



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 384**

51 Int. Cl.:

B01D 1/00 (2006.01)

B01D 37/02 (2006.01)

C02F 11/00 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00967147 .0**

96 Fecha de presentación : **28.09.2000**

97 Número de publicación de la solicitud: **1406711**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2004**

54

Título: **Procedimiento de uso de productos naturales como adyuvantes de deshidratación para partículas finas.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.03.2010

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.03.2010

73

Titular/es: **Roe-Hoan Yoon**
2909 Wakefield Drive
Blacksburg, Virginia 24060, US

72

Inventor/es: **Yoon, Roe-Hoan**

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 335 384 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).

ES 2 335 384 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de uso de productos naturales como adyuvantes de deshidratación para partículas finas.

5 Antecedentes

Muchos materiales particulados son producidos y procesados en medios acuosos. Antes de ser vendidos a clientes o de ser procesados adicionalmente, frecuentemente es necesario retirar el agua. La deshidratación puede conseguirse bien mediante medios mecánicos (por ejemplo, filtración y centrifugación) o bien mediante secado térmico. En general, los primeros son más baratos que el último. Sin embargo, la deshidratación mecánica se hace ineficiente con partículas más finas. Los productos deshidratados contienen humedades altas y requieren, frecuentemente, un secado térmico para cumplir las especificaciones.

En un procedimiento mecánico de deshidratación determinado, la mayor parte del agua es retirada bastante rápidamente. Lo que es difícil de retirar es el agua que se adhiere a la superficie del material particulado. De esta manera, la cantidad de agua residual dejada en el producto es aproximadamente proporcional a su área superficial. Para un material dado, el área superficial específica es inversamente proporcional al cuadrado de su tamaño de partícula. Por lo tanto, las humedades residuales en los productos filtrados incrementan, por consiguiente, con el tamaño de partícula decreciente. Una explicación más cuantitativa para la dificultad en la deshidratación de partículas finas mediante filtración puede proporcionarse mediante la ecuación de Laplace:

$$\Delta p = \frac{2\gamma \cos\theta}{r}, \quad [1]$$

en la que Δp es la presión del agua dentro de un capilar (formado entre las partículas presentes en una torta de filtrado), r es el radio del capilar, γ es la tensión superficial del agua y θ es el ángulo de contacto de las partículas en la torta. El ángulo de contacto es una medida de la hidrofobicidad (propiedad de repulsión por el agua) de las partículas. La ec. [1] muestra que la presión requerida para expulsar el agua del capilar incrementa con el radio capilar decreciente. Considerando que las partículas más finas forman capilares más pequeños, puede verse la dificultad de deshidratar partículas finas. Con una torta de filtrado determinada, que consiste en partículas de diferentes tamaños, debe haber una distribución de capilares de varios radios. A una caída de presión determinada aplicada a través de una torta de filtrado, sería difícil expulsar el agua de los capilares cuyos radios son inferiores a determinado valor crítico. De esta manera, el número de capilares, cuyos radios son inferiores al radio crítico, debería determinar la humedad final de la torta.

Se usan varios floculantes poliméricos para aumentar el tamaño de partícula y, por lo tanto, para minimizar el número de capilares más pequeños. También pueden usarse coagulantes electrolíticos para aumentar las partículas. Groppo y Parekh (Coal Preparation, 1996, vol. 17, pp. 103-116) mostraron que la deshidratación de carbón fino mejora considerablemente en presencia de cationes divalentes o trivalentes. Encontraron que esto sucede cuando se usan tensoactivos catiónicos, aniónicos y no aniónicos.

La Ec. [1] sugiere también que la presión capilar debería reducirse con una tensión superficial decreciente y un ángulo de contacto creciente. Se usan varios tensoactivos para reducir la tensión superficial. La mayoría de los adyuvantes de deshidratación usados para este propósito son tensoactivos iónicos con números de balance hidrófilo-lipófilo (HLB) altos. El laurilsulfato de sodio y el dioctilsulfosuccinato de sodio, cuyos números HLB son 40 y 35,3, respectivamente, son ejemplos típicos. Singh (Filtration and Separation, March, 1977, pp. 159-163) sugiere que el primero es un adyuvante de deshidratación ideal para el carbón porque no se absorbe en la superficie, lo que a su vez permite que los reactivos sean utilizados totalmente para reducir la tensión superficial. La patente U.S. No. 5.346.630 enseña un procedimiento de pulverización a presión de una solución de un adyuvante de deshidratación desde una posición dentro de la zona de formación de la torta de filtrado de un filtro, justo antes de la desaparición del agua sobrenadante del proceso. Este procedimiento, que se denomina sistema de pulverización torpedo, asegura una distribución homogénea del adyuvante de deshidratación sin que sea diluido considerablemente por el agua sobrenadante del proceso.

Es bien conocido que los tensoactivos de HLB alto pueden causar, realmente, un incremento de la humedad en la deshidratación de materiales hidrófobos, tales como el carbón. Debido a la alta polaridad de sus grupos de cabeza, los tensoactivos de HLB alto son absorbidos sobre superficies hidrófobas con orientación inversa, es decir, con las colas hidrocarbonadas en contacto con la superficie y las cabezas polares apuntando hacia la fase acuosa. Dicho mecanismo de absorción debería reducir la hidrofobicidad, y por lo tanto, debería causar un incremento en la humedad de la torta. La mayoría de los floculantes usados como adyuvantes de deshidratación amortiguan también la hidrofobicidad y causan un incremento en la humedad.

Hay varias patentes U.S. que divulgaron procedimientos de uso de tensoactivos de HLB bajo como adyuvantes de deshidratación. Las patentes U.S. Nos. 4.447.344 y 4.410.431 divulgaron procedimientos de uso de tensoactivos no iónicos insolubles en agua con sus números HLB en el intervalo de 6 a 12. Estos reactivos fueron usados junto con reactivos (hidrotropos) que son capaces de mantener los tensoactivos en solución o en el interfaz aire-agua en vez de en el interfaz sólido-líquido, de manera que pueden ser utilizados en su totalidad para reducir la tensión superficial. La

ES 2 335 384 T3

ventaja de usar tensoactivos de HLB bajo puede ser que, a diferencia de los tensoactivos de HLB alto, no tienen los efectos perjudiciales de la amortiguación de la hidrofobicidad.

5 La patente U.S. No. 5.670.056 enseña un procedimiento de uso de polímeros y tensoactivos no iónicos de HLB bajo como agentes hidrofobizantes que pueden incrementar el ángulo de contacto por encima de 65° y, de esta manera, reducir la humedad de la torta. Los ésteres grasos monoinsaturados, ésteres grasos cuyos números HLB son inferiores a 10, y los polimetilhidrosiloxanos solubles en agua fueron usados como agentes hidrofobizantes. Los ésteres grasos fueron usados con o sin el uso de butanol como un solvente portador para los tensoactivos de HLB bajo. La divulgación de la presente invención lista un grupo de materiales particulados que pueden ser deshidratados usando estos reactivos.
10 Estos incluyen, carbones, arcillas, minerales sulfurados, fosfatos, minerales de óxido metálico, minerales industriales y materiales de desecho, la mayoría de los cuales son hidrófilos. El uso de tensoactivos de HLB bajo divulgado en la patente U.S. No. 5.670.056 puede ser capaz de incrementar los ángulos de contacto de los materiales que ya son hidrófobos pero no para las partículas hidrófilas.

