

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 415**

51 Int. Cl.:

**B03C 1/015** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2010 E 10706003 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2013 EP 2403648**

54 Título: **Separación magnética de minerales de metal no ferroso mediante acondicionamiento de varias etapas**

30 Prioridad:

**04.03.2009 EP 09154283**

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

**10.01.2014**

73 Titular/es:

**BASF SE (50.0%)  
67056 Ludwigshafen, DE y  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DOMKE, IMME;  
MICHAILOVSKI, ALEXEJ;  
MRONGA, NORBERT;  
HARTMANN, WERNER;  
KRIEGLSTEIN, WOLFGANG y  
DANOV, VLADIMIR**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 437 415 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

Separación magnética de minerales de metal no ferroso mediante acondicionamiento de varias etapas

La presente invención se refiere a un procedimiento para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene el al menos un primer material y al menos un segundo material, poniéndose en contacto el primer material en primer lugar para su hidrofobización con una sustancia tensioactiva, poniéndose en contacto adicionalmente esta mezcla con al menos una partícula magnética, de modo que la partícula magnética y el primer material hidrofobizado se agregan, se separa este aglomerado mediante la aplicación de un campo magnético, se trata la mezcla restante de nuevo con una sustancia tensioactiva y partículas magnéticas para separar más primer material.

En particular la presente invención se refiere a un procedimiento para enriquecer minerales valiosos en presencia de la ganga.

Ya se conocen por el estado de la técnica procedimientos para separar minerales valiosos de mezclas que los contienen.

El documento WO 02/0066168 A1 se refiere a un procedimiento para separar minerales valiosos de mezclas que los contienen, en el que se tratan suspensiones o lodos de estas mezclas con partículas, que son magnéticas y/o que pueden flotar en disoluciones acuosas. Tras la adición de las partículas magnéticas y/o que pueden flotar se aplica un campo magnético, de modo que se separan los aglomerados de la mezcla. Sin embargo, el grado de unión de las partículas magnéticas a los minerales valiosos y la fuerza de la unión no es suficiente para realizar el procedimiento con una efectividad y un rendimiento suficientemente elevados.

El documento US 4.657.666 da a conocer un procedimiento para enriquecer minerales valiosos, haciéndose reaccionar el mineral valioso existente en la ganga con partículas magnéticas, con lo que se forman aglomerados debido a las interacciones hidrófobas. Las partículas magnéticas se hidrofobizan en la superficie mediante el tratamiento con compuestos hidrófobos, de modo que tiene lugar una unión al mineral valioso. Entonces se separan los aglomerados de la mezcla mediante un campo magnético. El documento mencionado da a conocer también que los minerales valiosos se tratan con una disolución con efecto tensioactivo de etilxantogenato de sodio al 1 %, antes de añadir las partículas magnéticas. En este procedimiento tiene lugar una separación del mineral valioso y las partículas magnéticas mediante la destrucción de la sustancia con efecto tensioactivo, que se ha aplicado en forma de la disolución con efecto tensioactivo sobre el mineral valioso. De manera adicional, en este procedimiento únicamente se utilizan agentes de hidrofobización C<sub>4</sub> para el mineral.

El documento US 4.834.898 da a conocer un procedimiento para separar materiales no magnéticos poniéndolos en contacto con reactivos magnéticos, que están recubiertos con dos capas de sustancias tensioactivas. El documento US 4.834.898 da a conocer además, que pueden influirse en la carga superficial de las partículas no magnéticas, que deben separarse, mediante diferentes tipos y concentraciones de reactivos electrolíticos. Por ejemplo, se modifica la carga superficial mediante la adición de aniones multivalentes, por ejemplo iones tripolifosfato.

S. R. Gray, D. Landberg, N. B. Gray, Extractive Metallurgy Conference, Perth, 2 - 4 de octubre de 1991, páginas 223 - 226 da a conocer un procedimiento para la recuperación de pequeñas partículas de oro poniendo en contacto las partículas con magnetita. Antes de la puesta en contacto se tratan las partículas de oro con amilxantogenato de potasio. En este documento no se da a conocer un procedimiento para separar las partículas de oro de al menos un material hidrófilo.

El documento WO 2007/008322 A1 da a conocer una partícula magnética, que está hidrofobizada en la superficie, para separar impurezas de sustancias minerales mediante procedimientos de separación magnética. Según el documento WO 2007/008322 A1 se le puede añadir a la disolución o dispersión un agente de dispersión, seleccionado de silicato de sodio, poli(acrilato de sodio) o hexametáfosfato de sodio.

El documento WO 2009/010422 A1 da a conocer un procedimiento para separar al menos un material hidrófobo de una mezcla que comprende dicho al menos un material hidrófobo y al menos un material hidrófilo, así como el uso de una superficie hidrófoba sólida para separar al menos un material hidrófobo de la mezcla mencionada anteriormente. El procedimiento de acuerdo con el documento WO 2009/010422 A1 comprende las etapas (A) producir una suspensión o dispersión de la mezcla que debe tratarse en al menos un agente de dispersión adecuado, (B) poner en contacto la suspensión o dispersión de la etapa (A) con al menos una superficie hidrófoba sólida para la unión del al menos un material hidrófobo que debe separarse a la misma, (C) eliminar de la al menos una superficie sólida hidrófoba a la que está unido el al menos un material hidrófobo de la etapa (B), de la suspensión o dispersión, en la que está contenido dicho al menos un material hidrófilo y (D) separar el al menos un material hidrófobo de la superficie hidrófoba sólida. Superficies hidrófobas sólidas de acuerdo con el documento WO 2009/010422 A1 son por ejemplo una placa o una cinta móvil, o la suma de las superficies de muchas partículas móviles, por ejemplo las superficies individuales de una multiplicidad de esferas. No se mencionan partículas magnéticas en el documento WO 2009/010422 A1 como superficies hidrófobas. Además, en el documento WO 2009/010122 A1 no se da a conocer que los aglomerados del al menos un primer material y las partículas magnéticas se separen al aplicarse un campo magnético de acuerdo con la etapa (D).

El documento US 3.926.789 da a conocer un procedimiento para la separación magnética de mezclas en forma de partículas. Las mezclas de materiales no magnéticos o paramagnéticos pueden separarse mediante magnetización de las superficies de uno o varios componentes de estas mezclas y la realización de una separación magnética. Para ello se aplica un líquido magnético de manera selectiva sobre uno o varios componentes de la mezcla en forma de partículas, de modo que los mismos se vuelven magnéticos y pueden separarse por un campo magnético. Un mineral molido se acondiciona, habitualmente mediante tratamiento químico, para modificar las propiedades superficiales de uno o varios componentes del mineral. la suspensión se pone en contacto con el líquido magnético. El documento US 3.926.789 no da a conocer el acondicionamiento de la mezcla que debe separarse con sustancias tensioactivas. Además, el documento US 3.926.789 no da a conocer que, en primer lugar, se separa una parte del primer material que debe separarse de la mezcla, para obtener una mezcla M1, con la que se repite el procedimiento de separación para obtener una mezcla M2.

