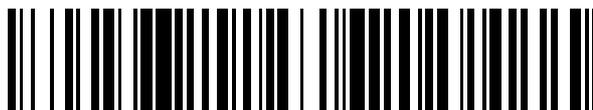


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 742**

51 Int. Cl.:

B03C 1/01 (2006.01)

B03C 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2010 E 10774231 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 2498913**

54 Título: **Método para aumentar la eficiencia en un proceso de separación de minerales por medio de partículas magnéticas hidrófobas mediante la entrada focalizada de energía mecánica**

30 Prioridad:

11.11.2009 EP 09175635

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

13.02.2014

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)
67056 Ludwigshafen, DE**

72 Inventor/es:

**RIEGER, REINHOLD;
MICHAILOVSKI, ALEXEJ y
DOMKE, IMME**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 442 742 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para aumentar la eficiencia en un proceso de separación de minerales por medio de partículas magnéticas hidrófobas mediante la entrada focalizada de energía mecánica.

5 La presente invención se refiere a un proceso para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material, el cual comprende los siguientes pasos (A) poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una partícula magnética en presencia de al menos un medio de dispersión de modo que al menos un primer material y al menos una partícula magnética se aglomeren, (B) opcionalmente adicionar otros agentes de dispersión a la dispersión obtenida en el paso (A), (C) separar el aglomerado del paso (A) o (B) de la mezcla aplicando un campo magnético, (D) y disociar el aglomerado separado en el paso (C) a fin de obtener al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética en forma separada, con una entrada de energía de al menos 10 kW/m³ que se introduce en la dispersión en el paso (A).

En particular, la presente invención se refiere a un proceso para el enriquecimiento de minerales en presencia de la ganga.

15 Los procesos para separar los minerales de las mezclas que los contienen ya son conocidos del estado de la técnica.

20 WO 02/0066168 A1 se refiere a un proceso para separar minerales de las mezclas que los contienen, en el cual las suspensiones o lechadas de estas mezclas se tratan con las partículas que son magnéticas y/o pueden flotar en soluciones acuosas. Después de la adición de las partículas magnéticas y/o que pueden flotar, se aplica un campo magnético de modo que los aglomerados se separen de la mezcla. Sin embargo, el grado de adhesión de las partículas magnéticas a los minerales y la resistencia del enlace no son suficiente para llevar a cabo el proceso con un rendimiento y efectividad lo suficientemente altos.

25 US 4,657,666 divulga un proceso para el enriquecimiento de minerales, en el cual el mineral presente en la ganga se hace reaccionar con partículas magnéticas, por lo cual se forman aglomerados debido a las interacciones hidrófobas. Las partículas magnéticas se vuelven hidrófobas sobre la superficie mediante el tratamiento con compuestos hidrófobos de modo que se produce una adhesión al mineral. Los aglomerados se separan posteriormente de la mezcla por medio de un campo magnético. El documento mencionado además divulga que los minerales se tratan con una solución tensioactiva de 1 % de etilxantato de sodio antes de agregar la partícula magnética. En este proceso, se efectúa una separación de mineral y partícula magnética mediante la destrucción de la sustancia tensioactiva que ha sido aplicada en forma de solución tensioactiva al mineral. Más aún, sólo los agentes para conversión hidrófoba C₄ para el mineral se utilizan en este proceso.

35 US 4,834,898 divulga un proceso para separar materiales no magnéticos poniéndolos en contacto con reactivos magnéticos que están envueltos en dos capas de sustancias tensioactivas. El documento US 4.834.898 además divulga que la carga de superficie de las partículas no magnéticas que deben separarse pueden verse influenciadas por varios tipos y concentraciones de reactivos de electrolitos. Por ejemplo, la carga tensioactiva se altera por la adición de aniones multivalentes, por ejemplo iones de tripolifosfato.

40 S. R. Gray, D. Landberg, N. B. Gray, Extractive Metallurgy Conference, Perth, 2 - 4 Octubre 1991, páginas 223-226, divulga un proceso para recuperar pequeñas partículas de oro poniendo en contacto las partículas con magnetita. Antes del contacto, las partículas de oro se tratan con amilxantato de potasio. Un proceso para separar las partículas de oro de al menos un material hidrofílico no se divulga en este documento.

WO 2007/008322 A1 divulga una partícula magnética, que se vuelve hidrófoba sobre la superficie, para la separación de impurezas de sustancias minerales mediante procesos de separación magnética. De acuerdo con el documento WO 2007/008322 A1, puede agregarse un dispersante seleccionado de silicato de sodio, poliacrilato de sodio y hexametfosfato de sodio a la solución o dispersión.

45 WO 2009/030669 A2 divulga un proceso para separar minerales de mezclas de estos con la ganga por medio de partículas magnéticas, en el cual el mineral primero se vuelve hidrófoba con una sustancia adecuada de modo que el mineral hecho hidrófobo y la partícula magnética se aglomeran y pueden separarse. El documento WO 2009/065802 A2 divulga un proceso similar para separar un mineral de la ganga por medio de partículas magnéticas, y la aglomeración de partículas magnéticas y el mineral se basa en diferentes cargas de superficie. Ambos procesos necesitan mejoras con respecto a su eficiencia.

50 US 3,817,457 A divulga un método para tratar materiales en forma de partículas. Para este propósito, el material en forma de partículas que va a tratarse es tratado con un segundo material en forma de partículas que presenta

partículas de grano grueso. Esta mezcla se somete luego a altas fuerzas de corte. A continuación, el segundo material vuelve a separarse del primer material, por ejemplo mediante una separación magnética.

WO 84/00703 A1 divulga un método para producir arcillas con una luminosidad particularmente grande y usando procesos de separación magnéticos y calcinación subsiguiente. A fin de eliminar impurezas con color, la mezcla de arcilla se mezcla con partículas magnéticas según este documento, de tal manera que se llegue a una aglomeración de los componentes coloreados molestos y las partículas magnéticas adicionadas.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un proceso por medio del cual al menos un primer material puede separarse en forma eficiente de las mezclas que contienen al menos un primer material y al menos un segundo material. Más aún, es un objetivo de la presente invención tratar las primeras partículas para ser separadas de tal forma que el producto aglomerado entre la partícula magnética y el primer material sea suficientemente estable para garantizar un elevado rendimiento del primer material en la separación. Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un proceso de este tipo en el cual la formación de los aglomerados se mejore por medio de medidas adecuadas. Además, solo una porción muy pequeña de al menos un segundo material, principalmente la ganga, debe incluirse en estos aglomerados a fin de incrementar, por ejemplo, el rendimiento del tiempo y espacio de un procesamiento final que sigue después del proceso de la invención.

Estos objetivos se logran mediante un proceso para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material, el cual comprende los siguientes pasos:

(A) poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una partícula magnética en presencia al menos de un medio de dispersión de modo que al menos un primer material y al menos una partícula magnética se aglomeren,

(B) opcionalmente adicionar otros agentes de dispersión a la dispersión obtenida en el paso (A),

(C) separar el aglomerado del paso (A) o (B) de la mezcla por la aplicación de un campo magnético,

(D) disociar el aglomerado separado en el paso (C) a fin de obtener al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética en forma separada,

con una entrada de energía de al menos 10 kW/m³ que se introduce en la dispersión en el paso (A) y el primer material es un compuesto metálico hidrófobo seleccionado del grupo de los minerales sulfurados, de los minerales oxídicos y/o carbonatados o carbón, y el segundo material se selecciona de compuestos oxídicos e hidroxídicos.

