restantes metales, como se definió anteriormente, comprende está todavía en especial componentes de metales nobles, en especial oro y/o plata, así como los componentes silicio, en especial dióxido de silicio, así como sulfato de calcio y en especial la mezcla de productos remanente puede contener también cloruro de plata, que prácticamente es insoluble en agua.

35 Con la separación, respectivamente el aislamiento antepuesto de los componentes de hierro así como de los restantes componentes metálicos de la mezcla de productos tiene lugar un enriquecimiento adicional, respectivamente una concentración adicional, respectivamente un aumento de la cantidad relativa de los metales nobles como oro y/o plata en la mezcla de productos remanente, que es favorable para la siguiente separación eventualmente prevista de los metales nobles también desde el punto de vista de la rentabilidad del procedimiento en cuestión así como de la tasa de rendimiento.

40 En el marco del presente invento se puede prever, que la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento, respectivamente existente después de la realización del paso (d) del procedimiento contenga, calculado como elemento y siempre referido al peso en seco de la mezcla de productos:

- Oro, en especial en cantidades en el margen de 1 g/t a 50 g/t, con preferencia en el margen de 1 g/t a 40 g/t, de manera preferente en el margen de 2 g/t a 20 g/t, con especial preferencia en el margen 3 g/t a 15 g/t,

45 - Plata, en especial en cantidades en el margen de 2 g/t a 600 g/t, con preferencia en el margen de 5 g/t a 500 g/t, de manera preferente en el margen de 10 g/t a 400 g/t, con especial preferencia en el margen 15 g/t a 200 g/t.

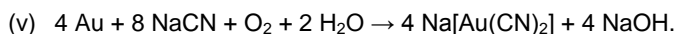
50 En lo que se refiere a la separación prevista del metal noble se puede proceder según el invento de manera preferida de tal modo, que en el paso (e) del procedimiento tenga lugar la separación del metal noble, en especial oro y/o plata, de la mezcla de productos recogida, en especial tarquinizada y/o dispersada en una fase líquida y/o un medio líquido, en especial agua. La separación del metal noble, en especial oro y/o plata, puede ser realizada en un dispositivo de separación y/o de filtrado. Para ello se puede mezclar en caso necesario la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento nuevamente con un medio de dispersión, respectivamente de disolución, en especial agua.

En relación con ello resulta ventajoso según el invento, que en el paso (e) del procedimiento se disuelva respectivamente suspenda el metal noble, en especial oro y/o plata, en especial esencialmente de manera completa, en especial se disuelva. Esto puede tener lugar por ejemplo de tal modo, que se utilice al menos un componente, respectivamente compuesto de formación de complejos, para transferir el metal noble, en especial el oro y/o la plata a una solución y/o suspensión, de manera preferente solución, respectivamente se lleve al contacto en especial con la mezcla de productos, respectivamente el metal noble.

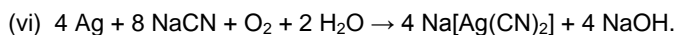
En el caso del componente, respectivamente compuesto de formación de complejos en cuestión se puede tratar en general de una sustancia, que forme con el metal noble, en especial el oro y/o la plata, un compuesto complejo, que pueda ser disuelto respectivamente suspendido en el disolvente, con preferencia agua, al menos de una manera esencialmente completa.

El componente, respectivamente compuesto de formación de complejos puede ser elegido del grupo de lixiviación de cianuro, mezcla de yodo/bromo y solución de tiosulfato. En especial se puede utilizar una solución de la sal del ácido prúsico, en especial cianuro sódico (NaCN) como componente para convertir el metal noble en una solución y/o suspensión.

Como componente en cuestión se presta en especial, como se expuso más arriba, una solución de cianuro sódico, que de una manera sinónima también es conocida como lixiviación de cianuro, ya que en el marco de la llamada lixiviación de cianuro se disuelve, respectivamente suspende el oro y/o la plata en una solución de cianuro sódico, que contiene oxígeno, como compuesto para la formación de complejos en especial sobre la base de la ecuación (v) de reacción siguiente: para el metal noble en forma de plata es válida de manera correspondiente la ecuación (vi) de reacción:

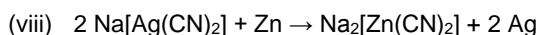
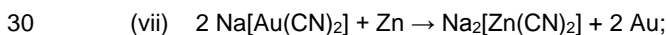


Para el metal noble en forma de plata es válida de manera correspondiente la ecuación (vi) de reacción:



Además también es posible prever, que la solución y/o la suspensión del metal noble obtenida, en especial oro y/o plata, se separe de la mezcla de productos remanente en especial por medio de un filtrado y que el metal noble, en especial oro y/o plata, se atenga a partir de la solución y/o de la suspensión, en especial por medio de procedimientos de precipitado o sortivos, en especial adsortivos.

Por ejemplo, la precipitación del metal noble puede tener lugar con el empleo de cinc, respectivamente aluminio, en especial en forma de partículas finas, en especial sobre la base de las ecuaciones (vii) y (viii) de reacción siguientes:



A la precipitación del metal noble pueden seguir un filtrado y depuración adicionales del metal noble bruto obtenido.

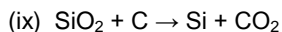
De acuerdo con otra forma de ejecución del presente invento también es posible utilizar procedimientos de depuración sortivos, en especial adsortivos para la obtención del metal noble, en especial sobre la base de un material de adsorción con preferencia en forma de partículas, en especial carbón activo. Para ello se puede proceder con columnas de adsorción o análogos correspondientes. Fundamentalmente también es posible utilizar otros procedimientos de obtención, respectivamente de depuración, como los procedimientos de amalgama y/o de lodos de ánodo para la obtención del metal noble.

Sobre la base del procedimiento según el invento es con ello posible una recuperación respectivamente depuración incluso de metales nobles a partir del material de partida utilizado, obteniendo en relación con ello tasas de rendimiento altas, en especial ante el trasfondo de que los correspondientes metales nobles ya están concentrados en la mezcla de productos a consecuencia de la eliminación anterior de los correspondientes componentes metálicos. Sobre la base del procedimiento según el invento también se pueden obtener también para los metales nobles purificados, respectivamente aislados purezas muy altas del material.

En el marco del presente invento puede suceder en especial de tal modo, que la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento y/o en el paso (e) del procedimiento contenga, además, silicio procedente del material de partida, en especial en forma de un óxido de silicio, con preferencia dióxido de silicio. Igualmente puede suceder en el marco del presente invento, que la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento y/o en el paso (e) del procedimiento contenga, además, un metal alcalino y/o alcalinotérreo, en especial un metal alcalinotérreo, de manera preferente calcio, procedente del material de partida. En especial se puede hallar el metal alcalino, respectivamente alcalinotérreo, en especial el metal alcalinotérreo, de manera preferente calcio, en forma de al menos una sal, en especial sulfato. La mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento, respectivamente en el paso (e) del procedimiento puede contener sulfato de calcio procedente del material de partida, ya que en lo que se refiere en especial a los componentes antes mencionados, no son eliminados,

respectivamente modificados químicamente, al menos de manera no esencial sobre la base de los pasos de procedimiento expuestos para la depuración de los correspondientes componentes metálicos, respectivamente componentes de metal noble, de manera que estos se hallan en la mezcla de productos remanente como tales al menos de manera esencialmente completa.

- 5 En relación con ello se puede prever según el invento desde el punto de vista de la mezcla de productos todavía remanente en especial una separación, respectivamente procesamiento de dióxido de silicio. Por ejemplo, puede tener lugar una reducción en silicio, por ejemplo sobre la base de la siguiente ecuación (ix) de reacción:



- 10 En lo que se refiere por lo demás al sulfato de calcio remanente en la mezcla de productos, se puede utilizar este como tal, por ejemplo para la fabricación de elementos de construcción de yeso o análogos.

El presente invento se refiere igualmente de acuerdo con este aspecto del presente invento a un procedimiento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o residuos de minerales en forma de residuos de pirita, de manera preferente los residuos de la tostación de pirita generados en la fabricación de ácido sulfúrico, en especial como se definió más arriba, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos de procedimiento:

- 15 (a) obtención, en especial preparación de un material de partida en forma de al menos un mineral y/o un residuo de mineral, en especial al menos un residuo de pirita con preferencia al menos un residuo de tostación de pirita procedente de la fabricación de ácido sulfúrico, conteniendo el material de partida

(i) hierro como componente principal y

(ii) al menos un metal noble elegido entre el oro y/o la plata así como

- 20 (iii) al menos otro metal, de manera preferente elegido del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo, con preferencia del grupo de cobre, cinc, plomo y cobalto.

- (b) Tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material de partida preparado en el paso (a) del procedimiento utilizando al menos un medio de oxidación, en especial oxígeno, obteniendo óxido de hierro y óxidos de los restantes metales, siendo transferido el hierro durante el tratamiento de oxidación al menos esencialmente de manera completa en la forma trivalente, en especial en hierro(III), con preferencia en óxido de hierro(III) y/o durante el tratamiento de oxidación se obtiene hierro(III) y/o durante el tratamiento de oxidación se transforma el óxido de hierro(III) y/o el óxido de hierro(II) en óxido de hierro(III).
- 25

- (c) Cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento, en especial óxidos, utilizando al menos un medio de cloración reciclable, comprendiendo la cloración de óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales, obteniendo en especial cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3) y cloruros de los restantes metales,
- 30

utilizando cloruro de amonio (NH_4Cl) como medio de cloración, obteniendo amoniaco (NH_3) como producto de transformación química procedente del (NH_4Cl) durante la cloración,

- 35 reciclando el cloruro de amonio (NH_4Cl) por recuperación y/o separación del amoniaco (NH_3) y posterior reacción del amoniaco (NH_3) con un compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl),

realizando el reciclado del cloruro de amonio (NH_4Cl) en un dispositivo de reacción y de condensación y

utilizando el cloruro de amonio (NH_4Cl) reciclado nuevamente para la cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento;

- 40 (d) separación del cloruro de hierro obtenido en el paso (c) del procedimiento, con preferencia el cloruro de hierro(III) (FeCl_3) y eventualmente de los cloruros de los restantes metales de la mezcla de productos obtenida en el paso (c) del procedimiento,

teniendo lugar la separación del cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3) de la mezcla de productos por sublimación,

- 45 desublimando el cloruro de hierro separado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3), para la obtención de cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III), sólido y/o purificado

reduciendo el cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III), separado y en especial sublimado para la obtención de hierro metálico utilizando como medio de reducción hidrógeno, resultando de la reducción cloruro de hidrógeno (HCl), utilizando el cloruro de hidrógeno (HCl) para el reciclado de cloruro de amonio (NH_4Cl), en especial como se define en el paso (c) del procedimiento;

(e) separación del metal noble, en especial oro y/o plata a partir de la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento;

5 teniendo lugar la cloración realizada en el paso (c) de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento y la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro realizado en el paso (d) del procedimiento en un dispositivo común, poseyendo el dispositivo común una primera sección para la realización del paso (c) del procedimiento y una segunda sección para la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro,

y siendo realizados los pasos (a) a (e) de procedimiento antes mencionados en el orden indicado anteriormente.