15 La patente U.S. No. 2.864.765 enseña un procedimiento de uso de polioxietileno diferente de un éster de ácido graso de cadena larga parcial anhídrido de hexitol, que funciona sólo o como una solución en queroseno. Sin embargo, la divulgación no menciona que el tensoactivo no iónico incrementa la hidrofobicidad de las partículas moderadamente hidrófobas. Además, los compuestos divulgados no son absorbidos esencialmente en la superficie sólida de las partículas minerales y permanecen en el filtrado, tal como se indica en la patente U.S. No. 4.156.649. En esta última patente
20 y también en la patente U.S. No. 4.191.655, se divulgan procedimientos de uso de alcoholes alquiletoxilados lineales o ramificados, como adyuvantes de deshidratación. Fueron usados en soluciones de solventes de hidrocarburos pero en presencia de emulsificantes solubles en agua, tales como dioctilsulfosuccinato de sodio. Tal como se ha expuesto anteriormente, el uso de dicho tensoactivo de HLB alto puede amortiguar la hidrofobicidad y causar un incremento en la humedad.

25 La patente U.S. No. 5.048.199 divulgó un procedimiento de uso de una mezcla de un tensoactivo no iónico, un sulfosuccinato y un agente deformante. La patente U.S. No. 4.039.466 divulgó un procedimiento de uso de una combinación de tensoactivo no iónico que tiene un grupo polioxialquileo y un tensoactivo aniónico. La patente U.S. No. 5.215.669 enseña un procedimiento de uso de hidroxíter mezclado soluble en agua, que se supone que trabaja
30 bien tanto con materiales hidrófobos (carbón) como con materiales hidrófilos (aguas residuales). La patente U.S. No. 5.167.831 enseña procedimientos de uso de tensoactivos no-iónicos con números HLB de 10 a 14. Este procedimiento es útil para deshidratar trihidrato de alúmina elaborado mediante el procedimiento Bayer, que es hidrófilo. La patente U.S. No. 5.011.612 divulgó procedimientos de uso de ácidos grasos C₈ a C₂₀, precursores de ácido graso, tal como ésteres o amidas, o una mezcla de ácidos grasos. De nuevo, estos reactivos se diseñan para deshidratar trihidrato de alúmina hidrófilo.
35

La patente U.S. No. 4.206.063 enseña procedimientos de uso de polietilenglicol éter de un glicol lineal con su número HLB en el intervalo de 10 a 15 y un etoxilato alcohol primario lineal que contiene de 12 a 13 átomos de carbono en la fracción alquilo. Estos reactivos fueron usados para deshidratar concentrados minerales en conjunción
40 con alcoholes hidrófobos que contenían de 6 a 24 átomos de carbono. La composición de esta invención fue usada preferentemente en conjunción con floculantes poliméricos. De manera similar, la patente U.S. No. 4.207.186 divulgó procedimientos de uso de un alcohol hidrófobo y un tensoactivo no iónico cuyo número HLB estaba en el intervalo de 10 a 15.

45 Es bien conocido que los aceites pueden mejorar la hidrofobicidad del carbón, siendo esta la razón por la que varios aceites minerales se usan como colectores para flotación de carbón. La patente U.S. No. 4.210.531 enseña un procedimiento de deshidratación de concentrados minerales usando un floculante polimérico, seguido por una combinación de un tensoactivo aniónico y un líquido orgánico insoluble en agua. El uso de floculante y tensoactivos iónicos puede ser beneficioso en la deshidratación, pero podrían amortiguar la hidrofobicidad de las partículas y,
50 de esta manera, podrían afectar adversamente al procedimiento. La patente U.S. No. 5.256.169 enseña a tratar una suspensión acuosa de carbón fino con un aceite emulsionable en combinación con un polímero elastomérico y un tensoactivo aniónico y no iónico, deshidratar la suspensión acuosa y secar la torta del filtrado, donde el aceite reduce la diseminación de polvos fugitivos. La patente U.S. No. 5.405.554 enseña un procedimiento de deshidratación de residuos municipales, que no son hidrófobos, usando emulsiones agua-en-aceite estabilizadas mediante polímeros catiónicos. La patente U.S. No. 5.379.902 divulgó un procedimiento de uso de aceites pesados en conjunción con dos tipos diferentes de tensoactivos, sometiendo a flotación la mezcla carbón-emulsión, deshidratando el producto flotante y secándolo para la reconstitución. La patente U.S. No. 4.969.928 enseña también un procedimiento de uso de aceites pesados para la deshidratación y la reconstitución.
55

60 La patente U.S. No. 4.770.766 divulgó procedimientos para incrementar la hidrofobicidad de carbones oxidados y de bajo rango usando aditivos durante la aglomeración de aceite. El objetivo principal de este procedimiento es mejorar las cinéticas de aglomeración y, en última instancia, la separación de la materia mineral hidrófila del carbón. Los aditivos divulgados en esta invención incluyen una variedad de aceites pesados y aceites vegetales, alcoholes que contienen 6 o más átomos de carbono, ácidos grasos de cadena larga, etc. Cuando se usaron estos aditivos, la
65 humedad del producto era inferior a la que sería en otras circunstancias. Sin embargo, el procedimiento requiere hasta 150 kg/t (300 lb/ton) de aditivos y usa cantidades muy grandes (45 a 55% en volumen de un carbón a aclarar) de un aglomerante, que es seleccionado de entre butano, hexano, pentano y heptano.

La patente U.S. No. 5.458.786 divulgó un procedimiento de deshidratación de carbón fino desplazando el agua de la superficie con una gran cantidad de butano líquido. El butano usado es recuperado y reciclado. La patente U.S. No. 5.587.786 enseña procedimientos de uso de butano líquido y otros líquidos hidrófobos para deshidratar otras partículas hidrófobas.

5

Objetos de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar nuevos procedimientos de reducción de humedad de materiales particulados finos durante los procedimientos mecánicos de deshidratación, tales como centrifugación y filtración a presión o filtración a vacío.

10

Otro objeto importante de la invención es la provisión de una mejora de la velocidad a la que se retira el agua, de manera que un equipo de deshidratación determinado pueda procesar mayores tonelajes de materiales particulados.

15

Un objeto adicional de la presente invención es la provisión de nuevos procedimientos de deshidratación de partículas finas que puedan reducir tanto la humedad, que no sea necesario un secado térmico.