Es objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento mediante el que puedan separarse eficazmente al menos un primer material de mezclas que contienen al menos un primer material y al menos un segundo material. Además un objetivo de la presente invención es tratar las primeras partículas que deben separarse de tal manera que el producto de agregación entre la partícula magnética y el primer material sea suficientemente estable, para garantizar un alto rendimiento del primer material en la separación. Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un procedimiento que se caracterice porque deba utilizarse la menor cantidad posible de sustancia tensioactiva, y al mismo tiempo pueda separarse el al menos un primer material en un alto porcentaje.

Estos objetivos se solucionan mediante un procedimiento para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene este al menos un primer material y al menos un segundo material, que comprende al menos las siguientes etapas:

(A) poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una sustancia tensioactiva, dado el caso en presencia de al menos un agente de dispersión, uniéndose la sustancia tensioactiva a dicho al menos un primer material,

(B) dado el caso añadir al menos un agente de dispersión a la mezcla obtenida en la etapa (A), para obtener una dispersión,

(C) tratar la dispersión de la etapa (A) o (B) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula magnética se agregan,

(D) separar el producto de agregación de la etapa (C) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M1 empobrecida en producto de agregación,

(E) poner en contacto de nuevo la mezcla M1 de la etapa (D) con al menos una sustancia tensioactiva, uniéndose la sustancia tensioactiva a dicho al menos un primer material, que está aún presente en la mezcla M1 de la etapa (D),

(F) dado el caso añadir al menos un agente de dispersión a la mezcla obtenida en la etapa (E), para obtener una dispersión,

(G) tratar la dispersión de la etapa (E) o (F) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula magnética se agregan,

(H) separar el producto de agregación de la etapa (G) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M2 empobrecida en producto de agregación y

(I) dado el caso repetir las etapas (E) a (H).

El procedimiento de acuerdo con la invención sirve preferentemente para separar al menos un primer material hidrófobo de una mezcla que comprende este al menos un primer material hidrófobo y al menos un segundo material hidrófilo.

En el marco de la presente invención "hidrófobo" significa que la partícula correspondiente puede hidrofobizarse posteriormente mediante el tratamiento con la al menos una sustancia tensioactiva. También es posible que se hidrofobice adicionalmente una partícula en sí hidrófoba mediante el tratamiento con la al menos una sustancia tensioactiva.

"Hidrófobo" significa en el marco de la presente invención que la superficie de una "sustancia hidrófoba" correspondiente o de una "sustancia hidrofobizada" presenta un ángulo de contacto de  $> 90^\circ$  con el agua frente al aire. "Hidrófilo" significa en el marco de la presente invención que la superficie de una "sustancia hidrófila" correspondiente presenta un ángulo de contacto de  $< 90^\circ$  con el agua frente al aire.

En una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención el al menos un primer material

es al menos un compuesto metálico hidrófobo o carbón, y el al menos un segundo material es preferentemente al menos un compuesto metálico hidrófilo.

5 Por lo tanto, el al menos un primer material que debe separarse es preferentemente un compuesto metálico seleccionado del grupo de los minerales sulfurados, de minerales óxidos y/o que contienen carbonato, por ejemplo, azurita  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ , o malaquita  $[\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]]$ , o de los metales nobles y sus compuestos, a los que puede agregarse de manera selectiva un compuesto tensioactivo generando propiedades superficiales hidrófobas.

10 El al menos un compuesto metálico hidrófilo se selecciona preferentemente del grupo constituido por compuestos óxidos e hidróxidos metálicos, por ejemplo, dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$ , silicatos, aluminosilicatos, por ejemplo, feldspatos, por ejemplo, albita  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ , mica, por ejemplo, moscovita  $\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ , granates  $(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}^{\text{II}})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{\text{III}})_2(\text{SiO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}(\text{OH})$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  y minerales relacionados adicionales y mezclas de los mismos.

15 Ejemplos de minerales sulfurados que pueden utilizarse de acuerdo con la invención se seleccionan, por ejemplo, del grupo de los minerales de cobre constituido por covelita  $\text{CuS}$ , sulfuro de molibdeno (IV), calcopirita (pirita de cobre)  $\text{CuFeS}_2$ , bornita  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , calcosina (cobre vidrioso)  $\text{Cu}_2\text{S}$  y mezclas de los mismos. En una forma de realización preferida en la mezcla que va a tratarse de acuerdo con la invención se encuentran dos o más primeros materiales, por ejemplo, mezclas que contienen dos o más de los minerales de cobre sulfurados mencionados anteriormente. Los compuestos óxidos metálicos que pueden utilizarse de acuerdo con la invención adecuados se seleccionan preferentemente del grupo constituido por dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$ , silicatos, aluminosilicatos, por ejemplo, feldspatos, por ejemplo, albita  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ , mica, por ejemplo, moscovita  $\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ , granates  $(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}^{\text{II}})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{\text{III}})_2(\text{SiO}_4)_3$  y minerales relacionados adicionales y mezclas de los mismos.

20 En el procedimiento de acuerdo con la invención se utilizan por lo tanto preferentemente mezclas de minerales sin tratar, que se obtienen de yacimientos mineros.

25 En una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención, la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material se encuentra en la etapa (A) en forma de partículas con un tamaño de 100 nm a 100  $\mu\text{m}$ , véase, por ejemplo, el documento US 5.051.199. En una forma de realización preferida se obtiene este tamaño de partícula mediante molienda. El experto conoce procedimientos y dispositivos adecuados, por ejemplo, molienda en húmedo en un molino de bolas. Por lo tanto, una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza porque la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material se muele antes de o durante la etapa (A) para dar partículas con un tamaño de 100 nm a 100  $\mu\text{m}$ . Las mezclas de minerales que pueden utilizarse preferentemente presentan un contenido en minerales sulfurados de al menos el 0,4 % en peso, de manera especialmente preferida al menos el 10 % en peso.

35 Ejemplos de minerales sulfurados que se encuentran en las mezclas que pueden utilizarse de acuerdo con la invención son los mencionados anteriormente. Adicionalmente, en las mezclas también pueden encontrarse sulfuros de otros metales distintos al cobre, por ejemplo, sulfuros de hierro, plomo, zinc o molibdeno, es decir,  $\text{FeS}/\text{FeS}_2$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{ZnS}$  o  $\text{MoS}_2$ . Además, en las mezclas de minerales que van a tratarse de acuerdo con la invención pueden encontrarse compuestos óxidos de metales y metaloides, por ejemplo, silicatos o boratos u otras sales de metales y metaloides, por ejemplo, fosfatos, sulfatos u óxidos/hidróxidos/carbonatos y otra sales, por ejemplo, azurita  $[\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ , malaquita  $[\text{Cu}_2[(\text{OH})_2(\text{CO}_3)]]$ , barita  $(\text{BaSO}_4)$ , monacita  $((\text{La-Lu})\text{PO}_4)$ . Otros ejemplos del al menos un primer material que se separa mediante el procedimiento de acuerdo con la invención son metales nobles, por ejemplo, Au, Pt, Pd, Rh, etc. preferentemente en estado nativo.