En especial, el procedimiento según el invento también puede ser realizado utilizando la instalación de recuperación según el invento definida en lo que sigue.

10 Como se expuso anteriormente, el procedimiento según el invento es descrito en lo que sigue por medio de las reivindicaciones secundarias y subordinadas del procedimiento así como haciendo referencia a la correspondiente representación en las figuras.

15 Como resultado, sobre la base del presente invento se divulga un procedimiento altamente eficiente en especial para la purificación, respectivamente el aislamiento selectivo y amplio de metales, en especial para la obtención de hierro metálico así como de otros componentes metálicos y eventualmente de metales nobles, como oro y plata, en especial a partir de desechos de pirita, como residuos de tostación de pirita.

20 De acuerdo con una forma de ejecución especial del presente invento se puede proceder de tal modo, que los residuos de tostación de pirita previamente secados a 120°C, se someten a una tostación oxidativa a 700°C con el fin de llevar el hierro en a la forma trivalente. A continuación se pueden tratar los residuos de tostación de pirita oxidados con cloruro de amonio sólido a una temperatura de 300°C para llevar el hierro a la forma de cloruro obteniendo amoniaco y agua en la fase gaseosa. Después se puede separar de la mezcla de productos el cloruro de hierro por sublimación. El cloruro de hierro es transformado, respectivamente sublimado a una temperatura de 950°C en la fase gaseosa, permaneciendo el dióxido de silicio y el sulfato de calcio así como los cloruros de los restantes metales y los componentes de los metales nobles en la mezcla de productos sólida. La mezcla de productos remanente posee en comparación con el material de partida un mayor contenido en metales nobles. A continuación se puede reducir, respectivamente tratar el cloruro de hierro con hidrógeno para obtener hierro metálico y gas de cloruro de hidrógeno. Las corrientes de gas de amoniaco y de cloruro de hidrógeno pueden ser reunidas para la formación renovada de cloruro de amonio y pueden reaccionar entre sí. De la mezcla de productos remanente después de la eliminación del cloruro de hierro se pueden transferir los cloruros de los restantes metales a una solución y ser separados por tarquinización. La mezcla residual de productos así obtenida puede ser tratada después de la eliminación de los cloruros de los restantes metales con una solución de cianuro para transferir el oro y la plata a una forma soluble. El resto remanente en la mezcla de productos purificada, que comprende una mezcla de dióxido de silicio (cuarzo) y sulfato de calcio (yeso) puede ser separado por medio de una filtración de la solución, que contiene oro, respectivamente plata. Finalmente se puede obtener por precipitado el metal noble en forma de oro, respectivamente plata.

40 En lo que sigue se describirá el presente invento sobre la base del procedimiento según el invento por medio de ejemplos de ejecución preferidos, respectivamente dibujos, respectivamente representaciones gráficas, que representan formas de ejecución. En relación con la descripción de estos ejemplos de ejecución preferidos del procedimiento según el invento, que, sin embargo, no están limitados en modo alguno al procedimiento según el invento, también se divulgan otras ventajas, propiedades, aspectos y características del presente invento.

En el dibujo muestran:

45 La figura 1, una representación, respectivamente vista de conjunto esquemática del procedimiento según el invento para la recuperación de metales a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, de manera preferente para la recooperación de metales a partir de residuos de pirita, de manera preferente de los residuos de tostación de pirita generados en la fabricación de ácido sulfúrico.

La figura 2, otra representación, respectivamente vista de conjunto del procedimiento según el invento de acuerdo con otra forma de ejecución preferida según el invento.

La figura 1 esquematiza una forma de ejecución especial del procedimiento según el invento, como se definirá en lo que sigue:

50 En especial la figura 1 muestra la conducción según el invento del procedimiento, según la que en primer lugar se dispone respectivamente aporta la materia RM prima, tratándose en este caso en especial de un mineral, respectivamente un residuo de mineral en especial un residuo de pirita, respectivamente con preferencia de los residuos de tostación de pirita generados en la fabricación de ácido sulfúrico. La materia RM prima contiene en especial hierro, con preferencia como componente principal y al menos un metal noble, en especial oro y/o plata, así como otro metal, elegido de manera preferente del grupo de cobre, cinc, plomo y cobalto, estando presentes en especial el hierro así como el otro metal en forma de óxidos.

En el peso (a) del procedimiento tiene lugar entonces el tratamiento, en especial la preparación, de un material AM de partida sobre la base de la materia RM prima utilizada. La preparación puede comprender un triturado de la materia RM prima y/o un secado de la materia RM prima para obtener del material AM de partida preparado.

5 A continuación se somete el material AM de partida, como se representa en la figura 1, según el paso (b) del procedimiento a un tratamiento de oxidación, que puede ser realizado en especial como calcinación, respectivamente tostación oxidativa. En relación con ello se utiliza en especial un medio de oxidación como aire y/u oxígeno. El resultado es un material OP con correspondientes productos de oxidación, comprendiendo los productos de oxidación en especial óxido de hierro y eventualmente los óxidos de los restantes metales. En especial en relación con el óxido de hierro se obtiene óxido de hierro(III).

10 La figura 1 muestra, además, que en un paso (c) adicional del procedimiento tiene lugar una cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento, en especial óxidos, de manera, que de manera correspondiente resultan productos CP clorados. La cloración de los óxidos tiene lugar con un medio de cloración reciclable en forma de cloruro de amonio (NH₄Cl). Partiendo del óxido de hierro(III) se obtienen, por un lado, cloruro de hierro(III) (FeCl₃) y partiendo de los restantes óxidos de metales los correspondientes cloruros de los restantes metales (Me_xCl_y) con Me = Cu, Zn, Pb, Co, Ti, V, respectivamente Cr, en especial Cu, Zn, Pb, respectivamente Co.

15 Los productos CP clorados obtenidos con la cloración pueden ser separados, respectivamente aislados de la mezcla de productos obtenida en el paso (c) del procedimiento, como se expone en la figura 1 según del paso (d) de procedimiento allí mostrado. En especial, el posible, que el cloruro de hierro(III) (FeCl₃) obtenido anteriormente en el paso (c) del procedimiento se sublima en el paso (d) del procedimiento, de manera, que se obtenga cloruro de hierro(III) (FeCl₃(g)) gaseoso, que puede ser separado correspondientemente de la mezcla residual sólida.

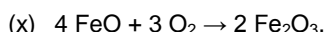
20 En relación con ello muestra, además, la figura 1, que el cloruro de hierro(III) en especial gaseoso así obtenido puede ser desublimado, por un lado, para la obtención de cloruro de hierro(III) sólido y que, por otro, el cloruro de hierro(III) en especial gaseoso puede ser sometido a una reducción de hierro metálico (Fe). Los productos de reacción, que se generan en la reducción de cloruro de hierro(III) en hierro metálico, en especial en forma de un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno, pueden ser utilizados como se representa igualmente de manera esquemática en la figura 1, para el reciclado del medio de cloración, haciendo reaccionar el compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno, con el producto de transformación química resultante del medio de cloración durante la cloración, en especial con amoníaco (NH₃) gaseoso, de manera, que de este modo se obtiene nuevamente el medio de cloración en forma de cloruro de amonio (NH₄Cl), que puede ser utilizado nuevamente en el paso (c) del procedimiento.

25 La figura 1 muestra, además, que en el paso (c) del procedimiento también puede ser realizada una separación de los cloruros de los restantes metales (Me_xCl_y), que sigue en especial a la separación del cloruro de hierro(III). Del paso (d) del procedimiento una mezcla (VP) productos remanente, que eventualmente puede ser llevada según el paso (e) del procedimiento, como se representa igualmente en la figura 1, a una purificación adicional, en especial desde el punto de vista de la separación de metales nobles, como oro y/o plata. La mezcla sólida de productos liberada del oro y de la plata remanente en el paso (e) del procedimiento comprende en especial sulfato de calcio y dióxido de silicio, pudiendo ser sometido el dióxido de silicio a una reducción para la obtención de silicio elemental.

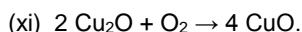
30 La figura 2 esquematiza otra forma especial de ejecución del procedimiento según el invento, que se describirá en lo que sigue:

40 como se representa en la figura 2 se puede obtener, partiendo de un material bruto, como en especial residuos de tostación de pirita, 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, por secado y triturado un material de partida preparado.

45 El material, de partida sí obtenido puede ser sometido a una oxidación, respectivamente calcinación, por ejemplo con temperaturas de 700°C en presencia de un medio de oxidación, como aire y/u oxígeno. El tratamiento de oxidación conduce en especial a la obtención de óxidos, en especial también con incremento del escalón de oxidación de los correspondientes elementos metálicos. Así por ejemplo, en el caso de hierro se obtiene partiendo de óxido de hierro(II) o de óxido de hierro (II,III) sobre todo óxido de hierro(III) de acuerdo con el siguiente esquema de reacción:



50 Igualmente se puede obtener, partiendo del óxido de cobre (I), sobre todo, el óxido de cobre (II) de acuerdo con el siguiente esquema de reacción :



Lo mismo es válido en general para los elementos de los restantes metales.

Por lo que se refiere al metal noble, en especial oro, este no se oxida en general en el marco del tratamiento de oxidación, debido en general a sus propiedades nobles. Para la plata puede tener lugar al menos en parte una transformación química en el óxido.

5 La figura 2 representa, además, a título de ejemplo la cloración de los productos de oxidación obtenidos anteriormente utilizando un medio de cloración en forma de cloruro amónico, que se puede agregar a los productos de oxidación en forma sólida, por ejemplo en forma de un polvo de cloración puede tener lugar por ejemplo con temperaturas de 300°C. En ella resulta de manera correspondiente en relación con el óxido de hierro (III) cloruro de hierro(III) (FeCl_3), así como, sólo como ejemplo, para el óxido de cobre de manera correspondiente cloruro de cobre (CuCl_2). Lo mismo es válido para los óxidos de los restantes metales. De la cloración realizada puede resultar en especial amoniaco gaseoso (NH_3) como producto de la reacción química resultante del medio de cloración, en especial cloruro amónico (NH_4Cl).