20

Todavía otro objeto de la presente invención es la provisión de un nuevo procedimiento de deshidratación que no cree efectos adversos en los procedimientos aguas arriba y aguas abajo, cuando el agua retirada de los procedimientos de deshidratación divulgados en la presente invención sea reciclada.

25

Todavía otro objeto de la invención es la provisión de procedimientos de control de las propiedades espumantes del producto de flotación.

30

Quizás el objeto más importante de la presente invención es conseguir todos los objetos indicados anteriormente usando adyuvantes de deshidratación que pueden conseguirse a bajo costo y que no tengan efectos dañinos sobre el entorno y sobre la salud humana.

35

Resumen de la invención

40

Es el objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento de deshidratación de materiales particulados finos eficiente. Esto se consigue desestabilizando el agua en la superficie de las partículas a deshidratar, convirtiendo la superficie en sustancialmente hidrófoba. Las partículas son hidrofobizadas en dos etapas. Inicialmente, se usan tensoactivos, preferentemente con números de balance hidrófilo-lipófilo (HLB) altos, o colectores, para convertir un material particulado en moderadamente hidrófobo. El material es tratado subsiguientemente con un lípido, que es una sustancia hidrófoba natural, para mejorar adicionalmente su hidrofobicidad hasta un valor cercano o superior al ángulo de contacto del agua de 90°. Esto debilitará considerablemente los enlaces entre las moléculas de agua y la superficie del material particulado y, de esta manera, "libera" el agua de la superficie. A continuación, el agua de la superficie liberada es retirada del material particulado usando varios dispositivos deshidratantes mecánicos.

45

La clave de los procedimientos de deshidratación descritos en la divulgación de la presente invención es la etapa de mejora de la hidrofobicidad. Según la ecuación de Laplace, un incremento relativamente pequeño en la hidrofobicidad (sobre el nivel que puede conseguirse normalmente usando un tensoactivo de HLB alto en la primera etapa de hidrofobización) puede provocar una gran reducción en la presión del capilar y, de esta manera, una gran reducción en la humedad de la superficie.

50

Los lípidos usados en la segunda etapa de hidrofobización de la presente invención son insolubles en agua; por lo tanto, son usados como soluciones en solventes apropiados, que incluyen pero no se limitan a, aceites de hidrocarburos ligeros y alcoholes de cadena corta. Cuando se usan en conjunción con un solvente apropiado, las moléculas lipídicas pueden actuar como tensoactivos no iónicos que pueden mejorar considerablemente la hidrofobicidad del material particulado a deshidratar. Debido a que los lípidos son reactivos naturales, su uso ofrece un medio de bajo costo para mejorar los procedimientos mecánicos de deshidratación.

55

Los procedimientos de deshidratación en la presente invención no solo son capaces de reducir las humedades de la torta final, sino que también pueden incrementar sustancialmente las cinéticas de la deshidratación. En virtud de esto último, la presente invención puede incrementar considerablemente el rendimiento de un dispositivo de deshidratación. Además, los adyuvantes de deshidratación de la presente invención tienen características de agentes anti-formación, lo cual es muy importante para procesar materiales particulados producidos a partir de procedimientos de flotación. También, la mayoría de los reactivos añadidos como adyuvantes de deshidratación y sus mezclas, se absorben en las superficies de los minerales y el carbón, de manera que el agua de la planta no contiene cantidades considerables de reactivos residuales.

60

Descripción detallada de la invención

65

La dificultad para retirar el agua de la superficie de partículas finas puede atribuirse al hecho de que las moléculas de agua se fijan fuertemente a la superficie mediante enlaces de hidrógeno. Es posible romper los enlaces y retirar el agua sometiendo las partículas húmedas a calor intenso, filtros de alta presión y centrifugadoras de alta G. Sin embargo, el uso de tales fuerzas brutas implica altos costos de energía y problemas de mantenimiento. Una solución mejor sería

desestabilizar el agua de la superficie mediante medios químicos apropiados, de manera que pueda ser retirada más fácilmente usando dispositivos de deshidratación mecánicos con requerimientos de mantenimiento y energía mínimos.

5 El estado del agua adherida a una superficie puede ser representado de la mejor manera mediante la hidrofobicidad (propiedad de repulsión por el agua). Cuanto mayor es la hidrofobicidad, más débiles son los enlaces entre el agua y la superficie. Por lo tanto, la clave para encontrar los medios químicos apropiados para desestabilizar el agua de la superficie es incrementar la hidrofobicidad de las partículas a deshidratar. Una medida más tradicional de la hidrofobicidad de una superficie es el ángulo de contacto del agua. En la técnica de gota sessile, los ángulos de contacto se miden colocando gotas de agua en la superficie de los sólidos de interés. El ángulo de contacto, que se mide a través de la fase acuosa, incrementa al incrementar la hidrofobicidad.

Más recientemente, los científicos han desarrollado procedimientos de medición de fuerzas entre dos superficies macroscópicas aproximando una a la otra en agua. Descubrieron una fuerza atractiva desconocida hasta ahora, que se denomina generalmente, fuerza hidrófoba. Muchos investigadores mostraron que la nueva fuerza atractiva es de 10 a 100 veces más fuerte que la omnipresente fuerza de van der Waals. Yoon y Ravishankar (J. Colloid and Interface Science, vol. 179, p. 391, 1996) mostraron que la fuerza hidrófoba incrementa bruscamente cuando los ángulos de contacto de dos superficies de mica interactuantes se aproximan a 90° . Según la Ec. [1], la presión capilar se hace negativa a ángulos de contacto superiores a este valor. De esta manera, si se pudiera incrementar la hidrofobicidad de un material particulado hasta un punto en el que su ángulo de contacto exceda 90° , el agua debería retirarse espontáneamente. Esto puede conseguirse usando tensoactivos apropiados. Según Flinn *et al.* (Colloids and Surfaces A, vol. 87, p. 163, 1994), las colas hidrocarbonadas del octadecilclorosilano empiezan a colocarse verticalmente y formar una monocapa compacta en la superficie de sílice a un ángulo de contacto cercano o superior a 90° . También, Yoon y Ravishankar observaron fuerzas hidrófobas de largo alcance solo cuando las monocapas compactas se formaron en superficies de mica. Por lo tanto, parece que la clave para conseguir una deshidratación espontánea puede ser encontrar tensoactivos apropiados o combinaciones de los mismos que puedan formar monocapas compactas de hidrófobos en las superficies de las partículas a deshidratar.

En la presente invención, los materiales particulados en una suspensión acuosa son hidrofobizados en dos etapas. En la primera etapa, se añade un colector o tensoactivo apropiado a la suspensión acuosa, de manera que puede ser absorbido en la superficie de las partículas y hacerlas moderadamente hidrófobas. Para las partículas hidrófilas, tales como sílice y arcilla, pueden usarse tensoactivos de números HLB altos para la hidrofobización inicial. Para los minerales sulfurados, pueden usarse tioles de cadena corta. Estos reactivos se absorben en la superficie con sus cabezas polares en contacto con la superficie y sus colas hidrocarbonadas dirigidas hacia la fase acuosa. Para los materiales hidrófobos naturales de hidrofobicidad moderada, pueden usarse aceites de hidrocarburos y alcoholes de cadena corta para mejorar la hidrofobicidad. En la segunda etapa, un lípido disuelto en un solvente adecuado o en una mezcla de solventes es añadido a la suspensión acuosa para incrementar adicionalmente la hidrofobicidad de los materiales particulados, de manera que el agua de la superficie pueda ser retirada más fácilmente mediante los procedimientos mecánicos de deshidratación de bajo consumo de energía.