40 Una mezcla de minerales utilizada típicamente, que puede separarse con el procedimiento de acuerdo con la invención, tiene la siguiente composición: aproximadamente el 30 % en peso de  $\text{SiO}_2$ , aproximadamente el 10 % en peso de  $\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$ , aproximadamente el 3 % en peso de  $\text{Cu}_2\text{S}$ , aproximadamente el 1 % en peso de  $\text{MoS}_2$ , el resto óxidos de cromo, hierro, titanio y magnesio.

Las etapas individuales del procedimiento de acuerdo con la invención se describen detalladamente a continuación:

Etapa (A):

50 La etapa (A) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una sustancia tensioactiva, dado el caso en presencia de al menos un agente de dispersión, uniéndose la sustancia tensioactiva selectivamente a dicho al menos un primer material.

Primeros y segundos materiales adecuados y preferidos se mencionan anteriormente.

55 En el marco de la presente invención "sustancia tensioactiva" significa una sustancia que puede modificar la superficie de la partícula que va a separarse en presencia de las otras partículas, que no deben separarse, de tal manera que se produce una agregación de una partícula hidrófoba mediante interacciones hidrófobas. Las sustancias tensioactivas que pueden utilizarse de acuerdo con la invención se agregan a dicho al menos un primer

material y provocan de este modo una hidrofobicidad adecuada del primer material.

Preferentemente en el procedimiento de acuerdo con la invención se utiliza una sustancia tensioactiva de fórmula general (I)



5 que se une a dicho al menos un primer material, en la que

A se selecciona de alquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub> lineal o ramificado, heteroalquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub>, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub> dado el caso sustituido, heteroarilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub> dado el caso sustituido, aralquilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, y

Z es un grupo con el que el compuesto de fórmula general (I) se une a dicho al menos un material hidrófobo.

10 En una forma de realización especialmente preferida A es un alquilo C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub> lineal o ramificado, de manera muy especialmente preferible un alquilo C<sub>4</sub> a C<sub>8</sub> lineal. De acuerdo con la invención, los heteroátomos dado el caso presentes se seleccionan de N, O, P, S y halógenos tales como F, Cl, Br y I.

15 En una forma de realización preferida adicional A es preferentemente un alquilo C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> lineal o ramificado, preferentemente lineal. Además A es preferentemente un alquilo C<sub>6</sub>-C<sub>14</sub> ramificado, encontrándose el al menos un sustituyente, preferentemente con 1 a 6 átomos de carbono, preferentemente en la posición 2, por ejemplo, 2-etilhexilo y/o 2-propilheptilo.

20 En una forma de realización especialmente preferida adicional Z se selecciona del grupo constituido por los grupos aniónicos  $-(X)_n\text{-PO}_3^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_2\text{S}^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-POS}_2^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PS}_3^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PS}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-POS}^-$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_3^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-CO}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-CS}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-COS}^-$ ,  $-(X)_n\text{-C(S)NHOH}$ ,  $-(X)_n\text{-S}^-$  seleccionándose X del grupo constituido por O, S, NH, CH<sub>2</sub> y n = 0, 1 o 2, dado el caso con cationes seleccionados del grupo constituido por hidrógeno, NR<sub>4</sub><sup>+</sup>, siendo R independientemente entre sí hidrógeno y/o alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, metales alcalinos o alcalinotérreos. Los aniones mencionados y los cationes correspondientes forman compuestos con carga neutra de acuerdo con la invención de fórmula general (I).

Si n = 2 en las fórmulas mencionadas, entonces hay dos grupos A iguales o diferentes, preferentemente iguales, unidos a un grupo Z.

25 En una forma de realización especialmente preferida se utilizan compuestos seleccionados del grupo constituido por xantatos A-O-CS<sub>2</sub><sup>-</sup>, ditiofosfatos de dialquilo (A-O)<sub>2</sub>-PS<sub>2</sub><sup>-</sup>, ditiofosfinatos de dialquilo (A)<sub>2</sub>-PS<sub>2</sub><sup>-</sup> y mezclas de los mismos, siendo A independientemente entre sí un alquilo C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> lineal o ramificado, preferentemente lineal, por ejemplo n-octilo, o un alquilo C<sub>6</sub>-C<sub>14</sub> ramificado, encontrándose la ramificación preferentemente en la posición 2, por ejemplo, 2-etilhexilo y/o 2-propilheptilo. Como contraiones se encuentran en estos compuestos preferentemente 30 cationes seleccionados del grupo constituido por hidrógeno, NR<sub>4</sub><sup>+</sup> siendo R independientemente entre sí hidrógeno y/o alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, metales alcalinos o alcalinotérreos, en particular sodio o potasio.

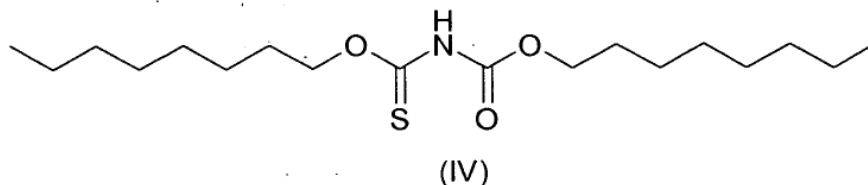
Los compuestos muy especialmente preferidos de fórmula general (I) se seleccionan del grupo constituido por n-octilxantato de sodio o potasio, butilxantato de sodio o potasio, di-n-octilditiofosfinato de sodio o potasio, di-n-octilditiofosfato de sodio o potasio, y mezclas de estos compuestos.

35 Para los metales nobles, por ejemplo Au, Pd, Rh, etc., son sustancias tensioactivas especialmente preferidas los mono-, di- y tritioles u 8-hidroxiquinolina, descritos, por ejemplo, en el documento EP 1200408 B1.

Para los óxidos metálicos, por ejemplo FeO(OH), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO, etc., carbonatos, por ejemplo, azurita [Cu(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>], malaquita [Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>], son sustancias tensioactivas especialmente preferidas el ácido octilfosfónico (OPS), (EtO)<sub>3</sub>Si-A, (MeO)<sub>3</sub>Si-A, con los significados mencionados anteriormente para A.

40 Para los sulfuros metálicos, por ejemplo, Cu<sub>2</sub>S, MoS<sub>2</sub>, etc., son sustancias tensioactivas especialmente preferidas los tioles, xantatos, hidroxamatos y tiocarbamatos.

45 En una forma de realización preferida adicional del procedimiento de acuerdo con la invención Z significa  $-(X)_n\text{-CS}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_2^-$  o  $-(X)_n\text{-S}^-$  siendo X igual a O y n igual a 0 o 1 y con un catión seleccionado de hidrógeno, sodio o potasio. Sustancias tensioactivas muy especialmente preferidas son 1-octanol, n-octilxantato de potasio, butilxantato de potasio, ácido octilfosfónico o un compuesto con la siguiente fórmula (IV)



En una forma de realización especialmente preferida se usan en el procedimiento tioles, xantatos, hidroxamatos y tiocarbamatos con restos alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub> para la primera etapa de acondicionamiento. En una forma de realización muy especialmente preferida se usan xantatos C<sub>2</sub> y C<sub>4</sub>. En una forma de realización muy especialmente preferida adicional se utilizan mezclas de xantatos C<sub>2</sub> y C<sub>8</sub>.