La figura 2 pone de manifiesto en relación con ello, que el amoniaco (NH_3) en especial gaseoso resultante puede ser evacuado y ser llevado en la fase gaseosa a la reacción con un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno, para la obtención de medio de cloración reciclado en forma de cloruro amónico (NH_4Cl).

15 En lo que se refiere al ulterior desarrollo del procedimiento, se pueden eliminar de la mezcla de productos los productos clorados en especial cloruro de hierro y eventualmente los cloruros de los restantes metales. La figura 2 muestra, además, que el cloruro de hierro(III) (FeCl_3) puede ser eliminado por sublimación, en especial a temperaturas de 350°C, pudiendo ser llevado a la fase gaseosa y ser eliminado así de la mezcla de productos.

20 Una vez realizada la sublimación, respectivamente la eliminación del cloruro de hierro(III) se pueden eliminar como se representa en la figura 2, de la mezcla de productos los cloruros de los restantes metales, como (CuCl_2), (ZnCl_2), (CoCl_2), (PbCl_2), etc. y ello en especial por tarquinización, respectivamente dispersión de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro(III) con la correspondiente transformación de los cloruros solubles en una solución, respectivamente suspensión, en especial acuosa, seguida de la separación de la solución, respectivamente dispersión.

25 En lo que se refiere por lo demás al cloruro de hierro(III) presente por sublimación y en especial en estado gaseoso se puede proceder de acuerdo con el procedimiento según el invento sobre la base de dos formas de ejecución distintas, como se representa en la figura 2. Por un lado se puede desublimar el cloruro de hierro(III) en especial gaseoso por medio de una desublimación en cloruro de hierro(III) sólido para la obtención del correspondiente producto final. Por otro lado, en especial el cloruro de hierro(III) a una reducción, en especial a 7600°C, pudiendo utilizar como medio de reducción por ejemplo hidrógeno. La reducción se puede desarrollar en especial de acuerdo con la siguiente ecuación de reacción $2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{Fe} + 6 \text{HCl}$. De esta manera se obtiene hierro metálico. En el marco del presente invento es igualmente posible, que las dos formas de ejecución expuestas anteriormente se realicen al mismo tiempo, respectivamente en paralelo.

35 La figura 2 muestra, además, que el cloruro de hidrógeno obtenido en la reducción de cloruro de hierro(III) puede ser evacuado y utilizado para el reciclado del medio de cloración mencionado anteriormente.

40 En lo que se refiere por lo demás a la mezcla de productos liberada de los cloruros de los metales mencionados, puede tener igualmente una separación del metal noble, en especial oro y/o plata, como se representa en la figura 2. Así por ejemplo, los metales nobles, como oro y/o plata, pueden ser llevados, en especial por medio de una reacción de formación de complejos, a una solución, respectivamente suspensión, en especial acuosa, por ejemplo utilizando una lixiviación correspondiente de cianuro. La reacción de formación de complejos para la base de la siguiente ecuación de reacción:

45 La figura 2 muestra, además, que los metales nobles llevados a una solución, respectivamente suspensión, en especial el oro y la plata, pueden ser purificados adicionalmente por un filtrado, respectivamente separación adicional de los componentes sólidos para obtener una solución de metal noble respectivamente una suspensión de metal noble purificada. De esta solución, respectivamente suspensión se puede obtener por medio de una extracción, respectivamente una precipitación, respectivamente una adsorción el metal noble aislado, en especial oro y/o plata. En relación con ello muestra la figura 2 a título de ejemplo la reacción básica con la utilización de un medio de precipitación como cinc o aluminio: $2 \text{Na}[\text{Em}(\text{CN})_2] + \text{Fm} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Fm}(\text{CN})_2] + 2 \text{Em}$; Em = Au o Ag así como Fm = medio de precipitación (Zn o Al).

50 En lo que se refiere por lo demás a la mezcla de productos remanente, contiene esta en especial sulfato de calcio así como dióxido de silicio, pudiendo ser transformado el dióxido de silicio por medio de una reducción correspondiente, utilizando por ejemplo carbono como medio de reducción, en silicio, como se representa igualmente en la figura 2.

55 Además el presente invento se refiere - de acuerdo con otro aspecto del presente invento - a la instalación de recuperación según el invento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o de residuos de minerales en forma de residuos de pirita, con especial preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita generados en la fabricación de ácido sulfúrico, en especial una instalación de recuperación para la realización del procedimiento definido anteriormente, comprendiendo la instalación de recuperación:

- (a) al menos un dispositivo para la obtención y/o la preparación para la obtención, en especial preparación, de un material de partida en forma de al menos un mineral y/o un residuo de mineral, en especial al menos un residuo de pirita, con preferencia al menos un residuo de tostación de pirita, generado en la fabricación de ácido sulfúrico, conteniendo el material de partida (i) hierro como componente principal, (ii) al menos un metal noble elegido entre oro y/o plata así como (iii) al menos otros metales del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo.
- (b) al menos un dispositivo de oxidación y/o de tostación para el tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material de partida preparado, para la obtención de óxido de hierro y eventualmente los óxidos de los restantes metales como productos de oxidación en la mezcla de productos resultante.
- (c) al menos un dispositivo de cloración para la cloración de los productos de oxidación, en especial los óxidos, en la mezcla de productos y para la utilización de al menos un medio de cloración reciclable para la cloración del óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales para la obtención de cloruro de hierro y los cloruros de los restantes metales en la mezcla de productos, siendo realizada la cloración como reacción en fase sólida, poseyendo el dispositivo de cloración al menos un dispositivo de admisión para la aportación del medio de cloración utilizado para la cloración realizada como reacción en fase sólida, poseyendo la instalación al menos un dispositivo de reacción y de condensación para el reciclado del medio de cloración reciclable, estando unido el dispositivo de reacción y de condensación con el dispositivo de cloración y siendo realizada la cloración utilizando cloruro de amonio como medio de cloración;
- (d) al menos un dispositivo de separación para la separación del cloruro de hierro de la mezcla de productos; y
- (e) al menos un dispositivo de separación y/o de filtrado para la separación del metal noble, en especial oro y/o plata, de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro y de los cloruros de los restantes metales;
- estando agrupados el dispositivo de cloración y el dispositivo de separación en un dispositivo común y
- estando dispuestos los dispositivos mencionados más arriba en el orden indicado aguas abajo en la dirección del proceso.
- La instalación de recuperación según el invento se presta de manera especial para su utilización en el marco del procedimiento según el invento descrito anteriormente. La instalación de recuperación hace en especial posible, por un lado, una purificación, respectivamente separación eficiente y amplia de los componentes metálicos a partir del material de partida utilizado, pudiendo obtener en relación con ello en especial hierro en forma metálica como material bruto para su utilización ulterior, en especial industrial, así como metales nobles en forma de oro y plata. Por otro lado, la instalación de recuperación según el invento hace posible el reciclado del medio de cloración prevista en especial en relación con el procedimiento según el invento y ligado con las correspondientes ventajas económicas y ecológicas.
- Para otras consideraciones relacionadas con la instalación de recuperación según el invento se puede remitir a las reivindicaciones subordinadas referentes a la instalación de recuperación según el invento y a las correspondientes representaciones en las figuras.
- El presente invento se especificará ahora con relación a la instalación de recuperación según el invento por medio de dibujos, respectivamente representaciones gráficas, que representan ejemplos de ejecución preferidos, respectivamente formas de ejecución preferidas. En relación con la explicación de estos ejemplos de ejecución preferidos del presente invento, que, sin embargo, no son limitadoras en modo alguno en relación con el presente invento, se expondrán también otras ventajas, propiedades, aspectos y características del presente invento.
- En las demás representaciones gráficas muestran
- la figura 3, una representación, respectivamente vista de conjunto esquemática de la instalación A de recuperación según el invento, de manera preferente para la obtención de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, con preferencia la recuperación de metales a partir de residuos de pirita, con preferencia partir de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico;
- la figura 4, otra representación respectivamente vista de conjunto esquemática de la instalación A de recuperación según el invento de acuerdo con otra forma de ejecución según el invento.
- Las figuras 3 y 4 esquematizan con ello formas de ejecución preferidas de la instalación A de recuperación según el invento, como se define en lo que sigue:
- En especial, la figura 3 y la figura 4 muestran en especial la instalación A de recuperación según el invento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o residuos de minerales en forma de residuos de pirita, con especial preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico, en especial la instalación A de recuperación para la realización del procedimiento antes definido, comprendiendo la instalación A de recuperación:

