

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 114**

51 Int. Cl.:

B03C 1/01 (2006.01)

H01F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2007 PCT/US2007/086498**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2008 WO08085626**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2007 E 07865236 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2101920**

54 Título: **Procedimiento para la eliminación de impurezas de minerales de carbonato**

30 Prioridad:

05.01.2007 US 883644 P

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

18.07.2017

73 Titular/es:

**CYTEC TECHNOLOGY CORP. (100.0%)
300 DELAWARE AVENUE
WILMINGTON, DELAWARE 19801, US**

72 Inventor/es:

**RAVISHANKAR, SATHANJHERI, A.;
VILLEGAS, JOSANLET, C. y
WANG, BING**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 625 114 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la eliminación de impurezas de minerales de carbonato.

Antecedentes

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de beneficio de sustratos minerales de carbonato por eliminación de impurezas no deseadas. Específicamente, la presente invención se refiere a un método de beneficio de menas de carbonatos usando una combinación de micropartículas magnéticas y un compuesto activo mineral que contiene una funcionalidad N o P.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Beneficio es un término usado en la industria minera para referirse a varios procedimientos para purificar sustratos minerales (tales como menas minerales) para obtener minerales valiosos. El beneficio implica típicamente separar los minerales deseados o "valiosos" de otro u otros minerales menos deseables o "no valiosos" que pueden estar presentes en el sustrato mineral. En muchos casos, el grado de separación obtenido influye enormemente sobre la calidad del producto beneficiado. Por ejemplo, los minerales valiosos tales como carbonato de calcio se usan como pigmentos y cargas en una variedad de aplicaciones finales, por ejemplo, recubrimientos y cargas en papel, pintura, plástico, cerámica, etc. En dichas aplicaciones, se asocian típicamente niveles deseablemente mayores de blancura o brillo a niveles menores de impurezas. Sin embargo, los minerales de carbonato contienen con frecuencia una variedad de minerales decolorados tales como feldespato, ortoclasa, clorita, sílice, anatasa, micas tales como moscovita y biotita, arcillas y fases del hierro. También, los minerales con niveles de impurezas relativamente bajos son deseados con frecuencia en otras aplicaciones, tales como en electrónica, óptica y campos biomédicos.

- Algunos procedimientos de separación de minerales implican el uso de reactivos magnéticos y fuertes campos magnéticos. La Patente de EE.UU. N° 4.643.822 describe un método de separación de los minerales constituyentes de una mezcla de minerales, que comprende mezclar partículas finas de material magnético, tales como partículas finamente molidas de magnetita, con la mezcla de minerales en presencia de un tensioactivo. El control del potencial zeta de los minerales y las partículas de material magnético produce la heterocoagulación selectiva de las partículas magnetizadas con un mineral de la mezcla, pero no otro. La Patente de EE.UU. N° 4.643.822 no describe el uso de ningún compuesto de Fórmula I o II en el procedimiento. La publicación de patente internacional PCT WO 02/066168 describe partículas magnéticas con funciones superficiales que se dice que son útiles como reactivos magnéticos para beneficio de minerales. Se dice que las partículas magnéticas son comparables al menos en tamaño con las partículas minerales y así es evidente que la cantidad de material presente en las superficies de las partículas magnéticas sólo es una parte pequeña del reactivo magnético. Las patentes de EE.UU. N° 4.834.898 y 4.906.382 describen magnetización de reactivos que se dice que comprenden agua que contiene partículas de un material magnético, cada uno de los cuales tiene un recubrimiento de tensioactivo de dos capas incluyendo una capa interna y una capa externa. Se dice que las capas de tensioactivo interna y externa sobre las partículas magnéticas son monomoleculares y son diferentes.

- En los procedimientos de separación magnética previos se ha encontrado que el beneficio mejorado se ha observado con frecuencia a medida que disminuye el tamaño de partícula de las micropartículas magnéticas. Así, ha sido deseable en ciertas aplicaciones, tal como en beneficio de caolín, para usar micropartículas magnéticas con el tamaño de partícula práctico más pequeño.

40 Sumario de la invención

Un objeto de la invención actual es proporcionar un procedimiento mejorado para el beneficio de sustratos minerales que contienen carbonato tales como menas de carbonato usando una mezcla de micropartículas magnéticas y un compuesto activo mineral que contiene una funcionalidad N o P.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas.

- 45 La invención proporciona un procedimiento para el beneficio de sustratos minerales de carbonato por separación magnética, que comprenden entremezclar con un sustrato mineral que contiene carbonato, una pluralidad de micropartículas magnéticas y un reactivo de fórmula I o fórmula II o combinaciones de fórmula I y fórmula II para formar una mezcla. El reactivo de fórmula I es $R_1R_2R_3M$ y el reactivo de fórmula II es $R_1R_2R_3R_4M^+X^-$, donde M es N o P, X es un contraión aniónico y R1, R2, R3 y R4 comprenden individualmente H o un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o en el que al menos dos de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono, en el que cuando M es N los reactivos de fórmula I son aminas secundarias o terciarias o sus sales y en los reactivos de fórmula II al menos dos de R1, R2, R3 y R4 contienen un resto orgánico de uno a cincuenta átomos de carbono o dos cualesquiera de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo y en el que cuando M es P al menos uno de los grupos R1, R2, R3 y R4 debe ser un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o en el que al menos dos de los grupos R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono. Se aplica un campo magnético a la mezcla para separar de ese modo un mineral

valioso de un mineral no valioso.

La pluralidad de micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula I o fórmula II se añaden preferiblemente al sustrato mineral de carbonato en una relación en peso de micropartículas magnéticas a reactivo de la fórmula (I) o (II) en el intervalo de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:10 y lo más preferiblemente presentes en una relación en peso de aproximadamente 5:1 a aproximadamente 1:5.

Los reactivos de fórmula (I) o fórmula (II) comprenden moléculas que contienen nitrógeno (N) o fósforo (P) orgánico en las que el N o el P puede ser cuaternario o estar en una forma catiónica protonada.