Al menos el único primer material que va a separarse es preferiblemente un compuesto metálico hidrófobo seleccionado del grupo de los minerales sulfurados, de los minerales oxídicos y/o carbonatados, por ejemplo azurita [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂], o malaquita [Cu₂[(OH)₂CO₃]], o de los metales nobles, con los cuales un compuesto tensioactivo puede combinarse de manera selectiva generando propiedades superficiales hidrófobas.

Ejemplos de minerales sulfurados que pueden emplearse según la invención se seleccionan, por ejemplo, del grupo de los minerales de cobre compuesto por covelita CuS, calcopirita (pirita de cobre) Cu-FeS₂, bornita Cu₅FeS₄, calcosina (calcosita) Cu₂S y mezclas de los mismos, así como otros sulfuros tales como sulfuro de molibdeno (IV) y pentantita (NiFeS₂).

El al menos único segundo material se seleccionan preferiblemente del grupo compuesto por compuestos oxídicos e hidroxídicos como, por ejemplo, dióxido de silicio SiO₂, silicatos, aluminosilicatos, por ejemplo feldespatos, por ejemplo albita Na(Si₃Al)O₈, mica, por ejemplo moscovita KAl₂[(OH,F)₂AlSi₃O₁₀], granate (Mg, Ca, Fe)₃(Al, Fe)₂(SiO₄)₃, Al₂O₃, FeO(OH), FeCO₃ y otros materiales relacionados y mezclas de los mismos.

En el proceso de la invención por consiguiente se emplean mezclas de minerales preferiblemente no tratadas que se obtienen de yacimientos de minas.

En una modalidad preferida del proceso de la invención, la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material está presente en forma de partículas que tienen un tamaño de 100 nm a 100 μm en el paso (A), véase, por ejemplo, el documento US 5.051.199. En una modalidad preferida, este tamaño de partícula se obtiene por trituración. Los procesos y los aparatos adecuados son conocidos por los expertos en la técnica, por ejemplo, molienda húmeda en un molino de bola. De esta manera, una modalidad preferida del proceso de la invención se caracteriza porque la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material se muele hasta obtener partículas con un tamaño desde 100 nm a 100 μm antes o durante el paso (A). Las mezclas de minerales que se utilizan preferentemente tienen un contenido de minerales sulfurados de al menos 0,01% en peso, preferentemente al menos 0,5% en peso, particularmente preferible de al menos 3% en peso.

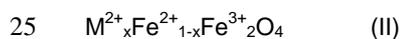
5 Ejemplos de minerales sulfurados presentes en las mezclas que se pueden utilizar de acuerdo con la invención son aquellos que se mencionaron anteriormente. Además, los sulfuros de metales que no son cobre, por ejemplo, sulfuros de hierro, plomo, cinc o molibdeno, es decir, FeS/FeS₂, PbS, ZnS o MoS₂, también pueden estar presentes en las mezclas. Además, los compuestos oxídicos de metales y semimetales, por ejemplo silicatos o boratos y otras sales de metales y semimetales, por ejemplo, fosfatos, sulfatos u óxidos / hidróxidos / carbonatos y otras sales, por ejemplo azurita [Cu₃(CO₃)₂(OH)₂], malaquita [Cu₂((OH)₂(CO₃))], barita (BaSO₄), monacita ((La-Lu)PO₄) pueden estar presentes en las mezclas de minerales que se tratan de acuerdo con la invención. Otros ejemplos de al menos el único primer material que se separa por medio del proceso de la invención son los metales nobles, por ejemplo, Au, Pt, Pd, Rh etc., que pueden estar preferentemente presentes en estado puro, en forma de aleación o en forma asociada.

10 Una mezcla mineral que se utiliza típicamente y puede separarse por el proceso de la invención tiene la siguiente composición: aproximadamente 30% en peso de SiO₂, aproximadamente 10% en peso de Na(Si₃Al)O₈, aproximadamente 3% en peso de Cu₂S, aproximadamente 1 % en peso de MoS₂, el resto de cromo, hierro, titanio y óxidos de magnesio.

15 Como partículas magnéticas, en general es posible utilizar todas las partículas magnéticas conocidas por los expertos las cuales satisfacen los requerimientos del proceso de la invención, por ejemplo, capacidad de suspensión en el medio de suspensión opcionalmente utilizado y la capacidad de ser funcionalizadas con al menos un compuesto polimérico.

20 Además, la partícula magnética debe tener una capacidad de magnetizarse hasta la saturación suficientemente alta, por ejemplo 25 a 300 emu/g, y una remanencia baja de modo que el producto de adición pueda separarse en una cantidad suficiente de la suspensión en el paso (C) del proceso de la invención.

En una modalidad preferida al menos la única partícula magnética se selecciona del grupo que consiste de metales magnéticos, por ejemplo, hierro, cobalto, níquel y mezclas de los mismos, aleaciones ferromagnéticas de metales magnéticos, óxidos de hierro magnético, por ejemplo, magnetita, magemita, ferritas cúbicas de fórmula general (II)



donde

M se selecciona de Co, Ni, Mn, Zn y mezclas de los mismos y

$$x \leq 1,$$

30 ferritas hexagonales, por ejemplo bario o ferrita de estroncio MFe₁₂O₁₉ donde M = Ca, Sr, Ba, y mezclas de los mismos.

En una modalidad particularmente preferida de la presente solicitud de patente, al menos una partícula magnética es magnetita Fe₃O₄ o ferrita de cobalto Co²⁺_xFe²⁺_{1-x}Fe³⁺₂O₄ donde x ≤ 1, por ejemplo Co_{0,25}Fe_{2,75}O₄.

El tamaño de las partículas magnéticas que se utilizan de acuerdo con la invención es preferentemente de 10 nm a 10 μm.

35 Las partículas magnéticas que se pueden utilizar de acuerdo con la invención opcionalmente pueden volverse hidrófobas sobre la superficie, por ejemplo por medio de al menos un compuesto hidrófobo seleccionado entre los compuestos de fórmula general (V)



donde

40 B se selecciona de alquilo C₃-C₃₀ lineal o ramificado, heteroalquilo C₃-C₃₀, arilo C₆-C₃₀ opcionalmente sustituido, heteroalquilo C₆-C₃₀ opcionalmente sustituido, aralquilo C₆-C₃₀ y

Y es un grupo por medio del cual el compuesto de fórmula general (V) se une al menos a una partícula magnética.

45 En una modalidad particularmente preferida, B es un alquilo de C₆-C₁₈ lineal o ramificado, preferentemente alquilo de C₈-C₁₂ lineal, muy particularmente preferido un alquilo de C₁₂ lineal. Los heteroátomos que pueden estar presentes de acuerdo con la invención se seleccionan de N, O, P, S y halógenos tales como F, Cl, Br e I.