- (a) al menos un dispositivo 1 de obtención y/o de preparación para la obtención, en especial preparación, de un material de partida en forma de al menos un mineral y/o residuo de mineral, en especial al menos un residuo de pirita, con preferencia al menos un residuo de tostación de pirita generado en la fabricación de ácido sulfúrico, conteniendo el material de partida (i) hierro como componente principal, (ii) al menos un metal noble elegido entre oro y/o plata así como (iii) al menos otros metales del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo.
- (b) al menos un dispositivo 2 de oxidación y/o de tostación para el tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material de partida preparado para la obtención de óxido de hierro y eventualmente los óxidos de los restantes metales como productos de oxidación en la mezcla de productos resultante.
- (c) al menos un dispositivo 3 de cloración para la cloración de los productos de oxidación, en especial los óxidos, en la mezcla de productos y para la utilización de al menos un medio de cloración reciclable para la cloración del óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales para la obtención de cloruro de hierro y los cloruros de los restantes metales en la mezcla de productos, siendo realizada la cloración como reacción en fase sólida, poseyendo el dispositivo 3 de cloración al menos un dispositivo 8 de admisión para la aportación del medio de cloración utilizado para la cloración realizada como reacción en fase sólida, poseyendo la instalación al menos un dispositivo de reacción y de condensación 10 para el reciclado del medio de cloración reciclable, estando unido el dispositivo de reacción y de condensación 10 con el dispositivo 3 de cloración y siendo realizada la cloración utilizando cloruro de amonio como medio de cloración;
- (d) al menos un dispositivo 4 de separación para la separación del cloruro de hierro de la mezcla de productos; y
- (e) al menos un dispositivo 5 de separación y/o de filtrado para la separación del metal noble, en especial oro y/o plata de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro y de los cloruros de los restantes metales;
- estando agrupados el dispositivo 3 de cloración y el dispositivo 4 de separación en un dispositivo 24 común y
- estando dispuestos los dispositivos 1, 2, 3, 4, 5 mencionados más arriba en el orden indicado aguas abajo en la dirección del proceso.
- Como se expone en la figura 4 con detalle, el dispositivo 1 de obtención y/o de preparación puede comprender al menos un dispositivo 6 de trituración, en especial para triturar y/o homogenizar el material de partida, respectivamente un dispositivo 7 de secado, en especial para el secado del material de partida. De acuerdo con una forma de ejecución preferida según el invento se puede disponer el dispositivo 7 de secado aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 6 de trituración.
- En lo que se refiere, además, a la instalación A de recuperación según el invento, se puede elegir el dispositivo 2 de oxidación y/o de tostación del grupo de hornos rotativos, hornos de tambor, hornos de capa fluidizada y reactores de corriente en suspensión. El dispositivo 2 de oxidación y/o de tostación puede poseer al menos un dispositivo para la aportación de al menos un medio de oxidación, en especial aire y/u oxígeno.
- Además, el dispositivo 3 de cloración puede ser elegido del grupo de hornos tubulares, de hornos rotativos y de hornos de tambor.
- Como se desprende de la figura 4, el dispositivo 3 de cloración posee al menos un dispositivo 8 para la aportación de un medio de cloración, en especial cloruro de amonio (NH_4Cl). El dispositivo 3 de cloración puede poseer, además, al menos un dispositivo 9 de evacuación y/o de expulsión, en especial para la recuperación y/o la separación del medio de cloración de los productos de la transformación química resultantes en la cloración de los productos de oxidación, en especial de amoníaco (NH_3), de manera preferente gaseoso.
- Además de la figura 3 y de la figura 4 se desprende, que la instalación A de recuperación posee al menos un dispositivo 10 de reacción y de condensación. El dispositivo de reacción y de condensación sirve en especial para reunir, respectivamente llevar al contacto y a la reacción el amoníaco (NH_3) en especial gaseoso, por un lado, y al menos un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), por otro, para la obtención del medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl).
- El dispositivo 10 de reacción y de condensación está unido con el dispositivo 3 de cloración, en especial desde el punto de vista de que el amoníaco gaseoso del dispositivo 3 de cloración puede ser llevado al dispositivo 10 de reacción y de condensación con preferencia de manera independiente entre sí, desde el dispositivo 10 de reacción y de condensación al dispositivo 3 de cloración.
- La instalación A de recuperación según el invento hace posible con ello, debido a la peculiaridad de los aparatos, la utilización definida de un dispositivo 10 de reacción y de condensación, el reciclado del medio de cloración.
- En general, el dispositivo 10 de reacción y de condensación tal como se representa esquemáticamente en la figura 3, puede recoger el compuesto inorgánico de cloro resultante en relación con la reducción del cloruro de hierro

separado de la mezcla de productos en el dispositivo 4 de separación, que sirve para el reciclado del medio de cloración.

En lo que se refiere en especial al dispositivo 10 de reacción y de condensación, se puede prever según el invento, que, como se representa en la figura 4, posea este un dispositivo 11 de aportación y/o admisión de amoníaco (NH_3) en especial gaseoso, respectivamente al menos un segundo dispositivo 12 para la aportación o admisión de al menos un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), y/o al menos un dispositivo 13 de evacuación y/o de expulsión, en especial para la recuperación y/o separación del medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl). En este caso es ventajoso según el invento, que el dispositivo 11 de aportación esté unido con el dispositivo 9 de evacuación y/o de expulsión del dispositivo 3 de cloración. Igualmente es ventajoso, que el dispositivo 13 de evacuación y/o de expulsión esté unido con el dispositivo 8 de aportación del dispositivo 3 de cloración. Con ello se hace posible un transporte eficiente y selectivo de productos de los eductos, respectivamente productos relevantes desde el punto de vista del medio de cloración.

En lo que se refiere, además, a la instalación A de recuperación se puede prever de acuerdo con una forma de ejecución preferida según el invento, que el dispositivo 4 de separación se configure como dispositivo de sublimación. El dispositivo 4 de separación puede ser en especial un horno tubular rotativo, un horno de tambor y/o un horno de capa fluidizada. El dispositivo de separación debería poseer igualmente al menos un dispositivo 25 para la extracción, respectivamente evacuación del cloruro de hierro en especial gaseoso, en especial cloruro de hierro(III).

La figura 4 muestra, además, una forma de ejecución según el invento, en la que el dispositivo 3 de cloración y el dispositivo 4 de separación están agrupados en un dispositivo 24 común.

En relación con ello se puede configurar el dispositivo 24 común en forma de un horno tubular rotativo común, en especial con al menos, de manera preferente, dos tramos de temperatura. En especial puede reinar en el primer tramo de temperatura, respectivamente en la primera zona de temperatura, la temperatura necesaria para la cloración de los componentes metálicos, pudiendo tener lugar la cloración de los componentes metálicos del material con los productos de oxidación obtenidos anteriormente por adición del medio de cloración, transfiriendo después la mezcla de productos resultante con los componentes metálicos clorados al segundo tramo de temperatura, respectivamente zona de temperatura, en la que reina la temperatura necesaria para la sublimación en especial del cloruro de hierro(III). El dispositivo 24 común debería poseer en relación con ello los correspondientes dispositivos para la aportación del medio de cloración así como para la evacuación del medio de cloración de los productos de transformación química resultantes durante la cloración, en especial el amoníaco (NH_3), así como al menos un dispositivo 25 adicional para la extracción, respectivamente evacuación del cloruro de hierro en especial gaseoso, en especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3), como el que resulta de la sublimación.

La figura 4 muestra, además, una forma de ejecución según el invento en la que la instalación A de recuperación posee, además, al menos un dispositivo 14 de desublimación, en especial para la recepción y la desublimación de, en especial, cloruro de hierro sublimado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3), respectivamente para la obtención de cloruro de hierro sólido, respectivamente purificado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3). El dispositivo 14 de desublimación debería estar unido en este caso con el dispositivo 4 de separación, en especial con el dispositivo 25 del dispositivo 4 de separación para la extracción, respectivamente evacuación del cloruro de hierro, en especial gaseoso, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3). En relación con ello debería poseer el dispositivo 14 de desublimación al menos un dispositivo 19 de aportación, en especial para la recepción de cloruro de hierro, en especial sublimado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3), de manera preferente del dispositivo 4 de separación.

El dispositivo de desublimación puede ser configurado por ejemplo como dispositivo de enfriamiento y/o de condensación.

La figura 4 muestra también una forma de ejecución según el invento en la que la instalación A posee al menos un dispositivo 15 de reducción, en especial para la reducción del cloruro de hierro sublimado, en especial cloruro de hierro(III) y para la obtención de hierro metálico. En relación con ello, el dispositivo 15 de reducción debería estar unido con el dispositivo 4 de separación. Además, el dispositivo 15 de reducción debería poseer al menos un dispositivo 16 de aportación, en especial para la recepción de, en especial, cloruro de hierro sublimado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3), con preferencia del dispositivo 4 de separación.

En especial, el dispositivo 15 de reducción puede estar unido, como se expuso anteriormente, con el dispositivo 4 de separación, en especial para la recepción de cloruro de hierro. Con preferencia, el dispositivo 15 de reducción está unido en este caso por medio del dispositivo 16 de aportación con el dispositivo 25 para la extracción, respectivamente evacuación de, en especial, cloruro de hierro sublimado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3).

En lo que se refiere, además, al dispositivo 15 de reducción puede poseer este al menos un segundo dispositivo 17 de aportación para la aportación y/o recepción de un medio de reducción, en especial hidrógeno o gas natural (metano).

En especial, el dispositivo 15 de reducción puede estar unido con el dispositivo 10 de reacción y de condensación, en especial para ceder un compuesto inorgánico de cloro formado en la reducción del cloruro de hierro, y la

- recepción en el dispositivo de reacción y de condensación . En relación con ello puede poseer el dispositivo 15 de reducción al menos un dispositivo 18 de extracción y/o de evacuación, en especial para la recuperación y/o la separación de al menos un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), que se forma en la reducción del cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) y/o para la evacuación de al menos un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), que se forma en la reducción del cloruro de hierro.
- 5 En especial debería estar unido el dispositivo 18 de extracción con el dispositivo 12 de aportación del dispositivo 10 de reacción y de condensación.
- De esta forma y manera es posible preparar y transferir a través de la reducción del cloruro de hierro desde la propia conducción del procedimiento el compuesto inorgánico de cloro necesario desde el punto de vista del reciclado del medio de cloración, facilitando la instalación A de recuperación según el invento las condiciones constrictivas para ello, como se expuso anteriormente.
- 10 La figura 4 muestra otra forma de ejecución de la instalación A según el invento, según la que la instalación A posee al menos una dispositivo 20 de tarquinización, respectivamente de dispersión, en especial para la separación y/o el aislamiento de cloruro de cobre, en especial cloruro de cobre(II) (CuCl_2) y/o de cloruro de cinc, en especial cloruro de cinc(II) (ZnCl_2) y/o de cloruro de plomo, en especial cloruro de plomo(II) (PbCl_2) y/o de cloruro de cobalto, en especial cloruro de cobalto(II) (CoCl_2) a partir de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl_3).
- 15 En relación con ello debería estar dispuesto el dispositivo 20 de tarquinización, respectivamente de dispersión aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 4 de separación, respectivamente aguas arriba en el sentido del proceso del dispositivo 5 de separación, respectivamente de filtrado. El dispositivo 20 de tarquinización respectivamente de dispersión sirve en especial para la tarquinización, respectivamente la dispersión de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro, en especial del cloruro de hierro(III) (FeCl_3), siendo transferidos a una solución, respectivamente suspensión los cloruros mencionados de los restantes metales. El dispositivo 20 de tarquinización, respectivamente dispersión puede poseer igualmente al menos un dispositivo 26 para la recepción de un medio de dispersión, respectivamente de solución y/o de suspensión, en especial agua, que sirva tanto para la tarquinización de la mezcla de productos, como también para la transferencia de los cloruros en cuestión de los otros metales a una solución, respectivamente suspensión. Además, el dispositivo de tarquinización respectivamente de dispersión debería poseer al menos un dispositivo 27 de evacuación para la extracción de la, con preferencia, solución, respectivamente suspensión acuosa de los cloruros de los restantes metales.
- 20 En especial, el dispositivo 20 de tarquinización y/o de dispersión puede ser una cuba de remoción, respectivamente un dispositivo en contracorriente, con preferencia con al menos un dispositivo 27 de extracción. El dispositivo de extracción sirve en especial para la extracción de la solución, respectivamente suspensión, en especial acuosa, de los cloruros de los restantes metales separados de la mezcla de productos.
- 25 La figura 4 muestra, además, una forma de ejecución según el invento en la que la instalación A posee al menos un dispositivo 21 de adición y/o de aportación, de manera preferente con un dispositivo 22 de adición, en especial para la adición de al menos un componente para la formación de complejos para la transferencia del metal noble, en especial oro y/o plata, a una solución y/o suspensión, con preferencia una solución. En relación con ello se puede elegir el compuesto para la formación de complejos del grupo de lixiviación de cianuro, solución de yodo/bromo y solución de tiosulfato.
- 30 En lo que se refiere al dispositivo 21 de adición se debería disponer este aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 4 de separación, en especial aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 20 de tarquinización y/o de dispersión y/o aguas arriba en el sentido del proceso del dispositivo 5 de separación y/o de filtrado. El dispositivo 21 de adición, respectivamente aportación sirve en especial para la recepción del cloruro de hierro, en especial el cloruro de hierro(III) así como de la mezcla de productos liberada de los cloruros de los restantes metales.
- 35 En el de adición, respectivamente de aportación se transforma por medio de la adición del componente antes mencionado el metal noble contenido en la mezcla de productos, en especial oro y/o plata, en una solución, respectivamente suspensión, utilizando para ello agua como medio de solución, respectivamente suspensión. En relación con ello puede poseer el dispositivo 21 de adición, respectivamente de aportación eventualmente también al menos un dispositivo para la recepción del medio de solución, respectivamente suspensión, en especial agua.
- 40 El dispositivo 21 de adición, respectivamente aportación sirve con ello en especial para la adición y/o para llevar al contacto del componente para la transferencia del metal noble a una solución y/o dispersión a, respectivamente con la mezcla de productos en especial tarquinizada, respectivamente dispersada, liberada del cloruro y hierro, en especial del cloruro de hierro(III) así como de los cloruro de los restantes metales.
- 45 Por ejemplo, en el caso del dispositivo 21 de adición, respectivamente aportación se puede tratar de una cuba de remoción o análogo.
- 50
- 55