Como resultado de la primera etapa de hidrofobización, el ángulo de contacto del material particulado a deshidratar se incrementa al intervalo de 25° a 60° . Es difícil, pero no imposible, obtener ángulos de contacto superiores a este intervalo usando solo un tensoactivo de HLB alto. Los tioles y los tensoactivos de HLB alto se absorben solo en sitios superficiales específicos. La población de los sitios superficiales, en los que puede ocurrir la absorción, está normalmente muy por debajo de lo que es necesario para formar una monocapa compacta de las moléculas tensoactivas absorbidas. Los reactivos añadidos en la segunda etapa de hidrofobización, es decir, los lípidos disueltos en solventes apropiados, pueden ser absorbidos entre las colas hidrocarbonadas escasamente pobladas de los tioles y los tensoactivos de HLB alto, de manera que la superficie está cubierta más completamente por una monocapa compacta de hidrófobos. Esto incrementará el ángulo de contacto sobre 60° y más deseablemente cerca de 90° o sobre 90° , de manera que el agua pueda ser retirada fácilmente de los capilares formados entre las partículas más finas.

Aunque la ecuación de Laplace sugiere que el ángulo de contacto debe exceder 90° para una deshidratación espontánea, incrementando los ángulos de contacto cerca de este valor, pero sin excederlo, puede provocar ventajas suficientes. Un examen cercano de la Ec. [1] revela que un incremento en el ángulo de contacto superior al que puede conseguirse en la primera etapa de hidrofobización puede provocar una reducción sustancial en la presión capilar y, por lo tanto, una reducción en la humedad de la torta. Considérese un caso en el que el ángulo de contacto es incrementado de 60° a 85° en la primera etapa de hidrofobización. Esto debería reducir la presión capilar solo a la mitad. Si el ángulo es incrementado adicionalmente de 60° a 85° en la segunda etapa de hidrofobización, la presión capilar se reduce adicionalmente en 5,7 veces. Esto es una ganancia sustancial que puede conseguirse mediante un aparentemente modesto incremento en el ángulo de contacto. De esta manera, la segunda etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención ofrece un medio altamente eficiente de reducir sustancialmente las presiones capilares y, de esta manera, de conseguir humedades de torta muy bajas.

Los lípidos son moléculas orgánicas naturales que pueden ser aisladas de células (y tejidos) a partir de plantas y animales mediante la extracción con solventes orgánicos no polares. Gran parte de las moléculas son hidrocarburos (o hidrófobos), por lo tanto, son insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos, tales como éter, cloroformo, benceno o un alcano. De esta manera, la definición de lípidos se basa en la propiedad física (es decir, hidrofobicidad y solubilidad) en vez de en la estructura o composición química. Los lípidos incluyen una amplia variedad de moléculas de diferentes estructuras, es decir, triacilgliceroles, esteroides, ceras, fosfolípidos, esfingolípidos, terpenos y ácidos

carboxílicos. Pueden encontrarse en varios aceites vegetales (por ejemplo, aceite de soja, aceite de cacahuete, aceite de oliva, aceite de linaza, aceite de sésamo), aceite de pescado, mantequilla y sebo. Las grasas animales y los aceites vegetales son los lípidos que se dan más frecuentemente. Aunque las grasas y los aceites parecen ser diferentes, es decir, las primeras son sólidas y los últimos son líquidos a temperatura ambiente, sus estructuras están relacionadas de manera cercana. Químicamente, ambos son triacilgliceroles; es decir, triésteres de glicerol con tres ácidos carboxílicos de cadena larga. Pueden ser hidrolizados fácilmente en ácidos grasos. El aceite de maíz, por ejemplo, puede ser hidrolizado para obtener mezclas de ácidos grasos, que consiste en 35% de ácido oléico, 45% de ácido linoléico y 10% de ácido palmítico. Los productos de hidrólisis del aceite de oliva, por otra parte, consisten en 80% de ácido oléico. Las ceras también pueden ser hidrolizadas, mientras que los esteroides no. Los aceites y las grasas vegetales se producen normalmente mediante expresión y extracción con solvente o una combinación de las dos. El pentano se usa ampliamente como solvente, y es capaz de extraer el 98% de aceite de soja. Algunas de las impurezas presentes en el aceite crudo, tales como ácidos grasos y fosfolípidos, son retiradas de los aceites vegetales crudos mediante precipitación y refinado por álcali. Los aceites animales se producen normalmente derritiendo grasas.

En la presente invención, los lípidos pueden actuar como tensoactivos naturales que pueden mejorar la hidrofobicidad de las partículas a deshidratar. Cada triacilglicerol, por ejemplo, consiste en un grupo de cabeza, es decir, glicerol, y tres colas hidrocarbonadas. Para los esteroides, los grupos hidroxilo pueden actuar como cabeza polar, mientras que los enlaces éster sirven como los grupos de cabeza con las ceras. Pueden actuar efectivamente como tensoactivos no iónicos de números de balance hidrófilo-lipófilo (LBH) bajos. Los números HLB del aceite de soja y del aceite de maíz son 6 y 8, respectivamente, mientras que el del aceite de castor es 14. Pueden ser absorbidos entre o en la parte superior de las cadenas de hidrocarburos de los tensoactivos y tioles que están presentes en la superficie de las partículas finas como resultado de la primera etapa de hidrofobización y, por lo tanto, mejorar la hidrofobicidad.

Debido a que los lípidos tienen números HLB bajos, pueden ser usados como soluciones de solventes apropiados incluyendo, pero no limitándose a, alcoholes de cadena corta y aceites de hidrocarburos ligeros. Típicamente, una parte en volumen de un lípido, que puede denominarse como ingrediente activo o ingredientes activos, se disuelve en dos partes de un solvente antes del uso. Los dos pueden ser mezclados en relaciones diferentes. Como ejemplo, tres partes de un ingrediente activo pueden ser mezcladas con una parte de un solvente. En otro ejemplo, una parte de un ingrediente activo puede ser mezclada con 20 partes de un solvente.