5 En una modalidad particularmente preferida, Y se selecciona del grupo que consiste de $-(X)_n\text{-SiHal}_3$, $-(X)_n\text{-SiHHal}_2$, $-(X)_n\text{-SiH}_2\text{Hal}$ donde Hal es igual a F, Cl, Br, I, y grupos aniónicos como $-(X)_n\text{-SiO}_3^{3-}$, $-(X)_n\text{-CO}_2^-$, $-(X)_n\text{-PO}_3^{2-}$, $-(X)_n\text{-PO}_2\text{S}^{2-}$, $-(X)_n\text{-POS}_2^{2-}$, $-(X)_n\text{-PS}_3^{2-}$, $-(X)_n\text{-PS}_2^-$, $-(X)_n\text{-POS}^-$, $-(X)_n\text{-PO}_2^-$, $-(X)_n\text{-CO}_2^-$, $-(X)_n\text{-CS}_2^-$, $-(X)_n\text{-COS}^-$, $-(X)_n\text{-C(S)NHOH}$, $-(X)_n\text{-S}^-$ donde X = O, S, NH, CH₂ y n = 0, 1 o 2, y opcionalmente los cationes se seleccionan del grupo compuesto por hidrógeno, NR₄⁺ donde R, independientemente entre sí, es igual a hidrógeno y/o alquilo de C₁-C₈, metales alcalino o alcalino-térreos o cinc, además $-(X)_n\text{-Si(OZ)}_3$ donde n = 0, 1 o 2 y Z = carga, hidrógeno o residuo de alquilo de cadena corta.

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

10 Las sustancias para conversión hidrófoba muy particularmente preferidas de fórmula general (V) son alquiltriclorosilanos (grupo alquilo que tiene 6 a 12 átomos de carbono), alquiltrimetoxisilanos (grupo alquilo que tiene de 6 a 12 átomos de carbono), ácido octilfosfónico, ácido láurico, ácido oleico, ácido esteárico, o mezclas de los mismos.

Los pasos individuales del proceso de la invención se describen en detalle a continuación:

15 Paso (A):

El paso (A) del proceso de 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 partícula magnética en presencia de al menos un agente de dispersión de modo que se aglomeren el, al menos uno, primer material y la, al menos una, partícula magnética se aglomeren.

20 Los primeros y segundos materiales adecuados y preferidos ya han sido mencionados arriba.

25 De acuerdo con la invención, al menos un primer material que va a ser separado y al menos una partícula magnética se aglomeran en el paso (A) del proceso de la invención. La aglomeración puede ocurrir en general como resultado de todas las fuerzas de atracción conocidas por los expertos en la técnica entre al menos el primer material y al menos una partícula magnética. De acuerdo con la invención, esencialmente sólo al menos un primer material y al menos una partícula magnética se aglomeran en el paso (A) del proceso de la invención mientras al menos un segundo material y al menos una partícula magnética esencialmente no se aglomeran.

30 En una modalidad preferida del proceso de la invención, al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética se aglomeran como resultado de las interacciones hidrófobas, diferentes cargas de superficie y/o compuestos presentes en la mezcla que acoplan selectivamente al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética.

Las alternativas antes mencionadas para aglomeración de al menos un primer material y al menos una partícula magnética se explican a continuación.

En una primera modalidad preferida del paso (A) del proceso de la invención, al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética se aglomeran como resultado de las interacciones hidrófobas.

35 En el contexto de la presente invención, "hidrófobo" significa que las partículas correspondientes pueden ser hidrófobas subsiguientemente mediante tratamiento con al menos una sustancia tensioactiva. Además es posible que una partícula hidrófoba *per se* se vuelva adicionalmente hidrófoba mediante tratamiento con al menos una sustancia tensioactiva.

40 "Hidrófoba" significa en el contexto de la presente invención, que la superficie de una "sustancia hidrófoba" correspondiente o una "sustancia convertida en hidrófoba" tiene un ángulo de contacto de >90° con agua contra el aire. "Hidrofílico" significa en el contexto de la presente invención, que la superficie de una "sustancia hidrofílica" correspondiente tiene un ángulo de contacto de <90° con agua contra el aire.

45 La puesta en contacto en el paso (A) del proceso de la invención puede ocurrir mediante todos los métodos conocidos por el experto en la materia. El paso (A) se lleva a cabo en dispersión, preferentemente en suspensión, en particular preferentemente en suspensión acuosa.

Como medio de dispersión, en general es posible utilizar todos los medios de dispersión en los cuales la mezcla del paso (A) no es completamente soluble. Los medios de dispersión adecuados, por ejemplo, se seleccionan del grupo que consiste de agua, compuestos orgánicos hidrosolubles, por ejemplo alcoholes que tienen de 1 a 4 átomos de carbono, y mezclas de los mismos. En una modalidad particularmente preferida, el medio de dispersión es agua.

El paso (A) del proceso de la invención en general se lleva a cabo a una temperatura desde 1 hasta 80 °C, preferentemente desde 20 a 40°C, en particular preferentemente a temperatura ambiente.

Modalidad A1:

5 En esta modalidad preferida A1 del proceso de la invención, el paso (A) se lleva a cabo primero poniendo en contacto al menos el único primer material contenido en la mezcla para su conversión hidrófoba con una sustancia tensoactiva, luego poniendo esta mezcla en contacto con al menos una partícula magnética de modo que se aglomeren al menos la única partícula magnética y al menos el único primer material que ha sido convertido en hidrófobo sobre la superficie.

10 En el contexto de la presente invención, "sustancia tensoactiva" significa una sustancia que puede alterar la superficie de la partícula que va a ser separada en presencia de otras partículas que no van a ser separadas de tal forma que se lleva a cabo una deposición de una partícula hidrófoba como resultado de interacciones hidrófobas. Las sustancias tensoactivas que pueden utilizarse de acuerdo con la invención se combinan en forma selectiva con al menos al único primer material y de este modo provocan una hidrofobicidad adecuada del primer material. "En forma selectiva" significa, en el contexto de la presente invención, que el coeficiente de distribución de la sustancia tensoactiva entre la superficie del al menos único primer material y la superficie del al menos único segundo material es en general >1, preferentemente >100, en particular preferentemente >10000, es decir que la sustancia tensoactiva se combina preferentemente con la superficie de al menos el único primer material y no con la superficie de al menos el único segundo material.

En el proceso de la invención se emplea preferentemente una sustancia tensoactiva de fórmula general (I)

20 A-Z (I)

que se une al menos al único primer material, donde

A se selecciona de alquilo C₃-C₃₀ lineal o ramificado, heteroalquilo C₃-C₃₀, arilo C₆-C₃₀ opcionalmente sustituido, heteroalquilo C₆-C₃₀ opcionalmente sustituido, aralquilo C₃-C₃₀ y

Z es un grupo con el cual el compuesto de fórmula general (I) se une al, al menos uno, material hidrófobo.

25 En una modalidad particularmente preferida, A es un alquilo C₄-C₁₂ lineal o ramificado, muy particularmente preferible alquilo C₄ o C₈ lineal. Los heteroátomos opcionalmente presentes de acuerdo con la invención se seleccionan de N, O, P, S y de halógenos tales como F, Cl, Br e I.

30 En otra modalidad preferida, A es preferentemente un alquilo C₆-C₂₀ lineal o ramificado, preferentemente lineal. Además, A es preferentemente un alquilo C₆-C₁₄ ramificado, en el cual al menos el único sustituyente, que tiene preferentemente de 1 a 6 átomos de carbono, está preferentemente presente en la posición 2, por ejemplo 2-etilhexilo y/o 2-propilheptilo.