Los reactivos de fórmula (I) pueden ser aminas secundarias o terciarias o derivados de fosfina primaria, secundaria o terciaria. Ejemplos de dichos reactivos incluyen, pero no se limitan a, metilsulfato de metil-bis(2-hidroxiopropil)-cocoalquilamonio, cloruro de dimetil didecilamonio, cloruro de dimetil-di(2-etilhexil)-amonio, cloruro de dimetil-(2-etilhexil)-cocoalquilamonio, cloruro de dicocoalquil dimetilamonio y diacetato de n-seboalquil-1,3-diaminopropano, Arquad 2C (cloruro de dimetil dicocoalquilamonio) y una combinación de Duomac T (diacetato de N-seboalquil-1,3-diaminopropano) y Ethomeen 18/16 (alquilamina de cadena larga +50 OE).

Los reactivos de fórmula (II) pueden ser sales cuaternarias en las que R1, R2, R3 y R4, comprenden individualmente restos orgánicos que contienen de 1 a 50 carbonos o en las que al menos dos de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono o pueden ser sales simples de un precursor de amina o fosfina en las que al menos uno de R1, R2, R3 y R4 es H. Cuando M es P al menos uno de R1, R2, R3 y R4 debe ser un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o al menos dos de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono. Cuando M es N al menos dos de R1, R2, R3 y R4 contienen un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o dos cualesquiera de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo.

R1, R2, R3, R4, comprenden cada uno varios grupos químicos orgánicos, incluyendo sin limitación versiones sustituidas y no sustituidas, ramificadas y no ramificadas, de lo siguiente: alquilo por ej., alquilo o alqueno C₁-C₅₀, cicloalquilo o, bicicloalquilo, óxido de alqueno, (por ej., ((CH₂)_n-O)_m, donde n y m están cada uno individualmente en el intervalo de 1 a 6), policicloalquilo, alqueno, cicloalqueno, bicicloalqueno, policicloalqueno, alquino, arilo, por ej., arilo C₆-C₂₀, bicicloarilo, policicloarilo, heteroarilo y aralquilo, por ej., aralquilo C₇-C₂₀. Se prefiere que al menos uno de R1, R2, R3 y R4 comprenda un grupo alquilo C₅-C₂₀, un arilo C₆-C₁₂ o un aralquilo C₇-C₁₂. Ejemplos de grupos R adecuados incluyen, pero no limitan a, butilo, pentilo, hexilo, octilo, dodecilo, laurilo, 2-etilhexilo, sebo, heptadeceno, oleilo, eicosilo, fenilo, toliilo, naftilo y hexilfenilo. Dichos reactivos preferidos incluyen cloruro de dimetil didecilamonio, cloruro de dimetil dicicloalquilamonio, cloruro de dimetil dilaurilamonio, cloruro de dimetil diestearilamonio, cloruro de dimetil diseboalquilamonio y las correspondientes sales de metilsulfato.

En una realización preferida, dos o más cualesquiera de R1, R2, R3 y R4 forman un anillo. El anillo también puede comprender un heteroátomo adicional tal como N, O o S. Dichos compuestos heterocíclicos incluyen, pero no se limitan a, (benz)imidazoles, (benz)imidazolin, (benz)oxazoles, (benz)oxazolin, morfolin y piperidin. El heterociclo puede ser opcionalmente alquilado o etoxilado o propoxilado.

Los compuestos heterocíclicos preferidos usados como reactivo en la presente invención son imidazoles, imidazolin, oxazol, oxazolin y morfolin. Son especialmente preferidos compuestos heterocíclicos que contienen un grupo alquilo o alqueno C₅-C₂₀, un arilo C₆-C₁₂ o un aralquilo C₇-C₁₂ que puede estar unido en cualquier punto en el anillo. En las realizaciones preferidas, en las que el reactivo de fórmula I o II es un derivado de imidazolin o imidazol. Ejemplos de compuestos de imidazolio adecuados incluyen Variquat 56, (1-Etil-2-8-Heptadecenil)4,5-dihidroetilsulfato de 1H-Imidazolio, Varine O (1H-Imidazol-1-Etanol-2-(8-Heptadecenil)-4,5-dihidro) y Varisoft 3696 (1-Etil-4,5-dihidro-3-(2-Hidroxietyl)-2-(8-Heptadecenil)-etilsulfato de imidazolio) que están comercialmente disponibles en Degussa, resina de lejías celulósicas - hidroxietilimidazolin (Fórmula 2) y resina de lejías celulósicas - etilenobis-imidazolin (Fórmula 4).

Los reactivos de fórmula I incluyen aminas secundarias o terciarias y sus sales. Son particularmente preferidos los aminoderivados grasos que contienen al menos un grupo alquilo o alqueno C₅-C₂₀, arilo C₆-C₁₂ o aralquilo C₇-C₁₂.

Se pueden usar aminas secundarias o terciarias solas o en forma de sal por neutralización con un ácido que puede ser un ácido mineral tal como ácido sulfúrico o clorhídrico o un ácido orgánico tal como ácido acético, propiónico o glutárico. Se prefieren aminas secundarias, terciarias y heterocíclicas.

Los ejemplos de reactivos específicos de fórmula (II) incluyen sales de tetraalquilamonio tales como bromuro de tetraetilamonio, bromuro de tetrabutilamonio, bromuro de hexadecil trimetilamonio, cloruro de butil undecil tetradecil oleilamonio, Cyastat[®] SN (nitrato de estearamidopropil dimetil-beta-hidroxietylamonio) un tensioactivo de amonio cuaternario comercialmente disponible en Cytec Industries Inc. y Adogen 462-75%, cloruro de dicocoalquil dimetilamonio y AM High Flash TSCA cuaternario, un cloruro de tetraalquilamonio ambos de Degussa o también se prefieren sales de trietil arilamonio tales como hidróxido de bencil trimetilamonio.

En otra realización preferida, el reactivo de fórmula (I) o (II) es un derivado de morfolin. Son adecuados los compuestos de morfolin tales como resina de lejías celulósicas-amidomorfolin, Fórmula 3. El grupo R es

preferiblemente un grupo alquilo o alqueno C_5-C_{20} , un arilo C_6-C_{12} o un aralquilo C_7-C_{12} .

En otra realización preferida, el reactivo de fórmula (I) o (II) es un derivado de oxazolina u oxazol. Las oxazolinas, tales como resina de lejías celulósicas-2-hidroxil-3-metiloxazolidina son adecuadas. El grupo R es preferiblemente un grupo alquilo o alqueno C_5-C_{20} , un arilo C_6-C_{12} o un aralquilo C_7-C_{12} .