- 5 De acuerdo con la invención pueden usarse en las dos etapas de hidrofobización (A) y (E) las mismas o diferentes sustancias tensioactivas.

En particular en caso de existir dos o más primeros materiales, en particular minerales valiosos, en la mezcla que van a tratarse de acuerdo con la invención se hidrofobizan con este primer acondicionamiento preferentemente los minerales de cobre sulfurados, que presentan una alta afinidad con la sustancia tensioactiva. Éstos pueden separarse magnéticamente entonces tras la adición de la al menos una partícula magnética. Quedan preferentemente los minerales con una afinidad menos alta con la sustancia tensioactiva. Éstos pueden hidrofobizarse entonces con una segunda etapa de acondicionamiento (etapa (E)), dado el caso con otra sustancia tensioactiva. La ventaja del procedimiento de al menos dos etapas de acuerdo con la invención radica en que, preferentemente en caso de existir dos o más primeros materiales, en una etapa se trata uno de los primeros materiales presentes con una sustancia tensioactiva especialmente afín para este primer material y se separa. En una segunda etapa se trata entonces otro primer material con otra sustancia tensioactiva especialmente afín para este otro primer material y también se separa. De acuerdo con la invención en ambas etapas puede usarse también la misma sustancia tensioactiva. En ambas formas de realización del procedimiento de acuerdo con la invención, la cantidad total de sustancia tensioactiva es, en general, menor, en comparación con un procedimiento de una etapa.

- 20 La puesta en contacto en la etapa (A) del procedimiento de acuerdo con la invención puede tener lugar mediante todos los procedimientos conocidos para el experto. La etapa (A) puede realizarse en sustancia o en dispersión, preferentemente en suspensión, de manera especialmente preferida en suspensión acuosa.

En una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza la etapa (A) en sustancia, es decir, en ausencia de un agente de dispersión.

- 25 Por ejemplo, se añaden conjuntamente la mezcla que va a tratarse y la al menos una sustancia tensioactiva sin agente de dispersión adicional en las cantidades correspondientes y se mezclan. El experto conoce aparatos de mezclado adecuados, por ejemplo molinos, tales como molinos de bolas.

En una forma de realización preferida adicional se realiza la etapa (A) en una dispersión, preferentemente en suspensión. Como agente de dispersión son adecuados todos los agentes de dispersión en los que la mezcla de la etapa (A) no sea completamente soluble. Agentes de dispersión adecuados para la preparación de la suspensión o dispersión según la etapa (B) del procedimiento de acuerdo con la invención se seleccionan del grupo constituido por agua, compuestos orgánicos solubles en agua, por ejemplo, alcoholes con 1 a 4 átomos de carbono, y mezclas de los mismos.

En una forma de realización especialmente preferida el agente de dispersión en la etapa (A) es agua.

- 35 La etapa (A) del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza en general a una temperatura de 1 a 80 °C, preferentemente a de 20 a 40 °C, de manera especialmente preferida a temperatura ambiente. El valor de pH se ajusta según la mezcla que vaya a tratarse, preferentemente se ajusta un valor de pH ligeramente alcalino, por ejemplo pH de 8 a 10, en particular pH 9.

40 La al menos una sustancia tensioactiva se utiliza en la etapa (A) en general en una cantidad de 10 a 350 g/t, preferentemente de 50 a 180 g/t, en cada caso con respecto a toda la mezcla que va a tratarse. La cantidad utilizada de manera especialmente preferida depende en cada caso del tipo de la mezcla que va a tratarse. Si se trata por ejemplo mineral porfídico con un contenido del 0,7 % en peso de Cu, que se encuentra principalmente como cobre sulfurado, por ejemplo, como bornita, calcocita o calcopirita, la cantidad preferida de, por ejemplo, xantato C<sub>2</sub>/C<sub>8</sub> es de 110 a 150 g/t, de manera especialmente preferida 130 g/t.

- 45 Etapa (B):

La etapa (B) opcional del procedimiento de acuerdo con la invención comprende añadir al menos un agente de dispersión a la mezcla obtenida en la etapa (A), para obtener una dispersión.

50 La mezcla obtenida en la etapa (A) contiene en una forma de realización, en caso de que se realice la etapa (A) en sustancia, al menos un primer material, que se ha modificado en superficie con al menos una sustancia tensioactiva, y al menos un segundo material. Si se realiza la etapa (A) en sustancia, se realiza la etapa (B) del procedimiento de acuerdo con la invención, es decir, se añade al menos un agente de dispersión adecuado a la mezcla obtenida en la etapa (A), para obtener una dispersión.

55 En la forma de realización en la que se realiza la etapa (A) del procedimiento de acuerdo con la invención en dispersión, no se realiza la etapa (B). Sin embargo, también en esta forma de realización es posible realizar la etapa (B), es decir, añadir un agente de dispersión adicional, para obtener una dispersión con una concentración menor.

Como agentes de dispersión adecuados son adecuados todos los agentes de dispersión que ya se han mencionado con respecto a la etapa (A). En una forma de realización especialmente preferida el agente de dispersión en la etapa (B) es agua.

5 Por lo tanto, en la etapa (B) o bien se pasa la mezcla que se encuentra en sustancia de la etapa (A) a una dispersión, o bien se pasa la mezcla que se encuentra ya en dispersión de la etapa (A) mediante la adición de agentes de dispersión a una dispersión de concentración menor.

10 En general, la cantidad de agente de dispersión añadida en la etapa (A) y/o etapa (B) de acuerdo con la invención puede seleccionarse de tal manera que se obtiene una dispersión, que puede agitarse y/o bombearse bien. En una forma de realización preferida, la cantidad de mezcla que va a tratarse con respecto a la suspensión o dispersión total asciende hasta el 100 % en peso, de manera especialmente preferida del 0,5 al 10 % en peso.

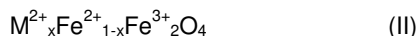
En una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención no se realiza la etapa (B), sino que se realiza la etapa (A) en dispersión acuosa, de modo que en la etapa (A) se obtiene directamente una mezcla en dispersión acuosa que presenta la concentración correcta para utilizarse en la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención.

15 La adición de agente de dispersión en la etapa (B) del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse de acuerdo con la invención según todos los procedimientos conocidos para el experto.

Etapa (C):

20 La etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende tratar la dispersión de la etapa (A) o (B) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material hidrofobizado en la etapa (A), al que está unido la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula magnética se agregan.