35 En otra modalidad particularmente preferida, Z se selecciona del grupo compuesto por grupos aniónicos $-(X)_n-PO_3^{2-}$, $-(X)_n-PO_2S^{2-}$, $-(X)_n-POS_2^{2-}$, $-(X)_n-PS_3^{2-}$, $-(X)_n-PS_2^-$, $-(X)_n-POS^-$, $-(X)_n-PO_2^-$, $-(X)_n-PO_3^{2-}$, $-(X)_n-CO_2^-$, $-(X)_n-CS_2^-$, $-(X)_n-COS^-$, $-(X)_n-C(S)NHOH$, $-(X)_n-S^-$ donde X se selecciona del grupo que consiste de O, S, NH, CH₂ y n = 0, 1 o 2, opcionalmente con cationes seleccionados del grupo compuesto de hidrógeno, NR₄⁺ donde R, independientemente entre sí, es igual a hidrógeno y/o alquilo C₁-C₈, metales alcalinos o alcalinotérreos. Los aniones mencionados y los cationes correspondientes forman, de acuerdo con la invención, compuestos cargados neutralmente de fórmula general (I).

40 Si n = 2 en las fórmulas mencionadas, entonces dos grupos A idénticos o diferentes, preferentemente idénticos se encuentran unidos a un grupo Z.

45 En una modalidad particularmente preferida se emplean compuestos seleccionados del grupo compuesto por xantatos, A-O-CS₂⁻, dialquilditiofosfatos (A-O)₂PS₂⁻, dialquilditiofosfinatos (A)₂-PS₂⁻ y mezclas de los mismos, donde A, independientemente entre sí, significa un alquilo C₆-C₂₀ lineal o ramificado, preferentemente lineal, preferentemente n-octilo, o un alquilo C₆-C₁₄ ramificado en el cual la ramificación está preferentemente presente en la posición 2, por ejemplo, 2-etilhexilo y/o 2-propilheptilo. Los contraiones presentes en estos compuestos se seleccionan preferentemente del grupo compuesto por hidrógeno, NR₄⁺ donde R, independientemente entre sí, significa hidrógeno o alquilo C₁-C₈, metales alcalinos o alcalinotérreos, principalmente sodio o potasio.

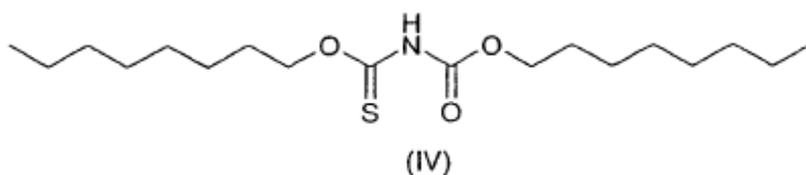
50 Los compuestos muy particularmente preferidos de fórmula general (I) se seleccionan del grupo compuesto por n-octilxantato de sodio o potasio, butilxantato de sodio o potasio, di-n-octilditiofosfinato de sodio o potasio, di-n-octilditiofosfato de sodio o potasio y mezclas de estos compuestos.

En el caso de metales nobles, por ejemplo, Au, Pd, Rh etc., las sustancias tensioactivas particularmente preferidas son monotioles, ditioles, y tritioles u 8-hidroxiquinolinas, por ejemplo, como se describe en EP 1200408 B1.

- 5 En el caso de óxidos de metal, por ejemplo, FeO(OH), Fe₃O₄, ZnO etc., carbonatos, por ejemplo, azurita [Cu(CO₃(OH)₂], malaquita [Cu₂[(OH)₂CO₃]], las sustancias tensioactivas particularmente preferidas son ácido octilfosfónico (OPA), (EtO)₃Si-A, (MeO)₃Si-A, con los significados antes mencionados para A. En una modalidad preferida del proceso de la invención, no se utilizan hidroxamatos como sustancias tensioactivas para modificar óxidos de metal.

En el caso de sulfuros de metal, por ejemplo, Cu₂S, MoS₂, etc., las sustancias tensioactivas particularmente preferidas son monotioles, ditioles, y tritioles o xantatos.

- 10 En otra modalidad preferida del proceso de la invención, Z significa -(X)_n-CS₂⁻, -(X)_n-PO₂⁻ o -(X)_n-S⁻ donde X es igual O y n es igual 0 o 1 y un catión seleccionado de hidrógeno, sodio y potasio. Las sustancias tensioactivas muy particularmente preferidas son 1-octanotiol, n-octilxantato de potasio, butilxantato de potasio, ácido octilfosfónico o un compuesto de fórmula (IV)



- 15 Al menos la única sustancia tensioactiva se utiliza en general en una cantidad que es suficiente para obtener el efecto deseado. En una modalidad preferida, al menos la única sustancia tensioactiva se agrega en una cantidad desde 0,01 a 5% en peso, en cada caso basado en la mezcla total que va a ser tratada.

Otros detalles de esta modalidad se divulgan en el documento en der WO 2009/030669 A2.

Modalidad A2:

- 20 En esta otra modalidad A2 del paso (A) del proceso de la invención, la mezcla a ser tratada primero se pone en contacto con al menos un hidrocarburo en una cantidad de 0,01 a 0,4% en peso, respecto de la suma de la mezcla a ser tratada y al menos un hidrocarburo, y esta mezcla posteriormente se pone en contacto con al menos la única partícula magnética. La modalidad A2 es particularmente ventajosa cuando junto a al menos el único primer material y al menos un segundo material, también está presente al menos un tercer material. Al menos el único tercer material se selecciona preferentemente del grupo que ha sido mencionado anteriormente para al menos el único segundo material, en cuyo caso al menos un segundo material y al menos un tercer material son diferentes.

- 30 En el contexto de la presente invención un hidrocarburo significa un compuesto químico orgánico que se constituye esencialmente de carbono, hidrógeno, y opcionalmente oxígeno. Si en los hidrocarburos que se pueden utilizar de acuerdo con la invención está presente el oxígeno además del carbono y el hidrógeno, entonces éste se presenta en forma de grupos de éster, carboxilo y/o éter, por ejemplo. En el paso (A) de acuerdo con la modalidad A2 del proceso de la invención, es posible utilizar o bien un hidrocarburo esencialmente uniforme o una mezcla de hidrocarburos.

- 35 Los hidrocarburos o las mezclas de hidrocarburos que se pueden utilizar de acuerdo con la invención tienen en general una baja viscosidad en las condiciones del proceso de la invención, de modo que son líquidas y fácilmente móviles en las condiciones del proceso de la invención. Se da preferencia al uso de hidrocarburos o a las mezclas de hidrocarburos que tienen una viscosidad de 0,1 a 100 cP, preferentemente de 0,5 a 5 cP, respectivamente a 20°C.

- 40 Los hidrocarburos o las mezclas de hidrocarburos que se pueden utilizar de acuerdo con la invención tienen en general un punto de inflamación de $\geq 20^\circ\text{C}$, preferentemente $\geq 40^\circ\text{C}$. Por lo tanto, la presente invención también se refiere al proceso de acuerdo con la invención en el cual al menos el único hidrocarburo tiene un punto de inflamación de $\geq 20^\circ\text{C}$, particularmente preferible $\geq 40^\circ\text{C}$.

En una modalidad preferida del proceso de la invención, al menos el único hidrocarburo se selecciona del grupo que consiste de aceites minerales, aceites vegetales, biodiesel, combustibles Btl (biomasa a líquido), productos de licuefacción de carbón, productos del proceso de gTL (gas a líquido, de gas natural) y mezclas de los mismos.