5 En otra realización preferida, el reactivo de fórmula (I) o (II) es un derivado de fosfonio. Los ejemplos de reactivos que contienen fósforo de fórmula (I) o (II) incluyen sales de tetralquilfosfonio tales como, por ejemplo, cloruro de tributil tetradecilfosfonio, cloruro de trioctil tetradecilfosfonio, haluros de trimetil alquilfosfonio, haluros de bencil trialquilfosfonio, etc. Se prefiere que al menos uno de los grupos R1R2R3R4 sea un grupo alquilo o alqueno C_5-C_{20} , un arilo C_6-C_{12} o un aralquilo C_7-C_{12} .

10 Las micropartículas magnéticas pueden ser partículas de magnetita y pueden obtenerse de fuentes comerciales y/o fabricarse por técnicas conocidas para los expertos en la materia (véase, por ej., P. Tartaj et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 36, (2.003) R182-R197 y referencias contenidas en la misma). Los expertos en la materia entenderán que las denominadas partículas de óxido ferroso-férrico (típicamente preparadas por un procedimiento de coprecipitación de sales de hierro (2) y hierro (2I)) son ejemplos de micropartículas magnéticas adecuadas para uso en la presente invención.

15 Las micropartículas magnéticas preferidas presentan un diámetro promedio menor que 200 μm (200 micrómetros). En la invención inmediata, se puede usar cualquier partícula magnética. Pueden ser nanopartículas, por ejemplo, de aproximadamente 0,001 μm (0,001 micrómetro, 1 nanómetro) a 0,02 μm (0,02 micrómetros, 20 nanómetros) o micropartículas con diámetros hasta aproximadamente 200 μm (200 micrómetros). Preferiblemente, los tamaños de partícula están por encima de 0,01 μm (0,01 micrómetro, 10 nm), más preferiblemente por encima de 0,1 μm (0,1 micrómetro) y lo más preferiblemente por encima de 1,0 μm (1,0 micrómetro) de diámetro. Así, pueden obtenerse buenos resultados usando micropartículas magnéticas con un diámetro promedio de aproximadamente 1 a aproximadamente 100 μm (micrómetros). Estas son preferidas. La pluralidad de micropartículas magnéticas puede presentar una distribución de tamaño de partícula unimodal o polimodal (por ej., bimodal). Cuando se usan nanopartículas, se usan preferiblemente en una forma aglomerada para proporcionar un tamaño de partícula aglomerado por encima de 0,01 μm (0,01 micrómetro, 10 nm), más preferiblemente por encima de 0,1 μm (0,1 micrómetro) y lo más preferiblemente por encima de 1,0 μm (1,0 micrómetro) de diámetro.

20 En cualquier situación determinada, el tamaño de las micropartículas magnéticas puede seleccionarse sobre la base de varias consideraciones prácticas, tales como coste, rendimiento, sustrato mineral de carbonato que se tiene que tratar y el grado de beneficio deseado. Así, para un ejemplo, en la mayoría de las aplicaciones puede usarse un reactivo magnético que comprenda micropartículas magnéticas con un tamaño de partícula promedio entre aproximadamente 0,01 μm (0,001) y 100 μm (100 micrómetros), más preferiblemente el tamaño de partícula promedio esté entre de aproximadamente 0,1 μm (0,1 micrómetro) a aproximadamente 100 μm (100 micrómetros) y lo más preferiblemente esté entre de aproximadamente 1,0 μm (1,0 micrómetro) a aproximadamente 50 μm (50 micrómetros).

25 Los tamaños de las micropartículas magnéticas pueden determinarse midiendo sus superficies específicas usando técnicas de adsorción de N_2 BET. Por ejemplo, la Tabla 1 a continuación ilustra correlaciones entre diámetros de micropartículas magnéticas (en unidades de nanómetros, nm) y superficies específicas (en unidades de metros cuadrados por gramo, m^2/g) cuando se determina por técnicas de adsorción de N_2 BET conocidas para los expertos en la materia.

Tabla 1

Diámetro (nm)	Superficie específica (m^2/g)
4	300
8	150
20	60
200	5
10.000	0,1

La conductividad de un reactivo magnético puede variar desde aproximadamente 0 a aproximadamente 50 miliSiemens/cm, pero es preferiblemente menor que aproximadamente 2 miliSiemens/cm. El óxido de hierro en las

5 micropartículas magnéticas puede comprender varios óxidos por un intervalo de representaciones de fórmulas desde FeO a Fe₂O₃, que pueden representarse en general como Fe_xO_y donde x e y pueden variar cada una individualmente de uno a cuatro. Una o más moléculas de agua pueden estar asociadas a cada átomo de hierro. Por ejemplo, cada átomo de hierro puede estar asociado a desde aproximadamente uno a aproximadamente 10 moléculas de agua, más preferiblemente de aproximadamente una a aproximadamente 7 moléculas de agua, lo más preferiblemente de aproximadamente una a aproximadamente 4 moléculas de agua. Opcionalmente, el óxido de hierro puede comprender hidróxidos de hierro, por ejemplo, uno o más átomos de oxígeno de Fe_xO_y pueden ser reemplazados por grupo o grupos hidroxilo (OH).

10 El sustrato mineral de carbonato que se entremezcla con el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y las micropartículas magnéticas puede ser un sustrato que contenga tanto minerales "valiosos" como minerales "no valiosos". En este contexto, el término mineral "valioso" se refiere al mineral o los minerales que son el objeto principal del procedimiento de beneficio, por ejemplo, el mineral del que es deseable eliminar las impurezas. El término mineral "no valioso" se refiere al mineral o los minerales para los que se desea la eliminación del mineral valioso, por ejemplo, impurezas en el mineral valioso. Típicamente, la cantidad de mineral valioso en el sustrato mineral es sustancialmente mayor que la cantidad de mineral no valioso. Los términos mineral "valioso" y mineral "no valioso" son términos de la técnica que no indican necesariamente los valores económicos relativos de los constituyentes del sustrato mineral. Por ejemplo, puede ser deseable beneficiar un sustrato mineral que comprenda aproximadamente 97-98% de carbonato de calcio, siendo el resto impurezas.