Además, la instalación A según el invento puede poseer al menos un dispositivo 23 de extracción, en especial para la separación y/o obtención del metal noble en especial oro y/o plata, a partir de la solución y/o la suspensión. En relación con ello puede ser el dispositivo de extracción un dispositivo de precipitación y/o un dispositivo de sorción, en especial un dispositivo de adsorción.

- 5 El dispositivo 23 de extracción puede estar dispuesto en especial en el sentido del proceso aguas abajo del dispositivo 5 de separación y/o de filtrado.

El dispositivo 23 de extracción puede ser configurado por ejemplo de tal modo, que posea al menos un dispositivo 28 para la recepción del medio de precipitación, como en especial cinc o aluminio en forma de partículas. El oro precipitado de esta manera puede ser separado y aislado por medio de dispositivos de filtrado o de sedimentación correspondientes.

10 En el marco de la separación del metal noble también se pueden utilizar en general dispositivos de remoción, dispositivos de espesamiento así como dispositivos de filtrado, por ejemplo sobre la base de filtros de tambor, en especial filtros de tambor con vacío.

15 El correspondiente dispositivo respectivamente dispositivos de la instalación A de recuperación según el invento pueden estar unidos entre sí para garantizar el proceso de transporte de los productos, respectivamente los materiales por medio de dispositivos de transporte conocidos de por sí del técnico, por ejemplo sobre la base de dispositivos de transporte y/o de cintas transportadoras para el transporte del material presente en fase sólida y/o dispositivos de tuberías para el transporte de productos, que se halla en la fase gaseosa.

20 Además, la instalación de recuperación según el invento puede poseer al menos un dispositivo adicional para el tratamiento ulterior de la mezcla, en especial sólida, de productos remanente después de la eliminación del metal noble, en especial oro y/o plata. La instalación según el invento puede poseer 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.

25 En conjunto se crea en el marco del presente invento con la instalación A de recuperación según el invento un sistema eficiente para el tratamiento, en especial de residuos de pirita, como residuos de tostación de pirita, que haga posible la separación, respectivamente el aislamiento selectivo de diferentes materias primas relevantes desde el punto de vista económico-industrial. La instalación A de recuperación según el invento permite en especial la realización eficiente del procedimiento según el invento, en especial desde el punto de vista del reciclado del medio de cloración unido a una utilización de productos químicos y de energía reducida en conjunto.

30 El presente invento se refiere también en especial a una instalación A de recuperación, con preferencia como la definida anteriormente, en especial para la recuperación de metales a partir de minerales y/o residuos de minerales en forma de residuos de pirita, con especial preferencia a partir de los residuos de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico, en especial una instalación para reunir y/o llevar al contacto y a la reacción de amoníaco (NH_3) en especial gaseoso, por un lado, y al menos un compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), por otro, para la obtención de medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl), estando unido el dispositivo 10 de reacción y de condensación con el dispositivo 3 de cloración (esto último en especial para la recepción de amoníaco (NH_3) desde el dispositivo 3 de cloración y en especial para la cesión de medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio al dispositivo 3 de cloración).

35 (a) al menos un dispositivo 1 de creación y/o de preparación en especial para la creación, en especial preparación de un material de partida en forma de un mineral y/o de un residuo de mineral en formas de residuos de pirita, con especial preferencia de los residuos de tostación de pirita procedente de la fabricación de ácido sulfúrico, conteniendo el material de partida (i) hierro como componente principal, (ii) al menos un metal noble, elegido entre oro y/o plata, así como al menos (iii) otro metal elegido del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;

45 (b) al menos un dispositivo 2 de oxidación y/o de tostación para el tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material de partida preparado para la obtención de óxido de hierro y eventualmente de los óxidos de los restantes metales como productos de oxidación en la mezcla de productos resultante.

50 (c) al menos un dispositivo 3 de cloración para la cloración de los productos de oxidación, en especial los óxidos, en la mezcla de productos y para la utilización de al menos un medio de cloración reciclable para la cloración del óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales para la obtención de cloruro de hierro y de los cloruros de los restantes metales en la mezcla de productos, siendo realizada la cloración como reacción en fase sólida, poseyendo el dispositivo 3 de cloración al menos un dispositivo 8 de aportación para la aportación del medio de cloración utilizado para la cloración como reacción en fase sólida y

55 poseyendo la instalación A de recuperación al menos un dispositivo 10 de reacción y de condensación, en especial para reunir y/o llevar al contacto y a la reacción de amoníaco (NH_3) en especial gaseoso, por un lado, y al menos un compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), por otro, para la obtención de medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl), estando unido el dispositivo 10 de reacción

y de condensación con el dispositivo 3 de cloración (esto último en especial para la recepción de amoniaco (NH₃) desde el dispositivo 3 de cloración y en especial para la cesión de medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio al dispositivo 3 de cloración).

5 (d) al menos un dispositivo 4 de separación para la separación de la mezcla de productos del cloruro de hierro y eventualmente de los cloruros de los restantes metales, estando configurado el dispositivo 4 de separación como dispositivo de sublimación,

10 poseyendo la instalación A de recuperación, en especial conectado a continuación y/o aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 4m de separación, al menos un dispositivo 134 de resublimación, en especial para la recepción y la desublimación de, en especial, cloruro de hierro sublimado y/o para la obtención de, en especial cloruro de hierro sólido y/o purificado, en especial estando unido el dispositivo 14 de desublimación con el dispositivo 4 de separación (esto último en especial para la recepción de cloruro de hierro en especial gaseoso del dispositivo 4 de separación) y/o

15 poseyendo la instalación A de recuperación, en especial conectado a continuación y/o aguas abajo en el sentido del proceso del dispositivo 4 de separación, al menos un dispositivo 15 de reducción, en especial para la reducción de cloruro de hierro, en especial sublimado, en especial cloruro de hierro(III) (FeCl₃) y para la obtención de hierro metálico y/o para la obtención de al menos un compuesto inorgánico de cloro, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), en especial estando unido el dispositivo 15 de reducción con el dispositivo 4nm de separación(esto último en especial para la recepción de, en especial cloruro de hierro gaseoso del dispositivo 4 de separación) y/o estando unido el dispositivo 15 de reducción con el dispositivo 10 de reacción y de condensación (esto último para la entrega de al menos un compuesto inorgánico de cloro al dispositivo 10 de reacción y de condensación; y

20 (e) al menos un dispositivo 5 de separación y/o de filtrado para la separación del metal noble, en especial, oro y/o plata, de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro y eventualmente de los cloruros de los restantes metales;

estando agrupados el dispositivo 3 de cloración y el dispositivo 4 de separación en un dispositivo 24 común y

25 los dispositivos 1, 2, 3, 4, 5 antes mencionados están dispuestos en el orden indicado aguas abajo en el sentido del proceso y estando dispuestos los dispositivos 10, 14, 15 antes mencionados como se definió anteriormente.

30 Finalmente, el presente invento se refiere - de acuerdo con un aspecto **adicional** del presente invento - a la utilización de una instalación A de recuperación, en especial como la definida anteriormente, en un procedimiento para la obtención de materias primas a partir de minerales, respectivamente residuos de minerales, de manera preferente del residuo de tostación de pirita procedentes de la fabricación de ácido sulfúrico, en especial como se definió anteriormente.

Otras configuraciones, aliteraciones, variaciones, modificaciones, peculiaridades y ventajas del presente invento pueden ser identificadas y realizadas sin más por el técnico al leer la descripción, sin que con ello abandonar el marco del presente invento.

35 El presente invento se expondrá por medio del siguiente ejemplo de ejecución, que en ningún caso quiere limitar el presente invento.

Ejemplo de ejecución

Realización procedimiento según el invento de acuerdo con una forma de ejecución preferida del presente invento

40 El procedimiento según el invento puede ser realizado de acuerdo con una forma especial de ejecución del presente invento como se describe a continuación:

1. Preparación del material:

45 Como material bruto se utiliza una cantidad de 1.000 kg de un residuo de pirita en forma de residuo de tostación de pirita procedente de la fabricación de ácido sulfúrico. El material bruto se somete en primer lugar a un secado a 120°C. Una muestra del material bruto es analizada utilizando un espectrómetro de masas con plasma acoplado de manera inductiva (ICP; ELAN modelo DRC) desde el punto de vista de su composición elemental. El material de partida contiene los siguientes componentes elementales, estando referidas las cantidades en masa al correspondiente elemento.