25 En la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención pueden utilizarse todos los materiales y sustancias magnéticos conocidos para el experto. En una forma de realización preferida la al menos una partícula magnética se selecciona del grupo constituido por metales magnéticos, por ejemplo, hierro, cobalto, níquel y mezclas de los mismos, aleaciones ferromagnéticas de metales magnéticos, por ejemplo, NdFeB, SmCo y mezclas de los mismos, óxidos de hierro magnéticos, por ejemplo, magnetita, maghemita, ferritas cúbicas de fórmula general (II)



con

M seleccionado de Co, Ni, Mn, Zn y mezclas de las mismas y  
x ≤ 1,

30 ferritas hexagonales, por ejemplo, ferrita de bario o de estroncio  $MFe_6O_{19}$  con M = Ca, Sr, Ba, y mezclas de las mismas. Las partículas magnéticas pueden presentar adicionalmente una capa externa, por ejemplo, de  $SiO_2$ .

En una forma de realización especialmente preferida de la presente solicitud la al menos una partícula magnética es magnetita o ferrita de cobalto  $Co^{2+}_xFe^{2+}_{1-x}Fe^{3+}_2O_4$  con  $x \leq 1$ .

35 En una forma de realización preferida las partículas magnéticas utilizadas en la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención presentan un tamaño de 100 nm a 100  $\mu m$ , de manera especialmente preferida de 1 a 50  $\mu m$ . Las partículas magnéticas pueden pasarse antes de su uso en la etapa (C) según procedimientos conocidos para el experto al tamaño correspondiente, por ejemplo mediante molienda. Además, las partículas, preparadas mediante una reacción de precipitación, pueden llevarse a este tamaño de partícula mediante el ajuste de los parámetros de reacción (por ejemplo, pH, duración de la reacción, temperatura).

40 En una forma de realización preferida adicional la al menos una partícula magnética está hidrofobizada en la superficie con al menos un compuesto hidrófobo. Preferentemente el compuesto hidrófobo se selecciona de compuestos de fórmula general (III)



en la que

45 B se selecciona de alquilo  $C_3-C_{30}$  lineal o ramificado, heteroalquilo  $C_3-C_{30}$ , arilo  $C_6-C_{30}$  dado el caso sustituido, heteroarilo  $C_6-C_{30}$  dado el caso sustituido, aralquilo  $C_6-C_{30}$ , e

Y es un grupo con el que el compuesto de fórmula general (III) se une a la al menos una partícula magnética.

50 En una forma de realización especialmente preferida B es un alquilo  $C_6-C_{18}$  lineal o ramificado, preferentemente alquilo  $C_8-C_{12}$  lineal, de manera muy especialmente preferible un alquilo  $C_{12}$  lineal. Los heteroátomos presentes dado el caso de acuerdo con la invención se seleccionan de N, O, P, S y halógenos tales como F, Cl, Br y I.

En una forma de realización especialmente preferida adicional Y se selecciona del grupo constituido por  $-(X)_n\text{-SiHal}_3$ ,  $-(X)_n\text{-SiHHal}_2$ ,  $-(X)_n\text{-SiH}_2\text{Hal}$  siendo Hal igual a F, Cl, Br, I, y grupos aniónicos tales como  $-(X)_n\text{-SiO}_3^{3-}$ ,  $-(X)_n\text{-CO}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_3^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_2\text{S}^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-POS}_2^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PS}_3^{2-}$ ,  $-(X)_n\text{-PS}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-POS}^-$ ,  $-(X)_n\text{-PO}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-CO}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-CS}_2^-$ ,  $-(X)_n\text{-COS}^-$ ,  $-(X)_n\text{-C(S)NHOH}$ ,  $-(X)_n\text{-S}^-$  con X = O, S, NH, CH<sub>2</sub> y n = 0, 1 o 2, y dado el caso cationes seleccionados del grupo constituido por hidrógeno, NR<sub>4</sub><sup>+</sup>, siendo R independientemente entre sí hidrógeno y/o alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, metales alcalinos, alcalinotérreos o zinc, además  $-(X)_n\text{-Si(OZ)}_3$  con n = 0, 1 o 2 y Z = carga, hidrógeno o resto alquilo de cadena corta.

Si n = 2 en las fórmulas mencionadas, entonces hay dos grupos B iguales o diferentes, preferentemente iguales, unidos a un grupo Y.

- 10 Sustancias de hidrofobización muy especialmente preferidas de fórmula general (III) son alquiltriclorosilanos (grupo alquilo con 6-12 átomos de carbono), alquiltrimetoxisilanos (grupo alquilo con 6-12 átomos de carbono), ácido octilfosfónico, ácido láurico, ácido oleico, ácido esteárico o mezclas de los mismos.

15 El tratamiento de la disolución o dispersión con al menos una partícula magnética hidrófoba en la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse según todos los procedimientos conocidos para el experto.

En una forma de realización preferida se dispersa la al menos una partícula magnética en un agente de dispersión adecuado.

20 Como agentes de dispersión adecuados son adecuados todos los agentes de dispersión en los que la al menos una partícula magnética no es completamente soluble. Los agentes de dispersión adecuados para la dispersión según la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención se seleccionan del grupo constituido por agua, compuestos orgánicos solubles en agua y mezclas de los mismos, de manera especialmente preferida agua. De manera especialmente preferida se utiliza en la etapa (C) el mismo agente de dispersión que en la etapa (B).

25 En general puede seleccionarse la cantidad de agente de dispersión para la dispersión previa de la partícula magnética de acuerdo con la invención de tal manera que se obtiene una suspensión o dispersión que puede agitarse y/o bombearse bien. En una forma de realización preferida la cantidad de mezcla que va a tratarse con respecto a la suspensión o dispersión total asciende a hasta el 60 % en peso.

30 La dispersión de las partículas magnéticas puede prepararse de acuerdo con la invención según todos los procedimientos conocidos para el experto. En una forma de realización preferida se añaden conjuntamente las partículas magnéticas que deben dispersarse y la cantidad correspondiente de agente de dispersión o mezcla de agentes de dispersión en un reactor adecuado, por ejemplo un reactor de vidrio, y se agita con dispositivos conocidos para el experto, por ejemplo, en una cubeta de vidrio con un agitador de paletas accionado mecánicamente, por ejemplo, a una temperatura de 1 a 80 °C, preferentemente a temperatura ambiente.

35 El tratamiento de la dispersión de la etapa (B) con al menos una partícula magnética hidrófoba se realiza en general de tal manera que ambos componentes se añaden conjuntamente mediante métodos conocidos para el experto. En una forma de realización preferida se añade una dispersión de la al menos una partícula magnética a la mezcla tratada previamente con al menos una sustancia tensioactiva. En una forma de realización adicional puede añadirse la partícula magnética en forma sólida a una dispersión de la mezcla que va a tratarse. En una forma de realización preferida adicional ambos componentes se encuentran en forma dispersa.

La etapa (C) se realiza en general a una temperatura de 1 a 80 °C, preferentemente a 10 de 30 °C.

40 En la etapa (C) se agrega la al menos una partícula magnética al material hidrófobo de la mezcla que va a tratarse. La unión existente entre ambos componentes se basa en interacciones hidrófobas. Entre la al menos una partícula magnética y la fracción hidrófila de la mezcla no tiene lugar en general ninguna interacción de unión, de modo que entre estos componentes no tiene lugar ninguna agregación. Por lo tanto, tras la etapa (C) se encuentran en la mezcla productos de agregación del al menos un material hidrófobo y de la al menos una partícula magnética además del al menos un material hidrófilo.