20 El sustrato mineral de carbonato y la micropartícula magnética y los reactivos de fórmula (I) y (II) pueden ser entremezclados de diversas formas, por ejemplo, en una sola de fase, en múltiples fases, de manera secuencial, en orden inverso, de manera simultánea o en varias combinaciones de los mismos. Por ejemplo, en una realización, los diversos componentes, por ej., micropartículas magnéticas, reactivo de la fórmula (I) o (II), ingredientes opcionales tales como agua, dispersante, etc. para formar una premezcla, se entremezclan después con el sustrato mineral de carbonato. En otra realización, el procedimiento de la presente invención se lleva a cabo entremezclando de manera separada y de manera secuencial el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y las micropartículas magnéticas con el sustrato mineral de carbonato. Por ejemplo, las micropartículas magnéticas pueden añadirse al sustrato mineral de carbonato, seguido por la adición del reactivo de la fórmula (I) o (II), alternativamente las micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o (II) pueden añadirse de manera simultánea (sin formar primero una premezcla) al sustrato mineral de carbonato. Se han encontrado eficaces varios modos de adición.

30 La cantidad de reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y las micropartículas magnéticas entremezcladas con el sustrato mineral de carbonato es preferiblemente una cantidad que es eficaz para beneficiar el sustrato mineral para separar de ese modo un mineral valioso de un mineral no valioso en la aplicación de un campo magnético. Puesto que las cantidades de las micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) en el reactivo magnético pueden variar dependiendo de, por ejemplo, la cantidad de agua (si hay) en el reactivo magnético y/o si se añaden los componentes por separado o como una premezcla, en muchos casos es preferible determinar la cantidad total de un reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y micropartículas magnéticas que se tienen que entremezclar con el sustrato mineral de carbonato sobre la base de las cantidades de los componentes individuales (por ejemplo, las micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II)). Así, los componentes se entremezclan preferiblemente con sustrato mineral de carbonato en una cantidad que proporciona una dosis del reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) en el intervalo de 0,1 kg/t (0,1 kilogramos por tonelada (Kg/T)) a aproximadamente 10 kg/t (10 Kg/T) basándose en el sustrato mineral de carbonato, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 0,25 kg/t (0,25 Kg/T) a aproximadamente 6 kg/t (6 Kg/T). Los componentes se entremezclan preferiblemente con sustrato mineral de carbonato en una cantidad que proporciona una dosis de las micropartículas magnéticas en el intervalo de aproximadamente 0,005 kg/t (0,005 Kg/T) a aproximadamente 10 kg/t (10 Kg/T) basándose en sustrato mineral, más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 0,25 kg/t (0,25 Kg/T) a aproximadamente 6 kg/t (6 Kg/T).

50 El beneficio de la mezcla formada entremezclando el sustrato mineral de carbonato y el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y las micropartículas magnéticas se lleva a cabo preferiblemente aplicando un campo magnético a la mezcla para separar de ese modo el mineral o los minerales valiosos del mineral o los minerales no valiosos. La mezcla (que comprende el sustrato mineral de carbonato y el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) y las micropartículas magnéticas) se refiere como una "suspensión" en la presente memoria. El campo magnético puede aplicarse a la suspensión de varias maneras. Por ejemplo, en una realización, la separación se realiza haciendo pasar la suspensión por un separador magnético de alto gradiente. Varios separadores magnéticos de alto gradiente los que presentan un flujo magnético mayor que o igual a aproximadamente 2,2 T (2,2 Tesla), son conocidos para los expertos en la materia y pueden obtenerse de fuentes comerciales. Un ejemplo de un separador magnético de alto gradiente es el aparato vendido con la marca comercial Carpco Cryofilter® (Outokumpu Technologies, Jacksonville, FL). La separación magnética de alto gradiente es un procedimiento en general conocido en la técnica y se describe por ej., en las patentes de EE.UU. N° 4.125.460; 4.078.004 y 3.627.678. En general, la separación implica aplicar un campo magnético fuerte a la suspensión mientras se hace pasar la suspensión por una matriz de acero con una estructura abierta (por ejemplo, lana de acero inoxidable, bolas de acero inoxidable, clavos, chinchetas, etc.). El tiempo de retención en la matriz de imán y el ciclo del imán pueden variarse como se desee, según métodos clásicos.

Otro ejemplo, en una realización, la separación se realiza haciendo pasar la suspensión por un separador magnético de baja intensidad. Son conocidos varios separadores magnéticos de baja intensidad para los expertos en la materia y pueden obtenerse de fuentes comerciales. Un ejemplo de separador magnético de baja intensidad, preferido, es un aparato que presenta una densidad de flujo magnético hasta aproximadamente 2,2 T (2,2 Tesla), preferiblemente de aproximadamente 0,1 T (0,1 Tesla) a aproximadamente 2,2 T (2,2 Tesla), más preferiblemente de aproximadamente 0,1 T (0,1 Tesla) a aproximadamente 1 T (1 Tesla) y lo más preferiblemente de aproximadamente 0,1 T (0,1) a aproximadamente 0,7 T (0,7 Tesla). La separación magnética de bajo gradiente es un procedimiento en general conocido en la técnica y se describe por ej., en las patentes de EE.UU. N° 5.961.055 y 6.269.952. En general, la separación implica aplicar un campo magnético débil (de 0,01 T (0,01 Tesla) a 0,7 T (0,7 Tesla)) a la suspensión al tiempo que se hace pasar la suspensión a través de una matriz de acero con una estructura abierta. En general, los separadores magnéticos de baja intensidad se describen como los usados en la eliminación de hierro de trampas, por ejemplo, lana de acero inoxidable, bolas de acero inoxidable, clavos, chinchetas, etc., que son fuertemente ferromagnéticos por naturaleza. Al igual que ocurre con la separación magnética de alto gradiente, el tiempo de retención para separación de baja intensidad en la matriz de imán y el ciclo del imán puede variarse como se desee, según métodos clásicos.