Por ejemplo, los constituyentes minerales (o carbón) seleccionados de un mineral (o carbón) son hidrofobizados selectivamente usando reactivos apropiados (por ejemplo, tensoactivos de HLB alto, tioles, aceites de hidrocarburos ligeros y alcoholes de cadena corta) y son separados mediante flotación de los constituyentes minerales hidrófilos como un medio de separación y potenciamiento. El material particulado a deshidratar debe ser moderadamente hidrófobo para que la segunda etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención funcione. De lo contrario, los lípidos hidrófobos divulgados no pueden ser absorbidos en la superficie mediante atracción hidrófoba y mejorar su hidrofobicidad. Frecuentemente, los materiales hidrófobos naturales o concentrados minerales se hacen considerablemente menos hidrófobos para cuando llegan a la etapa de deshidratación, debido a la oxidación superficial, envejecimiento, o exposición a agua de planta que contiene polímeros hidrófilos. En estos casos, pueden ser re-hidrofobizados usando los tensoactivos de HLB alto y otros reactivos indicados anteriormente antes de añadir los reactivos identificados en la presente invención para la segunda etapa de hidrofobización.

Puede ser útil indicar aquí que los concentrados de carbón y minerales obtenidos mediante flotación no son suficientemente hidrófobos para ser deshidratados eficientemente. La razón es que el requerimiento termodinámico para la adhesión burbuja-partícula, que es un pre-requisito para la flotación, es que el ángulo de contacto sea mayor que cero, mientras que el requerimiento termodinámico para la deshidratación espontánea es de 90°, tal como se ha indicado anteriormente. Por lo tanto, la segunda etapa de hidrofobización es esencial para reducir la humedad de la torta más allá de los niveles que se consiguen normalmente usando los procedimientos y los adyuvantes de deshidratación disponibles en la actualidad. El uso de lípidos en la segunda etapa de hidrofobización proporciona un medio de bajo costo para incrementar el ángulo de contacto cerca o por encima de los 90°.

Para un material particulado determinado, partes de la superficie deben ser más hidrófobas que el resto. Cuando se usa un lípido como adyuvante de deshidratación, la mayoría de las moléculas pueden ser absorbidas en las partes más hidrófobas de la superficie, incrementando, de esta manera, la densidad de empaquetamiento de hidrófobos en la superficie e incrementando adicionalmente su hidrofobicidad. La fuerza impulsora para el mecanismo de absorción puede ser una de atracción hidrófoba. Por otra parte, algunas de las moléculas lipídicas pueden ser absorbidas en partes menos hidrófobas de la superficie, con los oxígenos en los grupos de cabeza en contacto con las partes menos hidrófobas de la superficie, posiblemente mediante interacciones ácido-base, mientras que las colas hidrocarbonadas apuntan hacia la fase acuosa. El resultado neto de este mecanismo de absorción sería una conversión de las partes menos hidrófobas de una superficie en unas más hidrófobas. Ambos tipos de mecanismos, es decir, uno basado en la interacción hidrófoba y el otro basado en interacciones ácido-base, deberían ayudar a incrementar sustancialmente la hidrofobicidad de la superficie, aproximándose su ángulo de contacto a 90°, o superando los 90°.

Los aceites de hidrocarburos ligeros usados como solventes para los lípidos pueden ser absorbidos también en la superficie del material particulado a ser deshidratado mediante interacción hidrófoba, y mejorar adicionalmente su hidrofobicidad. En efecto, las moléculas lipídicas pueden actuar como tensoactivos no iónicos y pueden ayudar a propagar los aceites de hidrocarburos ligeros en la superficie modificando las tensiones interfaciales implicadas. Las moléculas lipídicas deberían incrementar la tensión interfacial en el interfaz sólido/agua, como consecuencia de hacer

la superficie más hidrófoba, causando al mismo tiempo una reducción de las tensiones interfaciales en los interfaces aceite/agua y sólido/aceite. La propagación mejorada del aceite de hidrocarburos ligeros debería contribuir a mejorar la hidrofobicidad de la superficie hasta cerca de 90° o superior a 90°. Además, todos los reactivos usados en la presente invención pueden servir también como agentes reductores de tensión superficial. Las tensiones superficiales de los lípidos, aceites de hidrocarburos y alcoholes de cadena corta son sustancialmente inferiores a la del agua. Su presencia en el interfaz aire-agua, en virtud de su hidrofobicidad, debería reducir la tensión superficial y, de esta manera, ayudar a reducir las humedades de la torta según la ecuación de Laplace.

10 *Procedimiento de ensayo*

Se usaron muchas muestras diferentes para los ensayos de deshidratación. Estas incluyeron sílice fina, arcilla caolín de Georgia central (60% más fina que 2 μm), varias muestras de carbón de diferentes fuentes y concentrados minerales sulfurados. Un material hidrófilo, tal como sílice y caolín, fue hidrofobizado en dos etapas: primero usando un tensoactivo de HLB alto para convertir la superficie en moderadamente hidrófoba y, a continuación, usando un lípido para mejorar adicionalmente su hidrofobicidad. Debido a que los lípidos son insolubles en agua, estos fueron usados tras la disolución en solventes adecuados. Cuando los concentrados minerales sulfurados fueron recibidos desde el extranjero, estos se oxidaron superficialmente y se convirtieron en hidrófilos. Como un medio de regenerar las superficies hidrófobas frescas, fueron re-flotados usando un colector de tiol y metilisobutil carbinol (MIBC) como espumante. Esto era necesario porque que los lípidos no se absorben en superficies hidrófilas.

Algunas de las muestras de carbón fueron usadas tal como se recibieron. La mayoría de los ensayos fueron realizados, sin embargo, después de una re-flotación usando reactivos de flotación estándares, tales como queroseno y MIBC. Cuando una muestra se convertía en hidrófila debido al envejecimiento o a la oxidación superficial durante el transporte, fue molida en húmedo en un molino de bolas durante un corto periodo de tiempo para retirar los productos de oxidación y regenerar las superficies frescas, moderadamente hidrófilas. Los lípidos se absorben en la superficie y mejoran su hidrofobicidad. Para minimizar los problemas concernientes a la oxidación, algunos de los ensayos fueron realizados usando productos medio densos ásperos. Fueron triturados, pulverizados, molidos en húmedo en un molino de bolas, y sometidos a flotación usando queroseno y MIBC. El producto sometido a flotación fue colocado en un contenedor y fue agitado. Un volumen conocido de la suspensión acuosa fue retirado y transferido a un matraz Elenmeyer. Después de añadir cantidades conocidas de reactivo o reactivos, el matraz fue agitado a mano durante 2 minutos. La suspensión acuosa acondicionada fue vertida en un filtro para iniciar un ensayo de deshidratación. Después de un tiempo de ciclo de secado prefijado (normalmente 2 minutos), el producto fue retirado del filtro, fue secado en un horno durante la noche, y a continuación fue pesado para determinar la humedad de la torta. En cada ensayo, se registraron el tiempo de formación de la torta y el grosor de la torta. El tiempo de formación de la torta se define como el tiempo necesario para que la mayor parte del agua sea drenada y se forme una torta en un medio de filtrado. Para una filtración a vacío, se usó un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro con un filtro poroso de vidrio de porosidad media. Cuando se deseaba realizar los ensayos a grosores de torta grandes, se extendió la altura del filtro Buchner. Para el filtrado a presión, se usó un filtro de presión de aire de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro con un medio de tela. Estaba realizado en Plexiglas, de manera que el tiempo de formación de la torta pudiera ser determinado mediante la observación visual.