45 En general en la etapa (C) se añade la cantidad de partícula magnética suficiente para que tenga lugar una separación lo más completa posible del al menos un primer material. La razón en peso entre el al menos un primer material presente en la mezcla y la al menos una partícula magnética asciende en general a 0,1:1 a 1:20. La razón exacta depende en cada caso de la mezcla que debe separarse magnéticamente, así como del aparato de separación magnética, por ejemplo, en lo que respecta a las velocidades de flujo, el contenido en sólidos de la pulpa, etc.

Etapa (D):

55 La etapa (D) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende separar el producto de agregación de la etapa (C) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M1 empobrecida en producto de agregación.



5 En la forma de realización en la que se encuentran en la mezcla que va a tratarse dos o más primeros materiales, la mezcla M1 contiene sobre todo los componentes de la mezcla de partida, que presenta una afinidad reducida con la sustancia tensioactiva usada en la etapa (A). En la forma de realización en la que en la mezcla que va a tratarse se encuentra un primer material, la mezcla M1 contiene sobre todo el primer material sobrante, que aún no se ha separado en las etapas (A) a (C).

10 La etapa (D) puede realizarse en una forma de realización preferida introduciendo un imán permanente en el reactor en el que se encuentra la mezcla de la etapa (C). En una forma de realización preferida, entre el imán permanente y la mezcla que va a tratarse hay una pared de separación de material no magnético, por ejemplo, la pared de vidrio del reactor. En una forma de realización preferida adicional del procedimiento de acuerdo con la invención se utiliza en la etapa (D) un imán eléctricamente conmutable, que sólo es magnético cuando fluye una corriente eléctrica. El experto conoce dispositivos adecuados.

La etapa (D) del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse a cada temperatura adecuada, por ejemplo de 10 a 60 °C.

15 Durante la etapa (D) se agita la mezcla preferentemente de manera permanente con un agitador adecuado, por ejemplo, una barra de agitación de teflón o un agitador de paletas.

20 En la etapa (D) del procedimiento de acuerdo con la invención se obtiene por un lado el producto de agregación de al menos una partícula magnética y al menos un primer material, y por otro lado una mezcla M1 empobrecida en producto de agregación. Esto tiene lugar de acuerdo con la invención porque el producto de agregación magnético se separa de la mezcla M1 aplicando un campo magnético. Dado que el producto de agregación se separa de esta manera, se empobrece la fase líquida, es decir, tras la etapa (D) se encuentra en la fase líquida menos producto de agregación que antes de la etapa (D). La mezcla M1 contiene en general el al menos un primer material que aún no se ha separado en la primera etapa de separación, el al menos un segundo material y al menos un agente de dispersión.

25 En la etapa (D) puede separarse el producto de agregación en general mediante todos los procedimientos conocidos para el experto. En una forma de realización puede evacuarse por ejemplo la mezcla M1 que contiene el agente de dispersión, el al menos un segundo material y el al menos un primer material aún no separado, a través de una válvula de fondo del reactor usado para la etapa (D), o las fracciones no retenidas mediante el al menos un imán de la suspensión se evacúan mediante bombeo a través de un tubo flexible. La cantidad de al menos un primer material en la mezcla M1 asciende al menos aún al 0,1 % en peso.

30 Etapa (E):

La etapa (E) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende poner en contacto de nuevo la mezcla M1 de la etapa (D) con al menos una sustancia tensioactiva, uniéndose la sustancia tensioactiva a dicho al menos un primer material, que está aún presente en la mezcla M1 de la etapa (D).

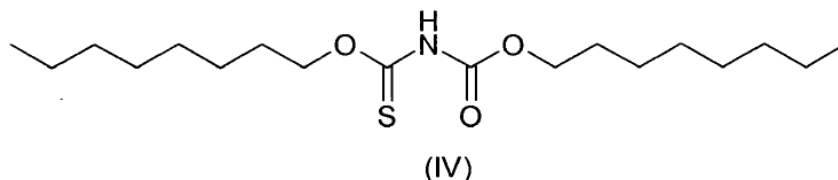
35 La mezcla M1 obtenida en la etapa (D) contiene entre otros todavía partes del al menos un primer material que debe separarse mediante el procedimiento de acuerdo con la invención. Dado que, sin embargo, en general la separación del al menos un primer material no se produce de manera completa en la etapa (D), se encuentra en la mezcla M1 aún primer material, que debe separarse en las siguientes etapas de la manera más completa posible. Por lo tanto, se pone en contacto la mezcla M1 de acuerdo con la invención de nuevo con al menos una sustancia tensioactiva.

40 En la etapa (E) del procedimiento de acuerdo con la invención, se pueden utilizar en general sustancias tensioactivas que proceden del grupo mencionado con respecto a la etapa (A). Las sustancias tensioactivas en las etapas (A) y (E) pueden ser iguales o diferentes.

Por lo tanto, la presente invención se refiere al procedimiento de acuerdo con la invención, en el que las sustancias tensioactivas en las etapas (A) y (E) son idénticas.

45 Además, la presente invención se refiere al procedimiento de acuerdo con la invención en el que las sustancias tensioactivas en las etapas (A) y (E) son diferentes.

En la etapa (E) del procedimiento de acuerdo con la invención son sustancias tensioactivas muy especialmente preferidas los xantatos de potasio C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub>, tioles, tiocarbamatos, hidroxamatos o un compuesto con la siguiente fórmula (IV)



La puesta en contacto en la etapa (E) del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse mediante todos los procedimientos conocidos para el experto. Dado que en la etapa (E) se trata la mezcla M1, se encuentra en general aún el agente de dispersión de las etapas anteriores, de modo que la etapa (E) se realiza en general en dispersión, preferentemente en suspensión, de manera especialmente preferida en suspensión acuosa.

- 5 La etapa (E) del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza en general a una temperatura de 1 a 80 °C, preferentemente a de 20 a 40 °C, de manera especialmente preferida a temperatura ambiente.

- 10 La al menos una sustancia tensioactiva se utiliza en la etapa (E) en general en una cantidad menor que en la etapa (A) del procedimiento de acuerdo con la invención. En una forma de realización preferida se utiliza la al menos una sustancia tensioactiva en la etapa (E) en una cantidad de 20 a 300 g/t, de manera especialmente preferida de 40 a 100 g/t, en cada caso con respecto a la mezcla que va a tratarse total.

Etapa (F):

La etapa (F) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende tratar la dispersión de la etapa (E) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula magnética se agregan.

- 15 En la etapa (F) tiene lugar la agregación de la al menos una partícula magnética a dicho al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, de modo que se genera un producto de agregación magnético correspondiente, que puede separarse en el transcurso adicional del procedimiento de acuerdo con la invención aplicando un campo magnético.