El reactivo de fórmula (I) o (II) se selecciona preferiblemente para conseguir un grado de separación entre el mineral valioso y el mineral no valioso que sea mayor que el grado de separación obtenido en ausencia de reactivo de fórmula (I) o (II). Más preferiblemente, el grado de separación es al menos aproximadamente 10% mayor, se usa incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 25% mayor, incluso más preferiblemente al menos aproximadamente 50% mayor, que un grado de separación comparable conseguido no usando reactivo de la fórmula (I) o (II). El grado de separación se expresa como un porcentaje calculado como sigue: Grado de separación (%) = (% en peso de alimentación de insolubles - % en peso de insolubles producto) x 100/% en peso de alimentación de insolubles, donde insolubles son la fracción de mineral (no carbonato) insoluble, ácida, presente en el sustrato mineral de carbonato.

Habitualmente, el sustrato mineral de carbonato ya se proporciona como una suspensión, por ejemplo, como un polvo triturado o molido dispersado en agua. El tamaño de partícula es normalmente menor que 1 mm. Preferiblemente, la suspensión de mena de carbonato se acondiciona previamente a la aplicación del campo magnético. "Acondicionamiento" es un término usado en la técnica para referirse a varios procedimientos para impartir cizallamiento o mezcla a un sustrato mineral en un entorno acuoso. Puede usarse cualquier tipo de dispositivo de mezcla. Puede usarse cualquier tipo de dispositivo rotor (por ejemplo, molino de tipo rotor/estátor) capaz de impartir alto cizallamiento a la mezcla del sustrato mineral y el reactivo magnético. El alto cizallamiento puede conseguirse usando un dispositivo rotor que opere a una velocidad del extremo de las palas de los rotores de al menos aproximadamente 6,1 m/s (20 pies por segundo) y normalmente en un intervalo de aproximadamente 15,2 a aproximadamente 61,0 m/s (aproximadamente 50 a aproximadamente 200 pies por segundo). Un dispositivo rotor preferido es un molino capaz de conseguir una velocidad del extremo del rotor de aproximadamente 38,1 a aproximadamente 45,7 m/s (aproximadamente 125 a aproximadamente 150 pies por segundo). Los dispositivos de rotor apropiados incluyen molinos de tipo rotor-estátor, por ejemplo, molinos rotor-estátor fabricados por Kady International (Scarborough, Ma.) (en la presente memoria referido como un "molino Kady") y molinos rotor-estátor fabricados por Impex (Milledgeville, Ga.) (en la presente memoria referido como un "molino Impex"); molinos de alto cizallamiento de tipo hoja, tales como molinos de tipo hoja de Cowles (Morehouse Industries, Inc., Fullerton, Calif.) y molinos medios de alto cizallamiento, tales como trituradoras de arena. La suspensión se acondiciona preferiblemente durante un tiempo suficiente para mejorar la posterior etapa de separación magnética, sin reducción excesiva de la cantidad del mineral valioso resultante. Los tiempos de acondicionamiento pueden variar, dependiendo en muchos casos de la naturaleza del dispositivo usado para impartir el cizallamiento.

En cualquier punto previo a la aplicación del campo magnético, el pH del sustrato mineral de carbonato puede ajustarse, por ejemplo, preferiblemente a un pH en el intervalo de aproximadamente 6 a aproximadamente 11, lo más preferiblemente entre 7 y 9.

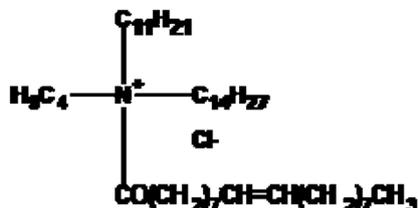
Previamente a la aplicación del campo magnético, el nivel de sólidos de la suspensión puede ajustarse a la concentración deseada, que está normalmente en el intervalo de mayor que 0% a aproximadamente 70%, más preferiblemente de aproximadamente 20% a aproximadamente 60% y lo más preferiblemente de aproximadamente 20% a aproximadamente 45%, en peso basado en el peso total.

Después de la separación magnética, el producto beneficiado resultante puede ser sometido a etapas de tratamiento adicionales para proporcionar el mineral o los minerales valiosos y el mineral o los minerales no valiosos separados en la forma deseada. Así, puede realizarse cualquier etapa de tratamiento deseada sobre el producto beneficiado resultante. Por ejemplo, se puede flocular el producto beneficiado, por ej., para producir un producto de carbonato de alta pureza, floculado, o un producto de carbonato con impurezas reducidas, floculado. El procedimiento de beneficio puede comprender además deshidratación de la suspensión floculada, fraccionada, como se conoce en la técnica.

Ejemplos

Preparación de reactivos (Fórmulas 1 a 5).

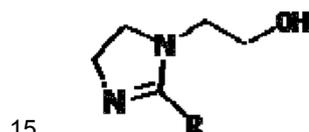
Fórmula 1- Cloruro de butil undecil tetradecil oleilamonio (R1R2R3R4N⁺ X⁻)



10 Se disuelven doce gramos y medio (12,5 g) (0,17 moles) de butilamina en 150 ml de disolución de DMF/KOH, se añaden 40 g (0,17 moles) de bromuro de undecilo, 40 g (0,17 moles) de cloruro de tetradecilo, seguido por 51 g (0,17 moles) de cloruro de oleílo. Se calienta la mezcla de reacción a 60°C durante la noche. Se filtran y se recogen 65 g de precipitado blanco. Se seca el precipitado por desorción a vacío para obtener 50 g de producto.

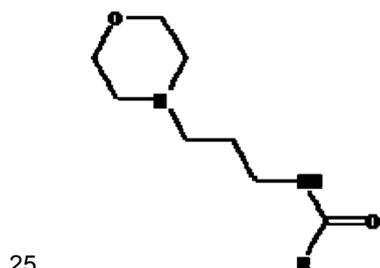
Reactivos procedentes de resina de leñas celulósicas.

Fórmula 2 - Resina de leñas celulósicas-hidroxiethylimidazolina



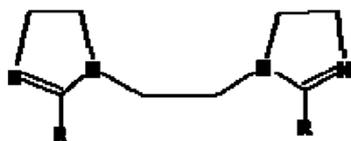
20 A un matraz de fondo redondo de tres bocas de 250 ml provisto de recipiente de destilación Barrett con condensador en la parte superior se añaden 20,8 g de 2-(2-aminoetilamino)etanol (0,2 moles) y 56,4 g de ácido graso de resina de leñas celulósicas (0,2 moles) en 100 ml de tolueno. Se calienta la mezcla de reacción para hacerla hervir a reflujo y empezó a salir agua con azeótropo de tolueno. Después de eso, se elevó la temperatura de la mezcla a 160°C y se calentó durante 16 horas más y se recogieron aproximadamente 6,5 g de agua y quedaron 72,8 g de residuo, que mostró por cromatografía de gases 95% de producto deseado puro.