5 Los aceites minerales, por ejemplo, son derivados del petróleo crudo y/o aceites producidos por destilación a partir de lignito, hulla, turba, madera, petróleo crudo y opcionalmente otras materias primas minerales. Los aceites minerales en general se componen de mezclas de hidrocarburos: hidrocarburos parafínicos, es decir hidrocarburos saturados en forma de cadena, hidrocarburos nafténicos, es decir hidrocarburos cíclicos saturados, e hidrocarburos aromáticos.

10 Un derivado del petróleo crudo particularmente preferido es el diesel o gasoil. El diesel en general tiene una composición conocida por el experto en la materia. El diésel se basa esencialmente en aceite mineral, es decir el diesel es una fracción que se obtiene en la separación por destilación del aceite mineral. Los principales constituyentes del diesel son preponderantemente los alcanos, cicloalcanos, y los hidrocarburos aromáticos que tienen aproximadamente 9 a 22 hidrocarburos por molécula un rango de ebullición de 170 °C a 390 °C.

Otras denominaciones para los derivados adecuados del petróleo comprenden: gasoil liviano (punto de ebullición 235 - 300°C, dependiendo de la especificación, también conocido como "diesel", "combustible diesel", "DF", "aceite liviano de calentamiento" "HEL"), gasoil pesado (punto de ebullición 300 - 375°C) y así como (en los EE.UU) "No. 2 fuel".

15 Los aceites vegetales en general incluyen las grasas y los aceites grasos que se obtienen de las plantas aceiteras. Los aceites vegetales se componen, por ejemplo, de los triglicéridos. Los aceites vegetales que son adecuados a los fines de la invención, por ejemplo, se seleccionan del grupo que consiste de aceite de girasol, aceite de colza, aceite de cártamo, aceite de soja, aceite del germen del maíz, aceite de maní, aceite de oliva, aceite de arenque, aceite de la semilla del algodón, y mezclas de los mismos.

20 El biodiesel en general tiene una composición conocida por el expertos en la materia. El biodiesel contiene esencialmente ésteres de metilo de ácidos grasos C₁₆-C₁₈ saturados y ácidos grasos C₁₈ insaturados, principalmente el éster de metilo del aceite de colza.

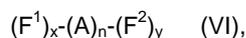
Los productos de la licuefacción del carbón se pueden obtener, por ejemplo, mediante el proceso Fischer-Tropsch o Sasol. Los procesos Btl y gtl son conocidos por el experto en la materia.

25 En una modalidad particularmente preferida del proceso de la invención en el paso (A) en calidad de hidrocarburo se emplea el diesel, queroseno y/o el gasoil liviano. A escala de laboratorio, el diesel de las marcas Solvesso® y/o Shellsol® se puede utilizar en forma ventajosa.

30 En el paso (A), según la modalidad A2 del proceso de la invención, opcionalmente puede agregarse adicionalmente al menos un agente para conversión hidrófoba. Los agentes para conversión hidrófoba adecuados son los compuestos antes mencionados de fórmula general (I).

Modalidad A3:

En esta realización preferida adicional A3 del paso (A) del proceso de la invención, la partícula magnética, al menos una, se pone en contacto con al menos una molécula bifuncional de la fórmula general (VI)



35 donde

F¹ es un grupo funcional que se une selectivamente a la partícula magnética, al menos una;

F² es un grupo funcional que se une selectivamente al primer material, al menos uno;

40 A es una unidad estructural seleccionada de entre grupos CRH₂ donde R se selecciona de hidrógeno o un residuo carbonado lineal o ramificado que tiene de 1 a 30 átomos de carbono, una unidad aromática o heteroaromática, una unidad cíclica o heterocíclica, una cadena de carbono, insaturada, ramificada o no ramificada que tiene de 2 a 30 átomos de carbono, un heteroátomo o combinaciones de las unidades estructurales mencionadas con anterioridad,

n significa un número entero de 1 a 100,

x significa un número entero de 1 a 4 e

y significa un número entero de 1 a 4,

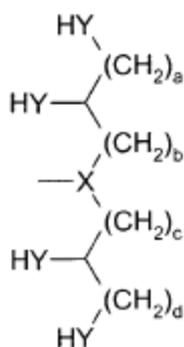
o un producto de adición de ambos se pone en contacto con la mezcla que contiene el primer material, al menos uno, y al menos un segundo material, de manera tal que se forme un producto de adición de la partícula magnética, al menos una, del compuesto bifuncional de la fórmula general (VI) y del al menos un primer material.

5 F^1 y F^2 significan respectivamente grupos funcionales que se unen selectivamente a la, al menos una, partícula magnética (F^1) o al, al menos un, primer material (F^2).

10 En el contexto de la presente invención "selectivamente" significa que el grupo funcional correspondiente F^1 o F^2 se une en 50 a 95%, con preferencia en 70 a 98%, con preferencia particular en 80 a 98%, respecto de F^1 , a la al menos una partícula magnética o, respecto de F^2 , al, al menos un, primer material, respectivamente en presencia del al menos un segundo material, respectivamente con base en todos los enlaces entre grupos funcionales y componentes presentes en la mezcla.

En una modalidad preferida, F^1 significa un grupo funcional que en presencia de silicatos se une selectivamente a la al menos una partícula magnética, con preferencia particular se selecciona del grupo de ácido fosfónico $-OP(OH)_2$ o del grupo carboxilo $-COOH$.

15 En otra modalidad preferida, F^2 significa un grupo funcional que se une al, al menos un, primer material en presencia de minerales oxídicos, por ejemplo los minerales mencionados con anterioridad, principalmente SiO_2 o albita, con preferencia particular se selecciona del grupo que consiste en el grupo tiol $-SH$, el grupo hidroxilo $-OH$, xantato $-OCSSH$, tiolato $-S-$, el grupo dihidroxilo, por ejemplo el 1,2-dihidroxi o grupo 1,3-dihidroxi, un grupo ditiol, por ejemplo un grupo 1,2-ditiol o 1,3-ditiol, un grupo tiohidroxilo, por ejemplo un grupo 1,2-tiohidroxi o 1,3-tiohidroxi, grupos funcionales de la fórmula general (III) y mezclas de los mismos.



(III)

20

donde

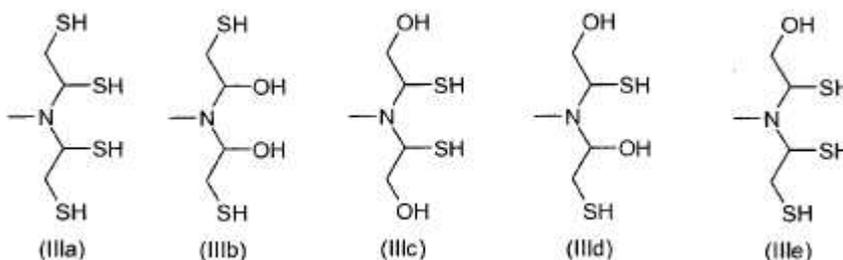
Y independientemente entre sí significa S, NH, O, preferible independientemente entre sí significa S u O,

X significa N, P, CH_2 , preferible N,

a, b, c, d independientemente entre sí significan un número entero de 1 a 6, preferible 1 o 2.

25 El enlazamiento de grupos funcionales F^2 de la fórmula general (III) a $-(A)_n-$ se efectúa a través del enlace libre a X.