- 20 En principio, la etapa (F) del procedimiento de acuerdo con la invención puede tener lugar de manera análoga a la etapa (C) del procedimiento de acuerdo con la invención. Por lo tanto, los detalles y las formas de realización preferidas mencionados con respecto a la etapa (C) son válidos también para la etapa (F) de acuerdo con la invención.

- 25 La al menos una partícula magnética puede seleccionarse del grupo mencionado con respecto a la etapa (C). En una forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención las partículas magnéticas en las etapas (C) y (F) son idénticas. En una forma de realización adicional del procedimiento de acuerdo con la invención las partículas magnéticas en las etapas (C) y (F) son diferentes.

- 30 En general en la etapa (F) se añade la cantidad de partícula magnética suficiente para que tenga lugar una separación lo más completa posible del al menos un primer material aún restante. En una forma de realización preferida se añade en la etapa (F) la misma cantidad de partícula magnética que en la etapa (C).

- Etapa (G):

- 35 La etapa (G) del procedimiento de acuerdo con la invención comprende separar el producto de agregación de la etapa (F) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M2 empobrecida en producto de agregación. La mezcla M2 contiene dado el caso todavía al menos un primer material, en caso de que éste no se haya separado prácticamente de manera completa en las etapas anteriores, el al menos un segundo material y agentes de dispersión.

- En principio, la etapa (G) del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse de manera análoga a la etapa (D) del procedimiento de acuerdo con la invención. Por lo tanto, los detalles y las formas de realización preferidas mencionadas con respecto a la etapa (D) son válidos también para la etapa (G) de acuerdo con la invención.

- 40 Con respecto a los procedimientos del estado de la técnica, el procedimiento de acuerdo con la invención presenta la ventaja de que mediante el acondicionamiento y separación en múltiples etapas del al menos un primer material de la mezcla que debe tratarse de acuerdo con la invención, hay que utilizar en total menos sustancia tensioactiva para el acondicionamiento del al menos un primer material para poder separar el mismo porcentaje del al menos un primer material. Además, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, es posible separar un mayor porcentaje del al menos un primer material de la mezcla si se utiliza en total una misma cantidad de sustancia tensioactiva para el acondicionamiento. Por lo tanto, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, se logra poder separar de una mezcla correspondiente el al menos un primer material de manera más eficaz y más completa que lo que es posible mediante los procedimientos del estado de la técnica.

Etapa (H):

- 50 La etapa (H) opcional del procedimiento de acuerdo con la invención comprende repetir las etapas (E) a (G), es decir, de acuerdo con la invención es posible repetir tras la etapa (G) el tratamiento del residuo con al menos una sustancia tensioactiva, la puesta en contacto con una partícula magnética para formar un producto de agregación y la separación de este producto de agregación aplicando un campo magnético, es decir, las mezclas que se obtienen tras la separación de los productos de agregación del al menos un primer material y las partículas magnéticas, se

tratan una o varias veces con en cada caso al menos una sustancia tensioactiva, para que el primer material dado el caso aún no separado se hidrofobice y se agregue a una partícula magnética.

Etapa (I):

En una forma de realización preferida el procedimiento de acuerdo con la invención comprende la siguiente etapa (I):

- 5 La etapa (I) opcional del procedimiento de acuerdo con la invención comprende disgregar el producto de agregación separado de la etapa (D) y (G) para obtener por separado el al menos un primer material y la al menos una partícula magnética.

10 En una forma de realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención la disgregación en la etapa (I) se realiza de manera no destructiva, es decir, que los componentes individuales que se encuentran en la dispersión no se modifican químicamente. Por ejemplo, la disgregación de acuerdo con la invención no se realiza mediante la oxidación del agente de hidrofobización, por ejemplo, obteniendo los productos de oxidación o los productos de degradación del agente de hidrofobización.

15 La disgregación puede realizarse según todos los procedimientos conocidos para el experto que sean adecuados para disgregar el producto de agregación de tal manera que la al menos una partícula magnética pueda recuperarse en una forma reutilizable. En una forma de realización preferida se utiliza la partícula magnética disgregada de nuevo en la etapa (C) o (F).

20 En una forma de realización preferida la disgregación en la etapa (I) del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza mediante el tratamiento del producto de agregación con una sustancia seleccionada del grupo constituido por disolventes orgánicos, compuestos básicos, compuestos ácidos, agentes oxidantes, agentes reductores, compuestos tensioactivos y mezclas de los mismos.

25 Ejemplos de disolventes orgánicos adecuados son metanol, etanol, propanol, por ejemplo, n-propanol o iso-propanol, disolventes aromáticos, por ejemplo, benceno, tolueno, xilenos, éteres, por ejemplo, dietil éter, metil-t-butil éter, cetonas, por ejemplo, acetona, hidrocarburos aromáticos o alifáticos, por ejemplo, hidrocarburos saturados con, por ejemplo, de 8 a 16 átomos de carbono, por ejemplo, dodecano y/o Shellsol®, combustibles diésel y mezclas de los mismos. Los componentes principales del combustible diésel son principalmente alcanos, cicloalcanos e hidrocarburos aromáticos con aproximadamente de 9 a 22 átomos de carbono por molécula y un intervalo de ebullición de entre 170 °C y 390 °C.

30 Ejemplos de compuestos básicos que pueden utilizarse de acuerdo con la invención son disoluciones acuosas de compuestos básicos, por ejemplo, disoluciones acuosas de hidróxidos alcalinos y/o alcalinotérreos, por ejemplo, KOH, NaOH, lechada de cal, disoluciones de amoniaco acuosas, disoluciones acuosas de aminas orgánicas de fórmula general  $R^2_3N$ , seleccionándose  $R^2$  independientemente entre sí del grupo constituido por alquilo  $C_1-C_8$ , dado el caso sustituido con grupos funcionales adicionales. En una forma de realización preferida la etapa (I) se realiza mediante la adición de una disolución acuosa de NaOH hasta un valor de pH de 13, por ejemplo, para la separación de  $Cu_2S$  modificado con OPS. Los compuestos ácidos pueden ser ácidos minerales, por ejemplo, HCl,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  o mezclas de los mismos, ácidos orgánicos, por ejemplo, ácidos carboxílicos. Como agente oxidante puede utilizarse, por ejemplo,  $H_2O_2$ , por ejemplo, como una disolución acuosa al 30 % en peso (Perhydrol). Para la separación de  $Cu_2S$  modificado con tioles se utiliza preferentemente  $H_2O_2$  o  $Na_2S_2O_4$ .

35 Ejemplos de compuestos tensioactivos que pueden utilizarse de acuerdo con la invención son tensioactivos no iónicos, aniónicos, catiónicos y/o zwitteriónicos.

40 En una forma de realización preferida se disgrega el producto de agregación de material hidrófobo y partícula magnética con un disolvente orgánico, de manera especialmente preferida con acetona y/o gasóleo. Esta operación puede apoyarse también mecánicamente. En una forma de realización preferida se utilizan ultrasonidos para apoyar la operación de fraccionamiento.