Fórmula 3 - Resina de leñas celulósicas-amidomorfolina



30 A un matraz de fondo redondo de tres bocas de 250 ml provisto de recipiente de destilación Barrett con condensador en la parte superior se añaden 28,8 g de 4-(3-aminopropil)morfolina (0,2 moles) y 56,4 g de ácido graso de resina de leñas celulósicas (0,2 moles) en 100 ml de tolueno. Se calienta la mezcla de reacción para hacerla hervir a reflujo y empezó a salir agua con azeótropo de tolueno. Después de eso, se elevó la temperatura de la mezcla a 160°C y se calentó durante 16 horas más y se recogieron aproximadamente 3,0 g de agua y quedaron 85 g de residuo, que mostró por cromatografía de gases 90% de producto deseado puro.

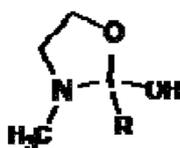
Fórmula 4 - Resina de leñas celulósicas-etileno-bis-imidazolina.



5 A un matraz de fondo redondo de tres bocas de 250 ml provisto de recipiente de destilación Barrett con condensador en la parte superior se añaden 25 g de trietilentetraamina (muestra al 60%, contiene 15 g de compuesto puro) (0,1 moles) y 58 g de ácido graso de resina de lejiás celulósicas (0,2 moles) en 50 ml de tolueno. Se calienta la mezcla de reacción para hacerla hervir a reflujo y empezó a salir agua con azeótropo de tolueno. Después de eso, se elevó la temperatura a 175°C y se calentó durante 8 horas más y se recogieron aproximadamente 5 g de agua y quedaron 72 g de residuo, que mostró por cromatografía de gases 85% de producto deseado puro.

Fórmula 5 -Resina de lejiás celulósicas - 2-hidroxil-3-metiloxazolidina

10



15 A un matraz de fondo redondo de tres bocas de 250 ml provisto de recipiente de destilación Barrett con condensador en la parte superior se añaden 25 g de 2-(metilamino)etanol (0,2 moles) y 56,4 g de ácido graso de resina de lejiás celulósicas (0,2 moles) en 100 ml de tolueno. Se calentó la mezcla de reacción para hacerla hervir a reflujo y empezó a salir agua con azeótropo de tolueno. Después de eso, se elevó la temperatura a 150°C y se calentó durante 4 horas más y se recogieron aproximadamente 6,5 g de agua y quedaron 65 g de residuo, que mostró por cromatografía de gases 90% de producto deseado puro.

20 Los reactivos obtenidos de fuentes comerciales son como sigue. Aero[®] 3100C una sal de acetato de amonio graso primaria, Aero[®] 3030C una sal de acetato de amonio graso primaria y Aeromine[®] 8625A una sal de aminoacetato de sebo primaria, que son aminas comercialmente disponibles en Cytec Industries Inc, W. Paterson, N. J. Cyastat[®] SN (nitrate de estearamidopropildimetil-beta-hidroxiethylamonio) es un tensioactivo de amonio comercialmente disponible en Cytec Industries Inc. Variquat 56, 1-Etil-2-8-Heptadecenil)-4,5-dihidro-etilsulfato de 1H-imidazolio, Varine O 1H-Imidazol-1-Etanol-,2-(8-Heptadecenil)-4,5-dihidro y Varisoft 3696 1-Etil-4,5-dihidro-3-(2-Hidroxiethyl)-2-(8-Heptadecenil)-etilsulfato de Imidazolio, son productos de imidazolina comercialmente disponibles (Degussa Corp., Dusseldorf, Alemania) de fórmula 2. Otros ejemplos incluyen sulfato de 1-R₁-4,5-dihidro-3-(2-Hidroxiethyl)-2-(8-R₂)-etilo donde R₁ podía ser C2-C8 y R₂ podía variar de C14-22. 2-1-Hidroximetil-etil-oxazolina, bromuro de tetraetilamonio, bromuro de tetrabutilamonio, bromuro de hexadecil trimetilamonio y bromuro de bencil trimetilamonio, son tensioactivos de amonio comercialmente disponibles (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO). Adogen 462-75% (cloruro de dicocoalquil dimetilamonio) es un compuesto de amonio cuaternario comercialmente disponible en Degussa Corp., Dusseldorf, Alemania.

Ejemplos comparativos 1-4 y ejemplos 5-19.

35 Se prepara una suspensión de mena de carbonato de calcio (que contiene 2% de impurezas insolubles ácidas) mezclando aproximadamente un kg (Kg) de la mena pulverizada, seca, en suficiente agua para proporcionar 33% de sólidos. Después, se añade 1 kg/t (1 Kg/T) sobre una base seca de partículas de magnetita con un tamaño de partícula promedio de 10 μm (10 micrómetros) a la suspensión seguido por la adición de 1 kg/t (1 Kg/T) de varios aditivos químicos como se muestra en la Tabla 1. El pH está en el intervalo de 7-9. Después de la adición de los aditivos, se acondiciona la suspensión durante 6 minutos y después se trata por un separador magnético permanente relleno con una matriz nominal (35 μm de diámetro) a una velocidad de alimentación que corresponde a 6 l/h (6 L/h) en un campo magnético de 1,7 T (1,7 Tesla). Se alimenta la suspensión al imán durante 2 minutos y 30 segundos con agitación con una velocidad del impulsor de 94 rad/s (900 rpm) seguido por un ciclo de lavado. Se recogió el producto, se secó en estufa y se determinó el nivel insoluble ácido (% Ins) y se calcula el grado de separación como sigue. Grado de separación (%) = (% Alimentación Ins. - % Producto Ins.)*100/% Alimentación Ins.

Los resultados se muestran en la Tabla 2.

45

Tabla 2.