Ejemplos

45 Ejemplo 1

Una muestra de sílice fina de Tennessee fue molida en húmedo en un molino de bolas y fue tamizada para obtener una fracción de 0,074 mm x 0. Fue sometida a dos conjuntos de ensayos de filtrado en vacío, usando cantidades variables de un lípido (aceite de girasol) con y sin la primera etapa de hidrofobización. Se usó hidrocloreto de dodecylamonio en la cantidad de 0,2 kg/t (0,4 lb/ton) a pH 9,5 para la hidrofobización inicial. El aceite de girasol fue usado como una solución al 33,3% en diesel. Todos los ensayos fueron realizados usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro a 1.143 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta, 2 minutos de tiempo de ciclo de secado y una presión de vacío de 635 mm (25 pulgadas) de Hg.

55 El ensayo de control realizado sin ningún reactivo proporcionó 21,2% en peso de humedad de la torta y 104 segundos de tiempo de formación de la torta, tal como se muestra en la Tabla 1. Cuando los ensayos fueron realizados usando aceite de girasol sin la etapa de hidrofobización inicial, tanto la humedad como el tiempo de formación de la torta se redujeron solo ligeramente. Estos descubrimientos sugieren que los lípidos no se absorben en la superficie de sílice hidrófila y, por lo tanto, no pueden trabajar como adyuvantes de deshidratación eficientes. Cuando los ensayos fueron realizados después de la etapa de hidrofobización inicial pero sin la segunda etapa de hidrofobización, la humedad de la torta se redujo a 15,3% y el tiempo de formación de la torta a 21 segundos.

65 Cuando la muestra de sílice fue hidrofobizada en dos etapas, tal como se ha divulgado en la presente invención, se consiguieron reducciones sustanciales en la humedad de la torta. Por ejemplo, el procedimiento que implica una etapa de hidrofobización inicial usando 0,2 kg/t (0,4 lb/ton) de un tensoactivo de HLB alto (hidrocloreto de dodecylamonio) y una etapa de mejora de hidrofobicidad usando 1 kg/t (2 lb/ton) de aceite de girasol redujo la humedad de la torta de 21,2% a 6,2% y la formación de la torta de 104 segundos a 11 segundos.

ES 2 335 384 T3

TABLA 1

Efectos del uso de aceite de girasol como adyuvante de deshidratación para la filtración de una muestra de sílice de 0,074 mm x 0 a una presión de vacío de 635 mm (25 pulgadas) de Hg

Dosis de reactivo kg/t (lb/ton)	Sin 1ª etapa de hidrofobización		Con 1ª etapa de hidrofobización ¹	
	Contenido de humedad (% en peso)	Tiempo de formación de torta (seg)	Contenido de humedad (% en peso)	Tiempo de formación de torta (seg)
0 (0)	21,2	104	153	21
0,25 (0,5)	20,8	101	9,0	16
0,5 (1)	20,6	98	7,1	12
1,0 (2)	19,7	97	6,2	11

¹ con 0,2 kg/t (0,4 lb/ton) de hidrocioruro de dodecilamonio

Los ensayos fueron realizados también con una muestra de sílice más fina (0,034 mm X 0). Un ensayo de control proporcionó una humedad de torta de 26,4% y un tiempo de formación de la torta de 161 segundos. Con un procedimiento de hidrofobización de etapa única usando 0,2 kg/t (0,4 lb/ton) de cloruro de dodecilamonio a pH 9,5, la humedad de la torta se redujo a 19,2% y el tiempo de formación de la torta a 26 segundos. Con el procedimiento de hidrofobización de dos etapas usando 0,2 kg/t (0,4 lb/ton) del tensoactivo de HLB alto en la primera etapa y 1 kg/t (2 lb/ton) de un lípido (aceite de girasol) en la segunda etapa, la humedad de la torta fue reducida sustancialmente a 8,9% y el tiempo de formación de la torta a 11 segundos.

Ejemplo 2

Las arcillas de caolín de alto brillo se producen mediante flotación inversa, es decir, las impurezas coloradas son hidrofobizadas mediante colectores apropiados y son separadas mediante flotación de la arcilla que permanece hidrófila. Normalmente, el producto es en forma de 25 a 35% de sólidos, y es deshidratado mediante filtración a vacío para obtener una torta que contiene una humedad de 50-55%. Parte de la torta de filtrado es secada térmicamente y a continuación es mezclada con la torta húmeda restante para reducir adicionalmente la humedad a un intervalo de 25 a 30%. En este ejemplo, se realizaron una serie de ensayos de filtración en una arcilla caolín de Georgia central (60% más fina que 2 µm) para demostrar que el procedimiento de deshidratación, tal como se describe en la divulgación de la presente invención, puede deshidratar la arcilla mediante filtración a vacío a un nivel deseado sin secado térmico. Todos los ensayos fueron realizados usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro a 635 mm (25 pulgadas) de Hg, 0,41 cm (0,16 pulgadas) de grosor de torta y 3 minutos de tiempo de ciclo de secado.

Cuando el ensayo fue realizado sin ningún reactivo, no fue posible formar una torta incluso después de un tiempo de filtrado largo. Cuando se realizó un ensayo después de hidrofobizar la arcilla con 0,7 kg/t (1,4 lb/ton) de hidrocioruro de dodecilamonio a pH 9,3, la humedad se redujo a 32,3%. El tiempo de formación de la torta era de 13,4 minutos. Cuando la hidrofobicidad fue mejorada usando cantidades variables de aceite de girasol, la humedad se redujo además, tal como se muestra en la Tabla 2. A 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de girasol, el contenido de humedad se redujo a 22,4% y el tiempo de formación de la torta a 10,5 minutos. El lípido fue usado como una solución al 33% en aceite diesel.

TABLA 2

Efecto del uso de aceite de girasol en la deshidratación de arcilla caolín de Georgia central

Dosis de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)	Tiempo de formación de torta (Min.)
0 (0)	32,3	13,4
0,5 (1)	27,6	12,2
1,0 (2)	24,0	11,3
1,5 (3)	22,4	10,5

Ejemplo 3

Una muestra de carbón bituminoso de Blackwater Mine, Australia, fue sometida a una serie de ensayos de filtración a vacío en laboratorio. La muestra era un producto de flotación y fue recibida en forma de una suspensión acuosa. Debido a que los carbones bituminosos son hidrófobos naturales, los ensayos fueron realizados sin la hidrofobización inicial. Sin embargo, la reducción de humedad era relativamente pobre, mas probablemente debido a la oxidación superficial de la muestra durante el transporte. Como un medio de retirar el producto de oxidación de la superficie y recuperar, de esta manera, su hidrofobicidad, la muestra de carbón fue molida en húmedo durante 1,5 minutos y fue re-flotada usando un paquete de reactivo estándar (es decir, 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno como colector y 0,1 kg/t (2 lb/ton) de metilisobutilcarbinol (MIBC) como espumante). Puede considerarse que el procedimiento de molido y flotación es la primera etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención.