45 En general se usa el disolvente orgánico en una cantidad que sea suficiente para disgregar lo máximo posible todo el producto de agregación. En una forma de realización preferida se usan de 20 a 100 ml del disolvente orgánico por gramo de producto de agregación de material hidrófobo y partícula magnética, que debe fraccionarse.

De acuerdo con la invención tras la disgregación se encuentran el al menos un primer material y la al menos una partícula magnética como dispersión en el reactivo de disgregación mencionado, preferentemente en un disolvente orgánico.

50 La al menos una partícula magnética se separa de la dispersión que contiene esta al menos una partícula magnética y el al menos un primer material mediante un imán permanente o conmutable desde la disolución. Los detalles de esta separación son análogos a los de la etapa (D) o (G) del procedimiento de acuerdo con la invención.

Preferentemente se separa el primer material que debe separarse, preferentemente el compuesto metálico que debe separarse, del disolvente orgánico mediante la eliminación por destilación del disolvente orgánico. El primer material

así obtenible puede purificarse mediante procedimientos adicionales conocidos para el experto. El disolvente puede recircularse, dado el caso tras una purificación, de nuevo al procedimiento de acuerdo con la invención.

### Ejemplos

Ejemplo de acuerdo con la invención:

- 5 Se muelen 100 g de un mineral porfírico (porcentaje de Cu del 0,07 % en peso) con 20 g de agua y 130 g/t de octilxantato durante 5 min en un molino de bolas planetario. A continuación se le añaden a la mezcla 3 g de magnetita hidrofobizada con ácido octilfosfónico ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  con un diámetro de 1 a 5  $\mu\text{m}$ ) y se muele durante 5 min más en el molino de bolas. Entonces se mezcla la mezcla generada con 100 ml de agua. Mediante una separación magnética en un aparato de separación magnética, conocido para el experto, se separan los componentes magnéticos de los componentes no magnéticos. Se seca el residuo magnético y contiene, según el análisis, un 69,5 % del cobre.

- 15 Se mezclan los componentes no magnéticos separados con 60 g/t de octilxantato en un recipiente de agitación durante 5 min (200 rpm), y se le añaden de nuevo 3 g de magnetita hidrofobizada con ácido octilfosfónico ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  con un diámetro de 1 a 5  $\mu\text{m}$ ) y se trata de nuevo durante 5 min en un aparato de agitación (200 rpm). A continuación se separan los componentes magnéticos en un aparato de separación magnética de los componentes no magnéticos. En esta segunda etapa de separación se separa magnéticamente un 22,8 % adicional del Cu, de modo que en total se separa magnéticamente un 92,3 % del cobre del mineral. En total se necesitan para ello 190 g/t de xantato como agente de hidrofobización.

Ejemplo comparativo:

- 20 Se repite el procedimiento según el ejemplo de acuerdo con la invención, pero utilizándose la cantidad total de 190 g/t de octilxantato completamente ya en el primer acondicionamiento, y no realizándose una segunda etapa de acondicionamiento. El rendimiento de Cu asciende al 70 % del Cu existente en el mineral porfírico.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene el al menos un primer material y al menos un segundo material, que comprende al menos las siguientes etapas:

- 5 (A) poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una sustancia tensioactiva, dado el caso en presencia de al menos un agente de dispersión, uniéndose la sustancia tensioactiva a dicho al menos un primer material,
- (B) dado el caso añadir al menos un agente de dispersión a la mezcla obtenida en la etapa (A), para obtener una dispersión,
- 10 (C) tratar la dispersión de la etapa (A) o (B) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula, magnética se agregan,
- (D) separar el producto de agregación de la etapa (C) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M1 empobrecida en producto de agregación,
- 15 (E) poner en contacto de nuevo la mezcla M1 de la etapa (D) con al menos una sustancia tensioactiva, uniéndose la sustancia tensioactiva a dicho al menos un primer material, que está aún presente en la mezcla M1 de la etapa (D),
- (F) tratar la dispersión de la etapa (E) con al menos una partícula magnética hidrófoba, de modo que el al menos un primer material, al que está unida la al menos una sustancia tensioactiva, y la al menos una partícula magnética se agregan,
- 20 (G) separar el producto de agregación de la etapa (F) de la mezcla aplicando un campo magnético, para obtener el producto de agregación y una mezcla M2 empobrecida en producto de agregación y
- (H) dado el caso repetir las etapas (E) a (G).

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende la siguiente etapa (I)

- 25 (I) disgregar el producto de agregación separado de la etapa (D) y (G), para obtener por separado el al menos un primer material y la al menos una partícula magnética.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el primer material es un compuesto metálico hidrófobo o carbón y el segundo material es un compuesto metálico hidrófilo.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la sustancia tensioactiva es una sustancia de fórmula general (I)

- 30 A-Z (I),

en la que

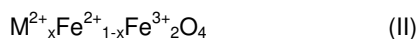
A se selecciona de alquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub> lineal o ramificado, heteroalquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub>, arilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub> dado el caso sustituido, heteroarilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub> dado el caso sustituido, aralquilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub> y  
Z es un grupo con el que el compuesto de fórmula general (I) se une a dicho al menos un material hidrófobo.

- 35 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** Z se selecciona del grupo constituido por los grupos aniónicos -(X)<sub>n</sub>-PO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-PO<sub>2</sub>S<sup>2-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-POS<sub>2</sub><sup>2-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-PS<sub>3</sub><sup>2-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-PS<sub>2</sub><sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-POS<sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-PO<sub>2</sub><sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-PO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-CO<sub>2</sub><sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-CS<sub>2</sub><sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-COS<sup>-</sup>, -(X)<sub>n</sub>-C(S)NHOH, -(X)<sub>n</sub>-S<sup>-</sup> seleccionándose X del grupo constituido por O, S, NH, CH<sub>2</sub> y n = 0, 1 o 2, dado el caso con cationes seleccionados del grupo constituido por hidrógeno, NR<sub>4</sub><sup>+</sup>, siendo R independientemente entre sí hidrógeno y/o alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, metales alcalinos o alcalinotérreos.

- 40 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** el al menos un compuesto metálico hidrófobo se selecciona del grupo de minerales sulfurados, de minerales óxidos y/o que contienen carbonato.

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el al menos un compuesto metálico hidrófilo se selecciona del grupo constituido por compuestos óxidos e hidróxidos metálicos.

- 45 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la al menos una partícula magnética se selecciona del grupo constituido por metales magnéticos y mezclas de los mismos, aleaciones ferromagnéticas de metales magnéticos y mezclas de los mismos, óxidos de hierro magnéticos, ferritas cúbicas de fórmula general (II)



- 50 con

M seleccionado de Co, Ni, Mn, Zn y mezclas de los mismos y  
X ≤ 1,

ferritas hexagonales y mezclas de las mismas.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el agente de dispersión es agua.

5 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material se muele antes de o durante la etapa (A) para dar partículas con un tamaño de 100 nm a 100  $\mu$ m.

11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** las sustancias tensioactivas en las etapas (A) y (E) son idénticas.

10 12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** las sustancias tensioactivas en las etapas (A) y (E) son diferentes.