Nº	Aditivos químicos	Tipo de aditivo	% Ins.	Grado de separación (%)
1C	Ninguno	N/A	1,80	10
2C	Aeromine® 3100C	Tensioactivo de amina grasa de sebo	1,21	40
3C	Aeromine® 3030C	Tensioactivo catiónico de amina	1,43	29
4C	Aeromine® 8625A	Tensioactivo de alquilamina de sebo	1,32	34
5	Bromuro de tetraetilamonio	Tensioactivo de amonio cuaternario	1,56	22
6	Bromuro de tetrabutilamonio	Tensioactivo de amonio cuaternario	1,50	25
7	Hidróxido de bencil trimetilamonio	Tensioactivo de amonio cuaternario	1,37	32
8	Bromuro de hexadecil trimetilamonio	Tensioactivo de amonio cuaternario	0,60	70
9	Cloruro de butil undecil tetradecil oleilamonio	Tensioactivo de amonio Fórmula 1	0,47	77
10	Adogen 462-75%	Tensioactivo de dicocoalquil dimetilamonio cuaternario	0,59	71
11	Variquat 56	Colector de imidazolina	1,00	50
12	Varine O	Colector de imidazolina	1,35	33
13	Varisoft 3696	Colector de imidazolina	0,24	88
14	Resina de leñas celulósicas-imidazolina	Compuesto de fórmula 2	0,60	70
15	Etilen-bis-imidazolina	Compuesto de fórmula 4	1,18	41
16	2-metil-2-imidazolina	Tensioactivo de imidazolina	0,93	54
17	Resina de leñas celulósicas-oxazolina	Compuesto de fórmula 5	0,74	63
18	Resina de leñas celulósicas-amidomorfolina	Compuestos de Fórmula 3	1,15	43
19	Cyastat SN	Nitrato de estearamidopropil dimetil-beta-hidroxietilamonio	1,16	42

Ejemplos 20-25

- 5 La eliminación de insolubles de mena de carbonato de calcio se lleva a cabo como se describe en los Ejemplos 1-19, excepto que 1 kg/t (1 Kg/T) de partículas de magnetita con varios tamaños de partícula (45 µm (45 micrómetros), TB-908W de Alabama Pigments, Green Pond, AL; (10 µm (10 micrómetros), Óxido de hierro (II, III) de Alfa Aesor, Ward Hill, MA; 0,1 µm (0,1 micrómetro), Laque 274 de Laque Industries Inc., Albany, NY; 0,01 µm (0,01

ES 2 625 114 T3

micrómetros), TMBXT 1240 06PS2-006 de Nanochemonics, Pulaski, VA) se añaden a la suspensión seguido por la adición de 1 kg/t (1 Kg/T) de un tensioactivo de amonio cuaternario comercialmente disponible (Quaternary AM High Flash TSCA, Goldschmidt Chemical Corp., Hopewell, VA). El tensioactivo contiene compuesto de cloruro de tetraalquilamonio.

- 5 Los resultados mostrados en la Tabla 3 demuestran un grado de separación que aumenta en general a medida que aumenta el tamaño de partícula de las partículas magnéticas.

Tabla 3.

Nº	Tamaño de partícula de la magnetita (μm)	% Ins.	Grado de separación (%)
20	N/A	1,80	10
21	0,01	0,33	84
22	0,1	0,29	86
23	10	0,21	90
24	45	0,17	92

Ejemplos 25-27

- 10 La eliminación de insolubles de mena de carbonato de calcio se lleva a cabo como se describe en los Ejemplos 1-19. Se prepara una suspensión de mena de carbonato de calcio (2% de insolubles ácidos) mezclando aproximadamente un kg (Kg) de la mena seca en suficiente agua para proporcionar 33% de sólidos. Después, se añade 1 kg/t (1 Kg/T) de partículas de magnetita con un tamaño de partícula promedio de 10 μm (10 micrómetros) a la suspensión seguido por la adición de 1 kg/t (1 Kg/T) de tensioactivos de fosfonio comercialmente disponibles como se muestra en la Tabla 4.

- 15 Después de la adición de los aditivos, se acondiciona la suspensión durante 6 minutos y después se trata por un separador magnético permanente relleno con una matriz nominal (35 μm de diámetro) a una velocidad de alimentación que corresponde a 6 l/h (6 L/h) en un campo magnético de 1,7 T (1,7 Tesla). Se alimenta la suspensión al imán durante 2 minutos y 30 segundos con agitación con una velocidad del impulsor de 94 rad/s (900 rpm)
- 20 seguido por un ciclo de lavado. Se recogió el producto, se secó en estufa y se determinó el nivel insoluble ácido (% Ins).

Tabla 4.

Nº	Aditivos químicos	Tipo de aditivo	% Ins.	Grado de separación (%)
25	No magnetita, no aditivos	N/A	1,80	10
26	CYPHOS® 3453	Tensioactivo de tributil tetradecilfosfonio	0,30	85
27	CYPHOS® IL128	Tensioactivo de trioctil tetradecilfosfonio	0,12	94

Ejemplos 28-32

- 25 La eliminación de insolubles de mena de carbonato de calcio se lleva a cabo como se describe en los Ejemplos 1-19, excepto que la relación de magnetita (TB-908W de Alabama Pigments, McCalla, AL) y un reactivo de sal de tetraalquilamonio (CP5596-93, Quaternary AM High Flash TSCA, un tensioactivo de amonio cuaternario de Goldschmidt Corp., Hopewell, VA) se varían manteniendo el contenido de la dosis total (Magnetita+Reactivo) en 2 kg/t (2 Kg/T).
- 30 Los resultados mostrados en la Tabla 5 demuestran que el grado de separación en general aumenta cuando la relación de la dosis (Magnetita/reactivo) se aproxima a 0,75.