A continuación, el producto de flotación fue acondicionado durante dos minutos con varios reactivos que pueden incrementar adicionalmente su hidrofobicidad y, de esta manera, mejorar la deshidratación. Se usaron tres reactivos diferentes como reactivos de mejora de la hidrofobicidad y se compararon los resultados. Estos incluyen un lípido vegetal (aceite de soja), aceite diesel y mezclas de los dos. Después de la segunda etapa de hidrofobización, la muestra de carbón fue sometida a una serie de ensayos de filtración a vacío usando un embudo Buchner de 6,35 mm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 635 mm (25 pulgadas) de Hg de presión de vacío, 1,14 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. La Tabla 3 compara los resultados. Un ensayo de control, en el que no se empleó la segunda etapa de hidrofobización, proporcionó una humedad de la torta de 25,2%. Usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de aceite de soja en la segunda etapa de hidrofobización, la humedad se redujo a 20,2%. A dosificaciones más altas del reactivo, no se obtuvieron mejoras adicionales en la reducción de la humedad. El uso de aceite diesel en la segunda etapa de hidrofobización proporcionó resultados similares. Usando mezclas 1:2 de los dos aceites proporcionó grados mayores de reducciones de humedad. En este caso, las dosificaciones de reactivo proporcionadas en la primera columna de la Tabla 3 se refieren a las dosificaciones de aceite de soja (ingrediente activo) sólo, en vez de la suma de los dos aceites. Puede sugerirse, por lo tanto, que el comportamiento de 0,5 kg/t (1 lb/ton) de la mezcla debería compararse con el comportamiento de 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de girasol sólo o aceite diesel sólo. Obsérvese, sin embargo, que las mezclas de aceite de soja-aceite diesel superaron tanto al aceite de soja como al aceite de girasol individualmente incluso cuando se compararon en base a las cantidades totales de los reactivos usados en los experimentos de filtración. Por ejemplo, el uso de una mezcla de 0,5 kg/t (1 lb/ton) de aceite de soja y 1 kg/t (2 lb/ton) de aceite diesel proporcionó 17,1% de humedad, mientras que 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de soja sólo y aceite diesel sólo proporcionó 20,5 y 20,1% de humedad de la torta, respectivamente. De esta manera, existe un efecto sinérgico usando la mezcla. La sinergia incrementó con dosificaciones crecientes de reactivo. Tal como se muestra en la Tabla 3, el incremento continuado en las dosificaciones de aceite de soja sólo y aceite de girasol sólo no redujo considerablemente la humedad de la torta, mientras que un incremento en las dosificaciones de las mezclas de aceite de soja-aceite diesel mejoró sustancialmente la reducción de la humedad. A 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de soja como ingrediente activo, la humedad de la torta se redujo a un valor tan bajo como 14,3%. Desde un punto de vista práctico, el aceite diesel es sustancialmente más barato que el aceite de soja; por lo tanto, puede considerarse el uso de aceite mineral como un facilitador de bajo costo, que puede mejorar considerablemente el comportamiento del lípido, es decir, el aceite de soja.

Las razones del efecto sinérgico no están claras. Es posible que los triacilglicerol presentes en el aceite de soja actúen como moléculas tensoactivas grandes con un grupo de cabeza (glicerol) y tres colas hidrocarbonadas. Debido a que son insolubles en agua, formarán grandes glóbulos en agua y actuarían como un aceite de hidrocarburos, justo como el aceite diesel. Cuando el aceite de soja y el aceite diesel se usan juntos, sin embargo, este último sirve como un solvente para los triacilglicerol y ayuda a distribuirlos homogéneamente en la superficie de las partículas de carbón. Los triacilglicerol pueden ser absorbidos en la superficie del carbón mediante interacción hidrófoba, y pueden mejorar su hidrofobicidad. Los ángulos de contacto pueden incrementarse hasta cerca de 90° o a más de 90°, lo que conduce a conseguir altos grados de reducción de humedad. Otra posible explicación puede ser que los triacilglicerol presentes en el aceite de soja facilitan la propagación del aceite diesel en el carbón. Esto puede conseguirse si el tensoactivo puede reducir las tensiones superficiales en los interfaces aceite diesel/agua y aceite/carbón, mientras incrementa la tensión superficial en el interfaz sólido/agua. Los resultados netos de los dos posibles mecanismos son los mismos, es decir, la hidrofobicidad del carbón incrementa con el uso combinado de un lípido de origen vegetal y un aceite de hidrocarburos ligeros.

55

60

65

ES 2 335 384 T3

TABLA 3

Efecto sinérgico del uso de aceite de soja y aceite diesel para el filtrado en vacío de una muestra de carbón Blackwater (0,85 mm x 0)

5

Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
	Aceite de soja	Aceite diesel	Combinación ¹
0 (0)	25,8	25,8	25,8
0,5 (1)	20,2	22,5	17,1
1,0 (2)	19,6	20,8	15,5
1,5 (3)	20,5	20,1	14,3
2,5 (5)	21,5	19,7	13,7
3,5 (7)	20,9	19,9	14,4

15

20

¹ parte de aceite de soja mezclada con 2 partes de aceite diesel en volumen; Las dosificaciones de reactivos para la combinación se refieren a aceite de soja sólo.

25

Ejemplo 4

30

35

40

45

Una muestra de carbón grueso de Pittsburgh de un separador de medio denso fue pulverizada mediante una trituradora de mordaza y una trituradora de rodillo, y a continuación fue molida en húmedo en un molino de bolas. La ventaja de usar una muestra de carbón pulverizada fresca puede ser que se minimiza el efecto dañino de la oxidación de la superficie. El producto del molino de bolas fue tamizado a 0,5 mm, y el bajo flujo del tamiz fue sometido a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC. Puede considerarse que el procedimiento de flotación es la primera etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención. El producto fue sometido a una segunda etapa de hidrofobización, en la que se usó un lípido (aceite de soja) como reactivo mejorador de hidrofobicidad. Debido a que los lípidos son insolubles en agua, puede ser beneficioso usarlos en conjunción con varios solventes. En este ejemplo, se usaron varios aceites de hidrocarburos ligeros y un alcohol de cadena corta. Los ensayos de filtración se realizaron usando un filtro de vacío de 6,35 cm (2,5 pulgadas), a 1,14 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta, 2 minutos de tiempo de ciclo de secado, y 635 mm (25 pulgadas) de grosor de torta. Los resultados se proporcionan en la Tabla 4. Con la muestra de carbón particular usada en este ejemplo, los aceites minerales proporcionaron mejores resultados que el butanol. El aceite de soja disuelve mejor el primero. Por otra parte, el butanol es soluble en agua, mientras que los aceites minerales no lo son. Por lo tanto, no está claro qué hace que el aceite de soja sea mejor solvente.