Elemento	Cantidad en 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	Ca 4,4% en peso

Un análisis adicional del material de partida utilizado muestra, que el 65% del hierro se halla en forma de óxido de hierro(III) (Fe_2O_4) así como el 35% del hierro se halla en forma de óxido de hierro(II) (Fe_2O_3). Además, el silicio se halla en forma de óxido de silicio y el calcio en forma de sulfato de calcio. Los restantes metales se hallan, con excepción del oro, en forma de sus óxidos.

5 El material de partida obtenido por secado se transforma como sigue

2 Tratamiento de oxidación del material de partida:

10 A continuación se somete el material de partida seco a un tratamiento de oxidación, respectivamente a una calcinación (tostación oxidativa). Para ello se calienta el material de partida hasta una temperatura de 700°C. Con la tostación se consigue en especial la transformación del hierro en la forma trivalente, obteniendo óxido de hierro(III) (Fe_2O_3). la mezcla de productos obtenida se analiza desde el punto de vista de su composición. La mezcla de productos obtenida después del tratamiento de oxidación contiene hierro, ahora al menos de manera esencial en forma de óxido de hierro(III) (Fe_2O_3). Los restantes metales con excepción del oro y del calcio se hallan en forma de Óxidos, en especial en el escalón de oxidación más alto del correspondiente metal.

3 Cloración del hierro así como de los restantes metales:

15 Los productos de oxidación obtenidos anteriormente, en especial sobre la base de óxido de hierro(III) así como de los óxidos de los restantes metales, como cobre, cinc, plomo y cobalto así como plata se someten a una cloración, agregando para ello a la mezcla de productos obtenida cloruro de amonio (NH_4Cl) sólido, respectivamente en forma de polvo. La mezcla resultante se calienta hasta una temperatura de 300°C . Con ello se transforma el óxido de hierro(III) en cloruro de hierro(III) (FeCl_3) liberando amoníaco y agua. El amoníaco gaseoso resultante es eliminado, respectivamente extraído y utilizado para el reciclado del medio de cloración, como se describe bajo 6.

Durante la cloración resultan igualmente los cloruros de los restantes metales, en especial cloruro de cobre, cloruro de cinc, cloruro de plomo y cloruro de cobalto así como eventualmente cloruro de plata (al menos en parte).

4. Eliminación de la mezcla de productos del cloruro de hierro así como de los cloruros los restantes metales

25 La mezcla de productos obtenida después de la cloración se calienta hasta 350°C para la sublimación selectiva del cloruro de hierro(III) (FeCl_3), siendo transferido el cloruro de hierro(III) a la fase gaseosa y extraído, respectivamente evacuado para el correspondiente tratamiento ulterior. A consecuencia de las distintas temperaturas de sublimación los cloruros de los restantes metales permanecen de momento al menos esencialmente en la mezcla de productos sólida. En la mezcla de productos permanecen, además, los correspondientes metales nobles así como el dióxido de silicio y el sulfato de calcio.

30 Los cloruro de los restantes metales se extraen a continuación de la mezcla de productos remanente por tarquinización, respectivamente dispersión de la mezcla de productos en agua, con lo que los cloruros de los restantes metales (esencialmente con exclusión del cloruro de plata) son disueltos debido a su buena solubilidad en agua y se separan, respectivamente aíslan de esta manera. Los cloruros de los restantes metales así aislados pueden ser separados, por ejemplo por medio de una sedimentación selectiva, respectivamente precipitación o sobre la base de procedimiento electroquímicos o sortivos, en especial adsortivos. De los cloruros así aislados también pueden ser obtenidos los metales como tales (por ejemplo por reducción). De esta manera se separan en especial los metales cobre, cinc, cobalto y plomo, mientras que los metales nobles (oro y plata) permanecen en el residuo sólido debido a su insolubilidad.

40 El resultado de un análisis de la mezcla de productos remanente es que, debido a la conducción según el invento del proceso, el contenido en hierro así como de los restantes metales en la mezcla de productos remanente, respectivamente en el residuo puede ser reducido en más del 90%. De ello resulta igualmente una concentración, respectivamente enriquecimiento de los componentes de metal noble, en especial de oro y/o plata en la mezcla de productos remanente. En relación con la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro y también de los cloruros de los restantes metales es posible hallar un contenido en oro de aproximadamente 6 g/t y de aproximadamente 30 g/t para la plata (mientras que el material de partida contiene aproximadamente 2 g/t de oro y 10 g/t de plata).

5. Procesamiento del cloruro de hierro(III) (FeCl_3)

El cloruro de hierro separado anteriormente por sublimación puede ser desublimado, de acuerdo con una primera variante del procedimiento según el invento por medio de un enfriamiento para la obtención de cloruro de hierro(III) (FeCl_3) sólido. El cloruro de hierro(III) (FeCl_3) así obtenido posee una pureza muy grande y puede ser comercializado como producto comercial.

- 5 De acuerdo con otra variante del procedimiento según el invento se puede someter en cloruro de hierro(III) sublimado 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 medio de reducción en forma de hidrógeno en la fase gaseoso. El resultado es hierro metálico así como cloruro de hidrógeno. Del cloruro de hidrógeno resultante se separa y. extrae como se describe en 6 para el reciclado del medio de cloración.
- 10 El hierro obtenido en la reducción es analizado adicionalmente con el procedimiento de fluorescencia de rayos X. El hierro metálico obtenido de la manera descrita posee un pureza de al menos el 99,9%. De acuerdo con este procedimiento según el invento se obtiene hierro metálico de alta pureza como producto comercial correspondiente.

6. Reciclado del medio de cloración

- 15 El amoniaco gaseoso resultante de .la cloración del óxido de hierro, respectivamente de los óxidos de los restantes metales (véase lo expuesto en 3) y extraído se reúne con el cloruro de hidrógeno resultante y extraído de la reducción del cloruro de hierro(III) (véase lo expuesto en 5) y se hace reaccionar en la fase gaseosa, de modo, que de esta manera se obtiene cloruro de amonio (NH_4Cl), que se puede aportar nuevamente al proceso de cloración según 3.

7. Recuperación de los metales nobles

- 20 En lo que se refiere a la mezcla de productos en forma sólida, respectivamente insoluble remanente y liberado del cloruro de hierro así como de los cloruros de los restantes metales, se somete ésta a una purificación adicional para la obtención de los metales nobles. La mezcla de productos remanente, que eventualmente se tarquiniza, respectivamente se dispersa nuevamente, puede ser mezclada con lixiviación de cianuro, con lo que los metales nobles contenidos en la mezcla de productos son llevados por medio de una reacción de formación a una forma soluble en agua. La mezcla de productos remanente se separada de esta solución por filtrado. Los componentes de metal noble en forma de oro y de plata pueden ser obtenidos de la solución por medio de procedimientos de precipitación, por ejemplo utilizando polvo de cinc o análogo, de manera, que se obtiene oro, respectivamente plata, purificado, respectivamente aislado. El rendimiento en oro es de al menos el 90% referido al material de partida.

8. Recuperación de silicio y de sulfato de calcio

- 30 La mezcla de productos remanente comprende dióxido de silicio, que se puede someter a una reducción para la obtención de silicio así como sulfato de calcio, que puede ser obtenido de la misma manera.

- 35 Sobre la base del procedimiento según el invento se pueden obtener, extrapolado a 100.000 t de material bruto en forma de residuos de tostación de pirita, además de los metales nobles oro y plata, aproximadamente 50.000 t de hierro metálico así como aproximadamente 30.000 y de una mezcla a base de dióxido de silicio y carbonato de calcio. Con el procedimiento según el invento es en especial posible obtener productos comerciales, tanto en forma de hierro metálico, como también en forma de cloruro de hierro(III). Además, es posible obtener productos sobre la base de los cloruros de los restantes metales, como se expuso anteriormente, respectivamente los metales como tales (en especial por reducción). El procedimiento según el invento hace posible con ello un tratamiento amplio y, además, selectivo de los residuos de tostación de pirita. El procedimiento según el invento posee, debido al reciclado del medio de cloración utilizado según el invento, una elevada rentabilidad global así como propiedades medioambientales mejoradas.

Lista de símbolos de referencia

- A Instalación de recuperación
- 1 Dispositivo de obtención y/o de preparación
- 45 2 Dispositivo de oxidación y/o tostación
- 3 Dispositivo de cloración
- 4 Dispositivo de separación
- 5 Dispositivo de separación y/o de filtrado
- 6 Dispositivo de trituración
- 50 7 Dispositivo de secado

ES 2 640 373 T3

- 8 Dispositivo de aportación del dispositivo de cloración
- 9 Dispositivo de evacuación y/o de expulsión del dispositivo de cloración
- 10 Dispositivo de reacción y de condensación
- 11 Dispositivo de aportación del dispositivo de reacción y de condensación
- 5 12 Otro dispositivo de aportación del dispositivo de reacción y de condensación
- 13 Dispositivo de evacuación y/o de dispositivo de expulsión del dispositivo de reacción y de condensación
- 14 Dispositivo de desublimación
- 15 Dispositivo de reducción
- 16 Dispositivo de aportación del dispositivo de reducción
- 10 17 Otro dispositivo de aportación del dispositivo de reducción
- 18 Dispositivo de evacuación y/o de expulsión del dispositivo de reducción
- 19 Dispositivo de aportación del dispositivo de desublimación
- 20 Dispositivo de tarquinamiento y/o de dispersión
- 21 Dispositivo de adición y/o de aportación
- 15 22 Dispositivo de adición del dispositivo de adición y/o de aportación
- 23 Dispositivo de extracción
- 24 Dispositivo común
- 25 Dispositivo para la evacuación del cloruro de hierro del dispositivo de separación
- 20 26 Dispositivo para la admisión de un medio de solución y/o de suspensión del dispositivo de tarquinamiento y/o de dispersión
- 27 Dispositivo de evacuación del dispositivo de tarquinamiento y/o de dispersión
- 28 Dispositivo para la admisión de un medio de precipitación del dispositivo de extracción