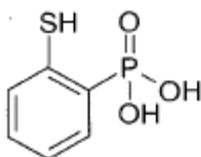
Grupos funcionales F^2 muy particularmente preferidos de la fórmula general (III) se seleccionan del grupo de los compuestos de las fórmulas (IIIa), (IIIb), (IIIc), (IIId) y (IIIe):



5 En la fórmula general (VI), A significa una unidad estructural seleccionada de grupos CRH₂ donde R se selecciona de hidrógeno o un residuo carbonado lineal o ramificado que tiene de 1 a 30 átomos de carbono, una unidad aromática o heteroaromática, una unidad cíclica o heterocíclica, una cadena de carbono insaturada, ramificada o no ramificada que tiene de 2 a 30 átomos de carbono, un heteroátomo o combinaciones de las unidades estructurales
10 mencionadas con anterioridad, con preferencia un grupo CH₂, y también es posible que estén presentes enlaces dobles o triples C-C- en el esqueleto de los compuestos bifuncionales formados mediante -(A)_n. Los heteroátomos son, por ejemplo, O, S, N y/o P. Las unidades aromáticas o heteroaromáticas adecuadas se seleccionan, por ejemplo, de unidades aromáticas o heteroaromáticas sustituidas o no sustituidas que tienen de 6 a 20 átomos de carbono y, opcionalmente, heteroátomos, por ejemplo fenilo, bencilo y/o naftilo. Las unidades aromáticas pueden incorporarse a la cadena vía las posiciones 1,2, 1,3 y/o 1,4.

En el compuesto de la fórmula general (VI), x e y indican el número de grupos funcionales F¹ o F² presentes en la molécula. Preferentemente x e y son, independientemente uno del otro, 1, 2 o 3, con preferencia particular 1 o 2, con preferencia muy particular 1.

Con preferencia muy particular, un compuesto de la fórmula general (VI) es ácido (2-mercaptofenil)fosfónico.



15 En una modalidad preferida del proceso de la invención el grupo funcional F¹ en el compuesto de la fórmula general (VI) se une a la al menos una partícula magnética y el grupo funcional F² en el compuesto de la fórmula general (VI) se une al, al menos un, primer material.

20 En otras modalidades del proceso de la invención, la mezcla a tratar puede, en primer lugar, ponerse en contacto con al menos un agente para conversión hidrófoba de manera tal que se forme un producto de adición a partir del al menos un agente para conversión hidrófoba y del al menos un primer material, luego, este producto de adición se pone en contacto con al menos una partícula magnética funcionalizada sobre la superficie con al menos un compuesto polimérico que tiene una LCST (*Lower Critical Solution Temperature* o temperatura crítica inferior de solución), a una temperatura en la que el compuesto polimérico tiene carácter hidrófobo, de manera tal que el
25 producto de adición y la al menos una partícula magnética funcionalizada se aglomeren.

o

30 El paso (A) se efectúa preparando una suspensión de la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material y al menos una partícula magnética en un medio de suspensión adecuado y ajustando el pH de la suspensión resultante a un valor en el que al menos un primer material y al menos una partícula magnética tienen cargas de superficie opuestas, de manera tal que se aglomeren.

Todas las modalidades del paso (A) del proceso de la invención tienen en común que en el paso (A) se introduce una energía de al menos 10 kW/m³, preferible de al menos 100 kW/m³, particularmente preferible de al menos 1000 kW/m³. La energía introducida en el paso (A) no es mayor que 20 000 kW/m³, con preferencia no es mayor que 10 000 kW/m³.

35 En otra modalidad preferida del proceso de la invención en el paso (A) se presenta una velocidad de cizallamiento de al menos 5000 1/s, con preferencia de al menos 10 000 1/s, con preferencia particular de 20 000 1/s. La velocidad de cizallamiento presente en el paso (A) no es mayor que 30 000 1/s, con preferencia particular no mayor que 50 000 1/s.

40 En una modalidad muy particularmente preferida del proceso de la invención, en el paso (A) se introduce una entrada de energía de al menos 10 kW/m³, con preferencia de al menos 100 kW/m³, con preferencia particular de al menos 1000 kW/m³ y está presente una velocidad de cizallamiento de al menos 5000 1/s, con preferencia al menos 10 000 1/s, con preferencia particular 30 000 1/s.

45 La alta entrada de energía de acuerdo con la invención que se introduce en la dispersión en el paso (A), con preferencia en combinación con una alta velocidad de cizallamiento, precisamente hacen posible que se obtengan un entremezclado muy intenso en el paso (A) a fin de poner en contacto el por lo menos un primer material y la por lo menos una partícula magnética en una medida suficiente y de esta manera acoplar las superficies correspondientes. Mediante este acoplamiento mejorado puede elevarse el grado de separación del proceso de la invención.

5 El proceso de la invención, principalmente el paso (A), se caracteriza porque durante la dispersión los aglomerados de al menos un primer material y al menos un segundo material pueden separarse al menos brevemente de manera que se hace posible el contacto entre el al menos un primer material y la al menos una partícula magnética y de esta manera puede eliminarse el bloqueo estérico del al menos un primer material, por ejemplo por parte del al menos un segundo material.

La alta entrada de energía y la alta velocidad de cizallamiento que, con preferencia, están presentes de acuerdo con la invención en el paso (A) se logran, de acuerdo con la invención, principalmente, mediante dispersores en línea (principio de rotor/estator), mezcladores T y otros mezcladores de alta intensidad. En estas modalidades preferidas, la dispersión se lleva a cabo por impacto de partículas-partículas de alta energía.

10 Gracias a la alta entrada de energía de acuerdo con la invención en el paso (A), se obtiene una mezcla particularmente homogénea de la mezcla a tratar. De esta manera puede incrementarse la eficiencia del proceso en comparación con los procesos en los que la formación de aglomerados se lleva a cabo sin la entrada de una cantidad elevada de energía. De esta manera, de acuerdo con la invención puede reducirse la cantidad de al menos un segundo material en la mezcla de mineral/partícula magnética descargada, de manera tal que se forme menos escoria durante un tratamiento subsecuente del mineral, por ejemplo por fundición, de manera tal que pueda aumentarse el rendimiento total de espacio-tiempo del proceso.

Paso (B):

El paso opcional (B) del proceso de la invención comprende la adición de al menos un medio de dispersión a la mezcla obtenida en el paso (A) con el fin de obtener una dispersión diluida.

20 La mezcla obtenida en el paso (A) contiene, en una modalidad, al menos un medio de dispersión, aglomerados de al menos un primer material y de al menos una partícula magnética, al menos un segundo material y, opcionalmente, sustancias tensioactivas, compuestos poliméricos, etc., dependiendo de cuál modalidad se haya llevado a cabo en el paso (A).

25 Puede llevarse a cabo el paso (B), es decir, se agrega más medio de dispersión con el fin de obtener una dispersión que tenga una concentración menor.

Los medios de dispersión adecuados son todos los medios de dispersión que se han mencionado con anterioridad con respecto al paso (A). En una modalidad en particular preferida, el medio de dispersión en el paso (B) es agua.

30 En general, la cantidad de medio de dispersión agregada en el paso (A) y, en forma opcional, en el paso (B) puede, de acuerdo con la invención, seleccionarse de manera tal que se obtenga una dispersión que sea fácilmente agitable y/o transportable. En una modalidad preferida, la cantidad de mezcla a tratar con base en la suspensión o dispersión total es de hasta 90% en peso, con preferencia particular de 5 a 50% en peso.

En una modalidad preferida del proceso de la invención, el paso (B) no se lleva a cabo pero, en cambio, se lleva a cabo el paso (A) desde el principio en una dispersión acuosa que tiene una concentración adecuada.