Tabla 5

ES 2 625 114 T3

Ejemplo	Relación	% Insolubles	Grado de separación (%)
28	0,5	0,55	72,5
29	0,75	0,39	80,5
30	1,0	0,13	93,5
31	1,25	0,21	89,5
32	1,5	0,5	75,0

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el beneficio de sustratos minerales de carbonato por separación magnética, que comprende:
- 5 entremezclar un sustrato mineral que contiene carbonato, una pluralidad de micropartículas magnéticas y un reactivo de fórmula I, fórmula II o combinaciones de los mismos, para formar una mezcla;
- (I) $R_1R_2R_3M$ (II) $R_1R_2R_3R_4M^+X^-$
- donde M es N o P, X es un contraión aniónico y cada uno de R1, R2, R3 y R4 se selecciona de H o un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o en el que al menos dos de los grupos R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono,
- 10 en la que cuando M es N los reactivos de fórmula I son aminas secundarias o terciarias o sus sales y en los reactivos de fórmula II al menos dos de R1, R2, R3 y R4 contienen un resto orgánico de uno a cincuenta átomos de carbono o dos cualesquiera de R1, R2, R3 y R4 forman una estructura de anillo y
- en la que cuando M es P al menos uno de los grupos R1, R2, R3 y R4 debe ser un resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos o en el que al menos dos de los grupos R1, R2, R3 y R4 juntos forman una estructura de anillo que contiene hasta 50 átomos de carbono y
- 15 aplicar un campo magnético a la mezcla para separar de ese modo un mineral valioso de un mineral no valioso.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) están presentes en una relación en peso de micropartículas magnéticas:reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) en el intervalo de 10:1 a 1:10.
- 20 3. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el que la pluralidad de micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) están presentes en una relación en peso de micropartículas magnéticas:reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) en el intervalo de 5:1 a 1:5.
- 25 4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el resto orgánico que contiene de 1 a 50 carbonos se selecciona del grupo que consiste en alquilo, aralquilo, alquinilo y alquenilo, sustituido o no sustituido con OH.
5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la pluralidad de las micropartículas magnéticas y el reactivo de la fórmula (I) o fórmula (II) se entremezclan por separado con el sustrato mineral de carbonato.
- 30 6. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) se selecciona del grupo que consiste en: tensioactivos de amina grasa de sebo, tensioactivos catiónicos de amina, tensioactivos de alquilamina de sebo, tensioactivos de amonio cuaternario, tensioactivos de amonio, tensioactivos de dicocoalquil dimetilamonio cuaternario, colectores de imidazolina, tensioactivos de bencil trialquilamonio, tensioactivos de trialquil alquenilamonio, tensioactivos de tetraalquilamonio y derivados sustituidos de los mismos, tensioactivos de oxazolina, tensioactivos de morfolina y mezclas de los mismos.
- 35 7. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el reactivo de fórmula (I) se selecciona del grupo que consiste en: metilsulfato de metil-bis(2-hidroxiopropil)-cocoalquilamonio, cloruro de dimetil didecilamonio, cloruro de dimetil-di(2-etilhexil)-amonio, cloruro de dimetil-(2-etil-hexil)-cocoalquilamonio, cloruro de dicocoalquil dimetilamonio, diacetato de n-seboalquil-1,3-diaminopropano, cloruro de dimetil dicocoalquilamonio, una mezcla de diacetato de N-seboalquil-1,3-diaminopropano y alquilamina de cadena larga +50 OE, 2-metil-2-imidazolina, etilen-bis-imidazolina, resina de lejías celulósicas-oxazolina, resina de lejías celulósicas-amidomorfolina y mezclas de los mismos.
- 40 8. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el reactivo de fórmula (II) se selecciona del grupo que consiste en: un haluro o sulfato de tetraalquilamonio, un haluro o sulfato de bencil trialquilamonio, un haluro o sulfato de trialquil alquenilamonio y mezclas de los mismos.
- 45 9. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el reactivo de fórmula (II) se selecciona del grupo que consiste en: bromuro de tetraetilamonio, bromuro de tetrabutilamonio, hidróxido de bencil trimetilamonio, bromuro de hexadecil trimetilamonio, cloruro de butil undecil tetradecil oleilamonio, nitrato de estearamidopropil dimetil-beta-hidroxiethylamonio, cloruro de dicocoalquil dimetilamonio, cloruro de tetraalquilamonio, hidróxido de bencil trimetilamonio, tensioactivo de tributil tetradecilfosfonio, tensioactivo de trioctil tetradecilfosfonio y combinaciones de los mismos.
- 50

10. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la pluralidad de las micropartículas magnéticas comprende micropartículas con un tamaño en el intervalo de 0,01 μm (0,01 micrómetros) a 100 μm (100 micrómetros).
- 5 11. Un procedimiento según la reivindicación 10, en el que la pluralidad de las micropartículas magnéticas comprende micropartículas con un tamaño en el intervalo de 0,1 μm (0,1 micrómetros) a 100 μm (100 micrómetros).
12. Un procedimiento según la reivindicación 11, en el que la pluralidad de las micropartículas magnéticas comprende micropartículas con un tamaño en el intervalo de 1,0 μm (1,0 micrómetro) a 50 μm (50 micrómetros).
- 10 13. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la dosis del reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) está en el intervalo de 0,1 kg/t (0,1 kilogramos por tonelada (Kg/T)) a 10 kg/t (10 Kg/T) basado en el sustrato mineral de carbonato.
14. Un procedimiento según la reivindicación 13, en el que el reactivo de fórmula (I) o fórmula (II) se añade en una cantidad que está en el intervalo de 0,25 kg/t (0,25 Kg/T) a 6 kg/t (6 Kg/T).
- 15 15. Un procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, en el que las micropartículas magnéticas se añaden en una cantidad que está en el intervalo de 0,005 kg/t (0,005 Kg/T) a 10 kg/t (10 Kg/T), basado en el sustrato mineral de carbonato.
16. Un procedimiento según la reivindicación 15, en el que las micropartículas magnéticas se añaden en una cantidad que está en el intervalo de 0,25 kg/t (0,25 Kg/T) a 6 kg/t (6 Kg/T).
17. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el campo magnético aplicado a la mezcla comprende una densidad de flujo magnético mayor que o igual a 2,2 T (2,2 Tesla).
- 20 18. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el campo magnético aplicado a la mezcla comprende una densidad de flujo magnético menor que 2,2 T (2,2 Tesla).
19. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el campo magnético aplicado a la mezcla comprende una densidad de flujo magnético de 0,1 T (0,1 Tesla) a 2,2 T (2,2 Tesla).
- 25 20. Un procedimiento según la reivindicación 19, en el que el campo magnético aplicado a la mezcla comprende una densidad de flujo magnético de 0,1 T (0,1 Tesla) a 1 T (1 Tesla).
21. Un procedimiento según la reivindicación 20, en el que el campo magnético aplicado a la mezcla comprende una densidad de flujo magnético de 0,1 T (0,1 Tesla) a 0,7 T (0,7 Teslas).