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o residuos de minerales en forma de residuos de pirita, comprendiendo el procedimiento los siguientes pasos de procedimiento:
- 5 (a) Obtención, en especial preparación de un material de partida en forma de al menos de un mineral y/o residuo de mineral, conteniendo el material de partida
- (i) hierro como componente principal y
- (ii) al menos un metal noble seleccionado entre oro y/o plata así como
- (iii) al menos otro metal elegido del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo;
- 10 (b) tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa del material de partida obtenido en el paso (a) del procedimiento utilizando al menos un medio de oxidación y obteniendo óxido de hierro y óxidos de los restantes metales;
- (c) Cloración de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento utilizando al menos un medio de cloración, comprendiendo la cloración de óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales obteniendo cloruro de hierro y cloruros de los restantes metales;
- 15 (d) separación del cloruro de hierro y eventualmente de los cloruros de los restantes metales de la mezcla de productos obtenida en el paso (c) del procedimiento;
- (e) separación del metal noble de la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento,
- realizando en el paso (c) del procedimiento la cloración como reacción en fase sólida y utilizando en el paso (c) del procedimiento un medio de cloración reciclable, reciclando el medio de cloración utilizado en el paso (c) del procedimiento por recuperación y/o separación de los productos de transformación química resultantes del medio de cloración durante la cloración de los productos de oxidación y reacción ulterior de los productos de transformación química con un compuesto con preferencia inorgánico de cloro, realizando el reciclado del medio de cloración en un dispositivo de reacción y de condensación y
- 20 realizando en el paso (c) del procedimiento la cloración utilizando cloruro de amonio como medio de cloración;
- 25 teniendo lugar la cloración en el paso (c) del procedimiento de los productos de oxidación obtenidos en el paso (b) del procedimiento y la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro realizada en el paso (d) del procedimiento en un dispositivo común, poseyendo el dispositivo común un primer tramo para la realización del paso (c) del procedimiento y un segundo tramo para la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro y
- realizando los pasos (a) a (e) antes mencionados en el orden indicado anteriormente.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material de partida comprende los siguientes materiales calculado cada uno como elemento y referido al peso en seco del material de partida:
- hierro, en especial en cantidades en el margen del 10% en peso al 75% en peso;
- oro, en especial en cantidades en el margen de 0,1 g/t a 15 g/t;
- plata, en especial en cantidades en el margen de 1 g/t a 300 g/t;
- 35 - cobre, en especial en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso;
- cinc, en especial en cantidades en el margen del 0,02% en peso al 10% en peso;
- plomo, en especial en cantidades en el margen del 0,01% en peso al 5% en peso;
- cobalto, en especial en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso;
- 40 - titanio, en especial en forma de óxido de titanio, en especial en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso;
- manganeso, en especial en forma de óxido de manganeso, en especial en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso;
- vanadio, en especial en forma de óxido de vanadio, en especial en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso

- cromo, en especial en forma de óxido de cromo, en especial en cantidades en el margen del 0,001% en peso al 2% en peso;
 - silicio, en especial en cantidades en el margen del 0,5% en peso al 30% en peso;
 - arsénico, en especial en cantidades máximas del 1% en peso;
- 5 - calcio, en especial en cantidades en el margen del 0,2% en peso al 20% en peso y/o
- azufre, en especial en cantidades en el margen de 0,2% en peso al 15% en peso.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que en el paso (a) del procedimiento y/o antes de la realización del paso (b) del procedimiento se realiza un triturado y/u una homogeneización del material de partida, en especial en el que el material de partida se ajusta a un tamaño D_{50} medio de las partículas en el margen de 0,1 μm a 10 cm; y
- 10 en el que en el paso (b) del procedimiento se realiza el tratamiento de oxidación como reacción en fase sólida y/o en el que el tratamiento de oxidación se realiza con temperaturas en el margen de 500°C a 1.000°C; y
- en el que en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento se transforme el hierro completamente en óxido de hierro(III); y
- 15 en el que la mezcla de productos obtenida en el tratamiento de oxidación en el paso (b) del procedimiento contiene óxido de hierro(III) en cantidades en el margen del 10% en peso al 95% en peso referidas al peso en seco de la mezcla de productos obtenida en el paso (b) del procedimiento.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que
- en el paso (c) del procedimiento se realiza la cloración con temperaturas en el margen de 100°C a 320°C; y/o
- 20 en el que en el paso (c) del procedimiento se transforma el cobre, en especial óxido de cobre, en cloruro de cobre; y/o
- en el que en el paso (c) del procedimiento se transforma el cinc, en especial el óxido de cinc en cloruro de cinc; y/o
- en el que en el paso (c) del procedimiento se transforma el plomo, en especial el óxido de plomo en cloruro de plomo; y/o
- 25 en el que en el paso (c) del procedimiento se transforma el cobalto, en especial óxido de cobalto en cloruro de cobalto; y/o
- en el que en el paso (c) del procedimiento se transforma la plata, en especial el óxido de plata en cloruro de plata.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- en el que en el paso (c) del procedimiento resulta, respectivamente resultan durante la cloración en especial amoníaco (NH_3) gaseoso y eventualmente en especial agua en forma de gas, de manera preferente en especial amoníaco (NH_3) y/o
- 30 en el que el medio de cloración en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) es reciclado por recuperación y/o separación de amoníaco (NH_3) con preferencia en forma de gas seguida de una reacción de los productos de transformación química en forma de amoníaco (NH_3) con un compuesto de cloro con preferencia inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl) y/o
- 35 en el que el medio de cloración reciclado es utilizado nuevamente en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl) en el paso (c) del procedimiento.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- en el que el cloruro de hierro separado y en especial sublimado es desublimado para la obtención de cloruro de hierro en especial sólido y/o purificado; o
- 40 en el que el cloruro de hierro separado y en especial sublimado es desublimado para la obtención de cloruro de hierro metálico.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- en el que en el paso (d) del procedimiento, en especial después de la separación y/o del aislamiento del cloruro de hierro tiene lugar una separación y/o aislamiento de la mezcla de productos de los cloruros de los restantes metales;
- 45 y/o

en el que en el paso (d) del procedimiento, en especial después de la separación y/o el aislamiento del cloruro de hierro tiene lugar una separación y/o un aislamiento adicional de cloruro de cobre y/o de cloruro de cinc y/o de cloruro de plomo y/o de cloruro de cobalto.

8. Procedimiento según la reivindicación 7,

- 5 en el que la separación y/o el aislamiento adicional de la mezcla de productos de los cloruros de los restantes metales tiene lugar en un dispositivo de tarquinización y/o de dispersión y/o en un dispositivo en contracorriente y/o en el que la mezcla de productos liberada en especial del cloruro de hierro es recogida en un medio líquido.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes ,

- 10 en el que la mezcla de productos obtenida e el paso (d) del procedimiento, calculada como elemento y referida al peso en seco de la mezcla de productos comprende:

- oro, en especial en cantidades en el margen de 1 g/t a 50 g/t;
- plata, en especial en cantidades en el margen de 2 g/t a 600 g/t

y

- 15 en el que el paso (e) del procedimiento tiene lugar la separación del metal noble de la mezcla de productos recogida en un medio líquido y/o en el que la separación del metal noble es realizada en al menos un dispositivo de separación y/o de filtrado.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

en el que la mezcla de productos obtenida en el paso (d) del procedimiento y/o la mezcla de productos obtenida en el paso (e) del procedimiento contiene al menos un metal alcalino y/o alcalinotérreo.

- 20 11. Instalación (A) de recuperación de metales a partir de minerales y/o de residuos de minerales en forma de residuos de pirita, en especial instalación (A) de recuperación para la realización de un procedimiento según una de reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo la instalación (A) de recuperación:

- 25 (a) al menos un dispositivo (1) de de obtención y/o la preparación para la obtención, en especial preparación, de un material de partida en forma de al menos un mineral y/o un residuo de mineral, conteniendo el material de partida (i) hierro como componente principal, al menos un metal noble elegido entre oro y/o plata así como (iii) al menos otro metal del grupo de cobre, cinc, plomo, cobalto, titanio, manganeso, vanadio y cromo.

(b) al menos un dispositivo (2) de oxidación y/o de tostación para el tratamiento de oxidación, en especial calcinación y/o tostación oxidativa, del material de partida preparado para la obtención de óxido de hierro y eventualmente de los óxidos de los restantes metales como productos de oxidación en la mezcla de productos resultante.

- 30 (c) al menos un dispositivo (3) de cloración para la cloración de los productos de oxidación en la mezcla de productos y para la utilización de al menos un medio de cloración reciclable para la cloración del óxido de hierro y de los óxidos de los restantes metales para la obtención de cloruro de hierro y de los cloruros de los restantes metales en la mezcla de productos, siendo realizada la cloración como reacción en fase sólida, poseyendo el dispositivo (3) de cloración al menos un dispositivo (8) de aportación para la aportación del medio de cloración utilizado para la
35 cloración como reacción en fase sólida, poseyendo la instalación A de recuperación al menos un dispositivo (10) de reacción y de condensación para el reciclado del medio de cloración reciclable, estando unido el dispositivo (10) de reacción y de condensación con el dispositivo (3) de cloración y en el que la cloración es realizada utilizando cloruro de amonio como medio de cloración.

(d) al menos un dispositivo (4) de separación para la separación de la mezcla de productos del cloruro de hierro;

- 40 (e) al menos un dispositivo (5) de separación del metal noble de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro y de los cloruros de los restantes metales.;

estando agrupados el dispositivo (3) de cloración y el dispositivo (4) de separación en un dispositivo (24) común y

estando dispuestos los dispositivos (1, 2, 3, 4, 5) antes mencionados en el orden indicado aguas abajo en el sentido del proceso.

- 45 12. Instalación según la reivindicación 11,

en la que el dispositivo (3) de cloración posee al menos un dispositivo (9) de evacuación y/o de expulsión para la recuperación y/o separación de IOs Productos de transformación química resultantes del medio de cloración durante la cloración de los productos de oxidación, en especial de manera preferente de amoniaco (NH₃) gaseoso; y/o

la instalación (A) posee el dispositivo (10) de reacción y de condensación para la reunión y/o para llevar al contacto y a la reacción en especial amoníaco (NH_3), por un lado, y al menos un compuesto de cloro de manera preferente inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl), por otro, para la obtención de medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl); y/o

- 5 en la que el dispositivo (10) de reacción y de condensación posee al menos un dispositivo (11) de aportación para la aportación de amoníaco (NH_3) en especial gaseoso Y/o al menos un dispositivo (12) de aportación adicional para la aportación de al menos un compuesto de cloro inorgánico, en especial cloruro de hidrógeno (HCl) y/o al menos un dispositivo (13) d evacuación y/o de expulsión para la recuperación y/o la separación del medio de cloración reciclado en forma de cloruro de amonio (NH_4Cl)...
- 10 13. Instalación según la reivindicación 11 ó 12, en la que la instalación (A) posee, además, al menos un dispositivo (20) de tarquinización y/o de dispersión para la separación y/o el aislamiento de cloruro de cobre yo cloruro de cinc y/o cloruro de plomo y/o cloruro de cobalto de la mezcla de productos liberada del cloruro de hierro.
14. Instalación según las reivindicaciones 11 a 13,
- 15 en la que la instalación (A) posee al menos un dispositivo (21) de adición y/o de aportación, con preferencia Von un dispositivo (22) de adición para la adición de al menos un componente para la formación de complejos para la transferencia del metal noble a una solución y/o suspensión, de manera preferente solución ; y/o
- en la que la instalación (A) posee, además, al menos un dispositivo (23) de extracción pAra la separación y/o la obtención del metal noble a partir de la solución y/o la suspensión.
- 20 15. Utilización de una instalación de recuperación como la definida en una de las reivindicaciones 11a 14, en un procedimiento para la recuperación de metales a partir de minerales y/o residuos de minerales en forma de residuos de pirita, como el definido en las reivindicaciones 1 a 10.