35 La adición opcional del medio de dispersión en el paso (B) del proceso de la invención puede llevarse a cabo, de acuerdo con la invención, por todos los métodos conocidos por el experto en la materia.

Paso (C):

El paso (C) del proceso de la invención comprende la separación del aglomerado del paso (A) de la mezcla aplicando un campo magnético.

40 En una modalidad preferida, el paso (C) puede llevarse a cabo introduciendo un imán permanente al reactor en que se encuentra la mezcla del paso (A) o (B). En una modalidad preferida, una pared divisoria compuesta de material no magnético, por ejemplo la pared de vidrio del reactor, está presente entre el imán permanente y la mezcla a tratar. En una modalidad preferida adicional del proceso de la invención, en el paso (C) se utiliza un electroimán que sólo es magnético cuando fluye una corriente eléctrica. El experto en la materia conoce aparatos adecuados.

45 El paso (C) del proceso de la invención puede llevarse a cabo a cualquier temperatura adecuada, por ejemplo de 10 a 60°C.

Durante el paso (C), la mezcla se agita preferiblemente de manera tal que los componentes magnéticos que van a separarse lleguen al campo magnético aplicado.

En el paso (C), el aglomerado del paso (A) o (B) puede separarse opcionalmente por todos los métodos conocidos por el experto en la materia, por ejemplo drenando el líquido que comprende el componente hidrofílico de la suspensión desde la válvula inferior del reactor utilizado para el paso (C) o bombeando a través de una manguera los componentes de la suspensión que no han sido agarrados por el imán, al menos uno.

5 Paso (D):

El paso (D) del proceso de la invención comprende la disociación del aglomerado separado en el paso (C) con el fin de obtener el al menos un primer material y la partícula magnética (al menos una) por separado.

El método de disociación empleado en el paso (D) del proceso de la invención es dependiente del método mediante el cual se han formado los aglomerados en el paso (A).

10 La disociación puede llevarse a cabo por todos los métodos conocidos por el experto los cuales son adecuados para disociar el aglomerado en una manera tal que la partícula magnética, al menos una, pueda recuperarse en una forma reutilizable. En una modalidad preferida, la partícula magnética que se ha separado se reutiliza en el paso (A).

15 En una modalidad preferida, la disociación en el paso (D) del proceso de la invención se lleva a cabo mediante tratamiento del aglomerado con un sustancia seleccionada del grupo que consiste en solventes orgánicos, compuestos básicos, compuestos ácidos, oxidantes, agentes reductores, compuestos tensioactivos y mezclas de los mismos.

20 Los ejemplos de solventes orgánicos adecuados son metanol, etanol, propanol, por ejemplo n-propanol o isopropanol, solventes 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 que tienen, por ejemplo, de 8 a 16 átomos de carbono, por ejemplo dodecano y/o Shellsol®, combustibles diesel y mezclas de los mismos. Los constituyentes principales del combustible diesel son preponderantemente alcanos, cicloalcanos e hidrocarburos aromáticos que tienen aproximadamente 9 a 22 átomos de carbono por molécula y un rango de ebullición entre 170°C y 390°C.

25 Los ejemplos de compuestos básicos que pueden utilizarse de acuerdo con la invención son soluciones acuosas de compuestos básicos, por ejemplo soluciones acuosas de hidróxidos de metal alcalino y/o de metal alcalinotérreo, por ejemplo KOH, NaOH, lechada de cal, soluciones acuosas de amoníaco, soluciones acuosas de aminas orgánicas de la fórmula general R^2_3N , donde R^2 se selecciona en forma independiente del grupo que consiste en alquilo C_1-C_8 , sustituido en forma opcional con otros grupos funcionales. En una modalidad preferida, el paso (D) se lleva a cabo adicionando una solución acuosa de NaOH hasta un pH de 13, por ejemplo para la separación de Cu_2S modificado con OPA. 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 un oxidante, es posible utilizar, por ejemplo, H_2O_2 , por ejemplo como una solución acuosa al 30 % en peso (perhidrol). Para separar el Cu_2S modificado con tioles, se da preferencia al uso de H_2O_2 o $Na_2S_2O_4$.

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

En una modalidad preferida, el aglomerado de material hidrófobo y la partícula magnética se disocian por medio de un solvente orgánico, con preferencia particular por medio de acetona y/o diesel. Este proceso también puede auxiliarse en forma mecánica. En una modalidad preferida, se utiliza ultrasonido para auxiliar en el proceso de disociación.

40 En general, el solvente orgánico se utiliza en una cantidad que es suficiente para disociar prácticamente todo el aglomerado. En una modalidad preferida, se utilizan de 5 a 15 ml del solvente orgánico por gramo de aglomerado de material hidrofóbico y partícula magnética que ha de disociarse.

45 De acuerdo con la invención, el al menos un primer material y la al menos una partícula magnética están presentes como una dispersión ya sea en dicho reactivo de disociación, con preferencia en un solvente orgánico, o en agua luego de la disociación.

La al menos una partícula magnética se separa de la solución a partir de la dispersión que contiene esta, al menos una, partícula magnética y el al menos un primer material por medio de un imán permanente o electroimán. Los detalles de esta separación son análogos al paso (C) del proceso de la invención.

50 El primer material a separar, con preferencia el compuesto de metal a separar, con preferencia se separa del solvente orgánico por filtración. El primer material que puede obtenerse de esta manera puede purificarse por procesos adicionales conocidos por el experto. El solvente puede, opcionalmente luego de la purificación, re-circular

al proceso de la invención. Si una dispersión del al menos un primer material en agua está presente luego de que se hayan separado las partículas magnéticas, el agua puede asimismo eliminarse por métodos conocidos por el experto, por ejemplo destilación, filtración, decantación y/o centrifugación.

Ejemplos

5 Ejemplo 1

Una mezcla de 735 g de arena y 15 g de Cu_2S ($x_{50} = 18 \mu\text{m}$) se prepara en 2250 g de agua. La mezcla se circula en un bypass al reservorio (entrada de energía específica por agitación aproximadamente 7 kW/m^3) a través de un mezclador en línea de alta intensidad (= Ultra-Turrax) que tiene una cámara de mezcla de 60 ml (principio de rotor/estator). La energía introducida es de aproximadamente 9800 kW/m^3 a una velocidad de cizallamiento de 12500 1/s.

3,84 g de una solución de octilxantato a 10% se agregan y la mezcla se agita durante 15 minutos y circula en el bypass.

Se agregan 5 g de magnetita hidrófoba, la mezcla se agita durante 30 minutos y circula en el bypass.

15 La mezcla que se ha pre-tratado de esta manera se separa en un separador magnético en operación continua. La velocidad de flujo de la corriente de alimentación es de 30 l/h. Los componentes magnéticos (y el producto deseado (= Cu_2S) unido a los mismos) son transportados sobre imanes permanentes en movimiento en una sección de tubería lateral y descargados en una sub-corriente (= corriente de concentrado) que se mantiene constante a aproximadamente 3 l/h por medio de una bomba.

86% del Cu_2S y 95% de la magnetita se recuperan en la corriente de concentrado.