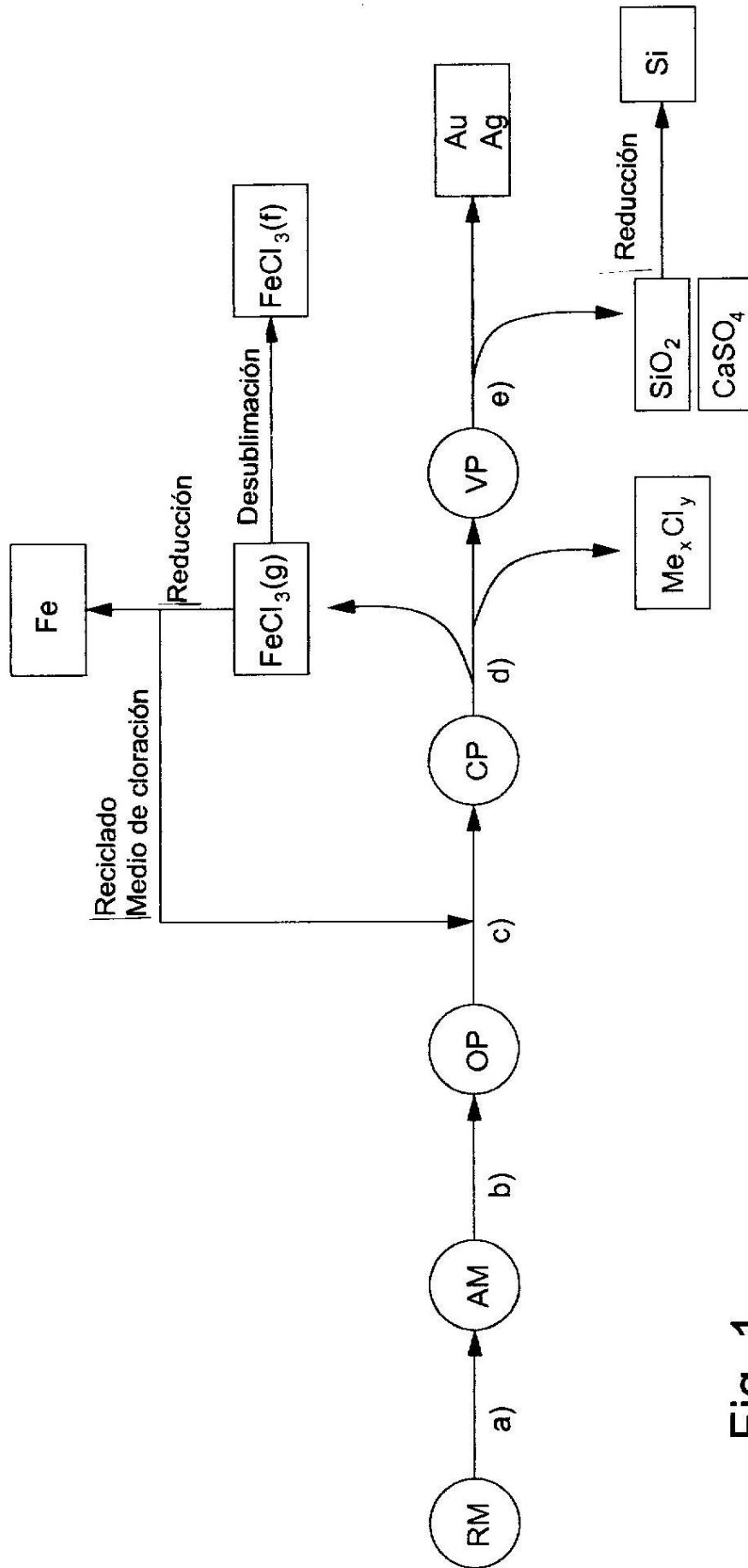
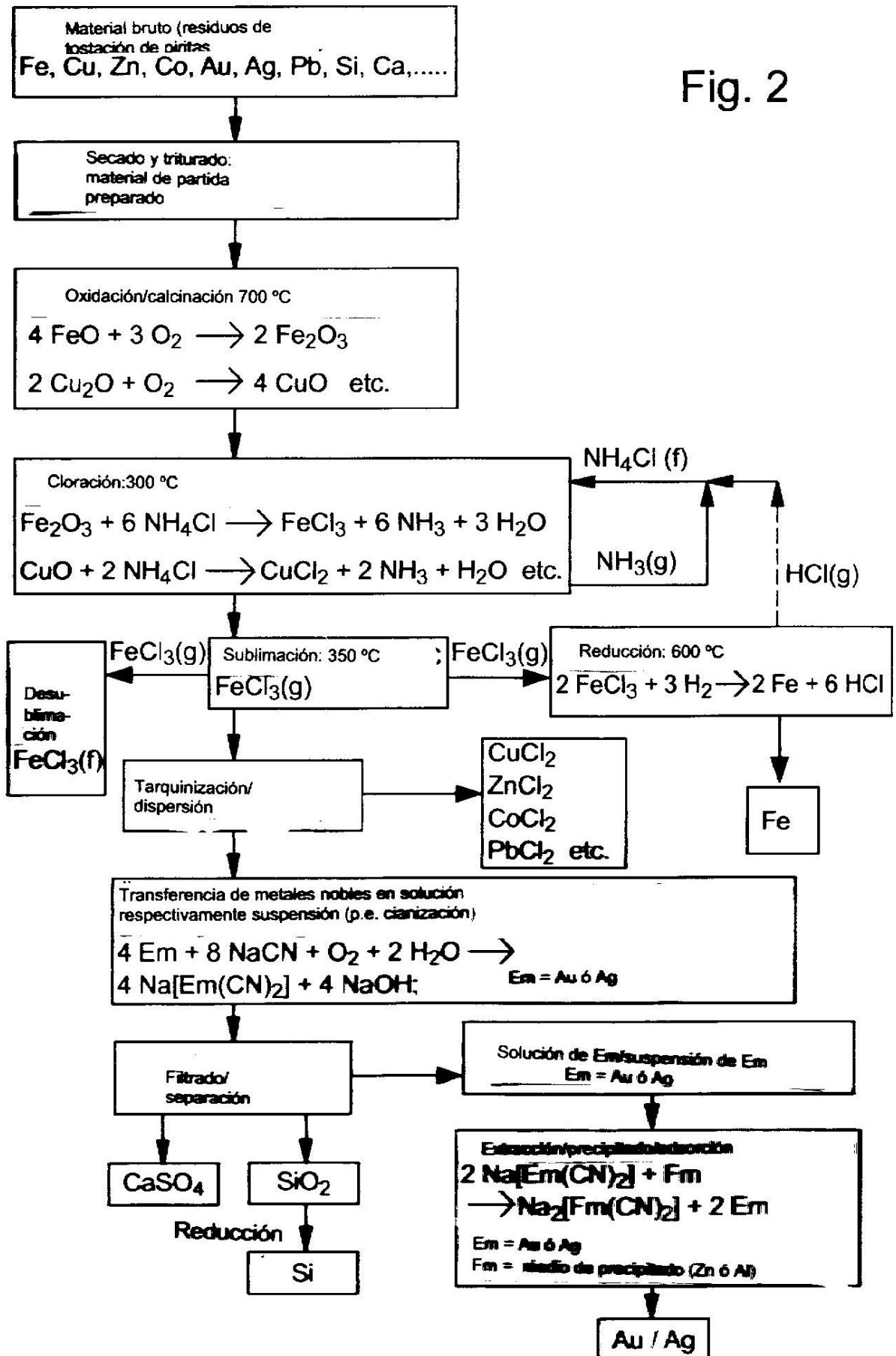


Fig. 1

Fig. 2



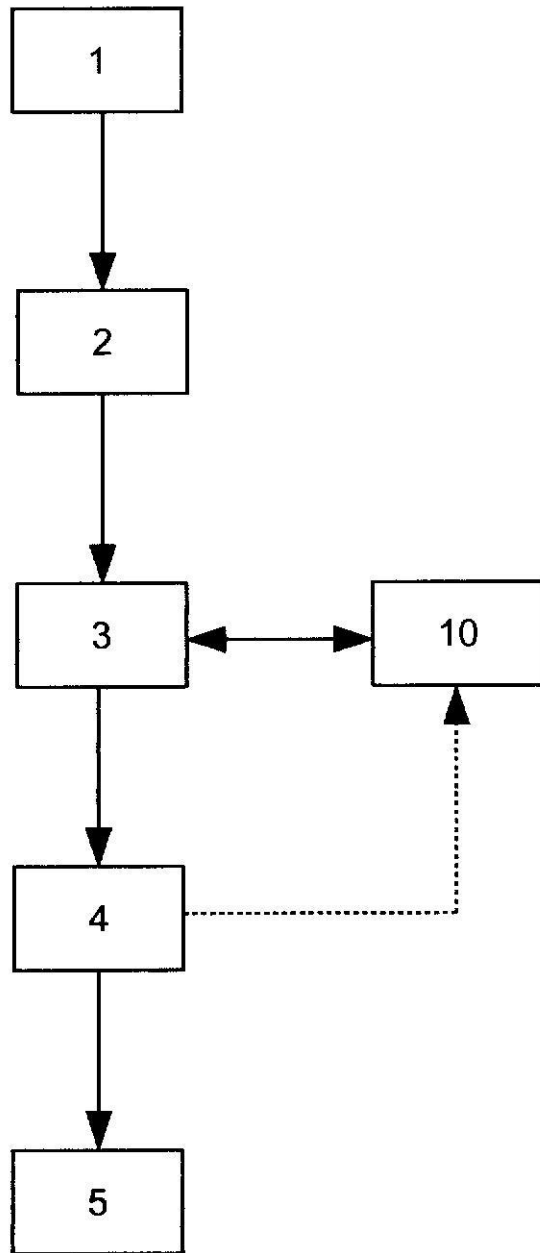


Fig. 3