20 El concentrado se seca a un contenido de agua de 21 % (por ejemplo, por medio de decantadores centrífugos). El concentrado que se ha secado de esta manera luego se agita en forma vigorosa en 100 ml de Shellsol® durante 30 minutos por medio de un UltraTurrax (9800 kW/m^3). La mezcla obtenida de esta manera se somete nuevamente a separación magnética y los constituyentes magnéticos se separan así de los constituyentes no magnéticos. Después del secado de las dos corrientes de producto obtenidas de esta manera se obtiene 71% del Cu_2S en la alimentación de concentrado en la corriente de producto no magnética. El contenido de magnetita es inferior a 0,5% (determinado por XRD con EDX combinado con análisis elemental para hierro y oxígeno). El 96% de la magnetita en el concentrado se recupera en la fracción magnética que aún comprende 15% de Cu_2S . Las cantidades faltantes se han tomado como muestras o permanecen como sedimentos en los caños (= tuberías).

Ejemplo 2

30 Una mezcla de 735 g de arena y 15 g de Cu_2S ($x_{50} = 18 \mu\text{m}$) se prepara en 2250 g de agua. La mezcla se agita en el reservorio. La energía introducida es de aproximadamente 7 kW/m^3 a una velocidad de cizallamiento de 210 1/s.

Se agregan 0,3 g de octilxantato seco y la mezcla se agita durante 15 minutos.

Se agregan 22,5 g de magnetita hidrófoba y se agita durante 30 minutos.

35 La mezcla que se ha pre-tratado de esta manera se separa en un separador magnético en operación continua. La velocidad de flujo de la corriente de alimentación es de 30 l/h. Los componentes magnéticos (y el producto deseado (= Cu_2S) unido a los mismos) son transportados sobre imanes permanentes en movimiento en una sección de tubería lateral y descargados en una sub-corriente (= corriente de concentrado) que se mantiene constante por medio de una bomba a aproximadamente 3 l/h.

33% del Cu_2S y 97% de la magnetita se recuperan en la corriente concentrada.

40 La mezcla de concentrado obtenida de esta manera se trata como en el ejemplo 1.

Ejemplo 3

45 Una mezcla de 735 g de arena y 15 g de Cu_2S ($x_5 = 34 \mu\text{m}$) se prepara en 2250 g de agua. La mezcla se circula en un bypass al reservorio (entrada de energía específica por agitación aproximadamente 7 kW/m^3) a través de un mezclador en línea de alta intensidad (= Turrax) que tiene una cámara de mezcla de 60 ml (principio de rotor/estator). La energía introducida es de aproximadamente 9800 kW/m^3 a una velocidad de cizallamiento de 12500 1/s.

ES 2 442 742 T3

Se agregan 0,3 g de octilxantato seco, la mezcla se agita durante 15 minutos y circula en el bypass.

Se agregan 22,5 g de magnetita hidrófoba, se agita durante 30 minutos y se circula en el bypass.

- 5 La mezcla que se ha pre-tratado de esta manera se separa en un separador magnético en operación continua. La corriente de alimentación es de 30 l/h. Los componentes magnéticos (y el producto deseado (= Cu₂S) unido a los mismos) son transportados sobre imanes permanentes en movimiento en una sección de tubería lateral y descargados en una sub-corriente (= corriente de concentrado) que se mantiene constante por medio de una bomba a aproximadamente 3 l/h.

97% del Cu₂S y 100% de la magnetita se recuperan en la corriente de concentrado.

La mezcla de concentrado obtenida de esta manera se trata como en el ejemplo 1.

10 Ejemplo 4

Una mezcla de 735 g de arena y 15 g de Cu₂S (x₅₀= 34 μm) se prepara en 2250 g de agua. La mezcla se agita en el reservorio. La energía introducida es de aproximadamente 7 kW/m³ a una velocidad de cizallamiento de 210 1/s.

Se agregan 0,3 g de octilxantato seco y se agita durante 15 minutos.

Se agregan 22,5 g de magnetita hidrófoba y la mezcla se agita durante 30 minutos.

- 15 La mezcla que se ha pre-tratado de esta manera se separa en un separador magnético en operación continua. La corriente de alimentación es de 30 l/h. Los componentes magnéticos (y el producto deseado (= Cu₂S) unido a los mismos) son transportados sobre imanes permanentes en movimiento en una sección de tubería lateral y descargados en una sub-corriente (= corriente de concentrado) que se mantiene constante por medio de una bomba a aproximadamente 3 l/h.

- 20 84% del Cu₂S y 94% de la magnetita se recuperan en la corriente concentrada.

La mezcla de concentrado obtenida de esta manera se trata como en el ejemplo 1.

Los resultados de los ejemplos 1 a 4 se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
Cantidad de arena [g]	735	735	735	735
Cantidad de Cu ₂ S [g]	15	15	15	15
Tamaño de partícula x ₅₀ Cu ₂ S [μm]	18	18	34	34
Cantidad de octilxantato [g]	3,84	0,3	0,3	0,3
Concentración de octilxantato [% en peso]	10	100	100	100
Energía específica [kW/m ³]	9800	7	9800	7
Velocidad de cizallam. [1/s]	12500	210	12500	120
Corriente de alimentación [l/h]	30	30	30	30
Corriente de concentrado [l/h]	3	3	3	3
Recuperación de Cu [%]	86	33	97	84
Recuperación de Fe [%]	95	97	100	94

REIVINDICACIONES

1. Proceso para separar al menos un primer material de una mezcla que contiene al menos este al menos un primer material y al menos un segundo material, el cual comprende los siguientes pasos:
- 5 (A) poner en contacto la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material con al menos una partícula magnética en presencia de al menos un medio de dispersión de modo que se aglomeren el primer material, al menos uno, y la partícula magnética, al menos una,
- (B) opcionalmente adicionar más medio de dispersión a la dispersión obtenida en el paso (A),
- (C) separar el aglomerado del paso (A) o (B) de la mezcla aplicando un campo magnético,
- 10 (D) disociar el aglomerado separado en el paso (C) a fin de obtener al menos el único primer material y al menos la única partícula magnética en forma separada,
- caracterizado porque en el paso (A) se introduce una energía de al menos 10 kW/m^3 a la dispersión, en cuyo caso el primer material es un compuesto metálico seleccionado del grupo de los minerales sulfurados, minerales oxídicos y/o carbonatados, o carbón y el segundo material se selecciona de compuestos metálicos oxídicos e hidroxídicos.
2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado porque en el paso (A) se presenta una velocidad de cizallamiento de al menos 5000 1/s.
3. Proceso según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la partícula magnética, al menos una, se selecciona del grupo de metales magnéticos y mezclas de los mismos, aleaciones ferromagnéticas de metales magnéticos y mezclas de las mismas, óxidos de hierro magnéticos y mezclas de los mismos, ferritas cúbicas de fórmula general (II).
- 20 $M^{2+}_xFe^{2+}_{1-x}Fe^{3+}_2O_4$ (II)
- donde
- M se selecciona de Co, Ni, Mn, Zn y mezclas de los mismos y
- $x \leq 1$,
- ferritas hexagonales y mezclas de las mismas.
- 25 4. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el medio de dispersión es agua.
5. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el material, al menos uno, y la partícula magnética, al menos una, se aglomeran debido a las interacciones hidrófobas, a diferentes cargas de la superficie y/o a compuestos presentes en la mezcla que acoplan al material, al menos uno, y a la partícula magnética, al menos una.
- 30 6. Proceso según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la mezcla que contiene al menos un primer material y al menos un segundo material se muele antes o durante el paso (A) para producir partículas con un tamaño de 100 nm a 100 μm .