TABLA 4

Efectos del uso de aceite de soja como adyuvante de deshidratación en varios solventes en la filtración a vacío de una muestra de carbón Pittsburgh (0,5 mm x 0)

50

55

60

65

Dosis de reactivo kg/t (lb/ton)	Humedad de la torta (% en peso)				
	Aceite diesel	Queroseno	Fuel oil No. 4	Gasolina	Butanol
0 (0)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
0,5 (1)	16,8	17,0	17,5	17,6	29,8
1,5 (3)	14,3	14,4	15,4	16,1	18,6
2,5 (5)	13,7	13,5	14,7	14,8	17,1

ES 2 335 384 T3

Ejemplo 5

Un producto de flotación de Peak Downs Mine, Australia, fue recibido en forma de suspensión acuosa. La muestra se oxidó superficialmente durante el transporte. Por lo tanto, fue molida en húmedo en un molino de bolas durante 1,5 minutos y fue re-flotada usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC. El producto de flotación fue acondicionado con un lípido de origen animal (aceite de pescado) para mejorar su hidrofobicidad. El lípido se usó como un solución al 33,3% en aceite diesel. La muestra de carbón acondicionada fue sometida a una serie de ensayos de filtración a 200 kPa de presión de aire y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. Los resultados se proporcionan en la Tabla 5. A 0,64 cm (0,24 pulgadas) de grosor de torta y 2,5 kg/t (5 lb/ton) de aceite de pescado, la humedad se redujo de 23,4 a 9,4%, lo cual representa una reducción de humedad del 59,8%. A dosificaciones de reactivo más bajas y grosores de torta mayores, la reducción de humedad se hizo menos sustancial.

TABLA 5

Efectos del uso de aceite de pescado en la filtración de una muestra de carbón (0,6 mm x 0) de Peak Downs Mine, Australia, a 200 kPa de presión de aire

Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
	Grosor de la torta (pulgadas) cm		
	(0,25) 0,64	(0,50) 1,27	(0,85) 2,16
0 (0)	23,4	25,8	26,7
0,5 (1)	14,8	16,2	18,8
1,5 (3)	10,1	13,7	17,2
2,5 (5)	9,4	12,4	15,6

Ejemplo 6

La Tabla 6 muestra los resultados de los ensayos de filtración a vacío realizados sobre una muestra de carbón Pittsburgh usando aceite de pescado como adyuvante de deshidratación. Se usó como una mezcla 1:2 en volumen con aceite diesel. La muestra de carbón era un producto medio denso, que fue pulverizada, molida en molino de bolas y tamizada a 0,5 mm. El bajo flujo del tamizado fue sometido a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC antes de la filtración. Los ensayos de filtración se realizaron usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 635 mm (25 pulgadas) de Hg de presión de vacío y 1,14 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta. A 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de pescado, la humedad se redujo de 28,2 a 15,4%.

También se muestran en la tabla los ángulos de contacto de equilibrio de la muestra de carbón Pittsburgh tratada bajo diferentes condiciones de reactivo. En ausencia de reactivo, la muestra de carbón proporcionó un ángulo de contacto de solo 12°, lo cual debería generar presiones capilares relativamente altas y, por lo tanto, una humedad de torta alta. A 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno, el ángulo de contacto se incrementó a 44°. Según la ecuación de Laplace, el incremento en el ángulo de contacto de 12° a 44° debería reducir la presión capilar en 1,36 veces, lo cual puede ser responsable de la modesta reducción en la humedad de la torta de 28,2 a 24,9%. Estos resultados pueden considerarse como la consecuencia de la primera etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención. En presencia de aceite de pescado, el ángulo de contacto incrementó a cerca de 90°, tal como se muestra en la Tabla 6. A 1 kg/t (2 lb/ton), incrementó a 86°, lo cual debería reducir la presión capilar en 14 veces, comparada con el caso del carbón no tratado. Dicha gran reducción en la presión capilar puede ser responsable de la reducción sustancial en humedad de 28,2 a 16,2%. Los resultados obtenidos después de acondicionar con aceite de pescado pueden ser considerados como la consecuencia de la segunda etapa de hidrofobización divulgada en la presente invención. La Tabla 6 muestra también las tensiones superficiales de los filtrados. La reducción en la tensión superficial con adición creciente de reactivo puede ser otro factor en la reducción observada en la humedad de la torta.

ES 2 335 384 T3

TABLA 6

Efectos del queroseno y el aceite de pescado sobre el ángulo de contacto de una muestra de carbón Pittsburgh, tensión superficial del filtrado y humedad de la torta final

Reactivos añadidos	Dosificaciones de reactivos kg/t (lb/ton)	Ángulo de contacto (Grados)	de Tensión superficial filtrado (mN/m)	Contenido de humedad (% en peso)
Ninguno	0 (0)	12	71	28,2
Queroseno	0,5 (1)	44	69	24,9
Aceite de pescado	0,5 (1)	73	65	18,4
	1,0 (2)	86	62	16,2
	1,5 (3)	89	63	15,4
	2,5 (5)	91	56	15,5

Ejemplo 7

Los diversos lípidos de orígenes vegetal y animal deberían trabajar con cualquier sólido moderadamente hidrófobo. Por lo tanto, los ensayos de filtración fueron realizados sobre un concentrado de zinc (esfalerita) (0,105 mm x 0) obtenido mediante flotación. La muestra fue recibida desde una mina de zinc en Europa. Sin embargo, se encontró que la muestra se oxidó superficialmente durante el suministro. Por lo tanto, la muestra fue re-flotada usando 0,05 kg/t (0,1 lb/ton) de isopropil xantato de sodio y 0,075 kg/t (0,15 lb/ton) de MIBC como un medio de regeneración de la superficie hidrófoba fresca. Los ensayos de filtración fueron realizados usando un filtro de presión de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a una presión de aire de 100 kPa y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. Los ensayos fueron realizados a varias dosificaciones de un lípido (aceite de pescado) y grosor de la torta. Una parte en volumen del aceite de pescado fue mezclada con 2 partes de aceite diesel antes del uso. A 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de pescado, las reducciones de humedad fueron de 46, 43 y 41% a 0,51 (0,2), 0,76 (0,3) y 1,52 cm (0,6 pulgadas) de grosor de torta, respectivamente. A 2,5 kg/t (5 lb/ton), las reducciones de humedad no mejoraron mucho más.

TABLA 7

Efectos del uso de aceite de pescado para la filtración de un concentrado de zinc a 100 kPa de presión de aire

Dosis de reactivo kg/t (lbs/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
	Grosor de la torta (pulgadas) cm		
	(0,2) 0,51	(0,3) 0,76	(0,6) 1,52
0 (0)	13,7	14,6	17,3
0,5 (1)	8,7	9,5	11,8
1,5 (3)	7,4	8,3	10,2
2,5 (5)	7,6	8,2	9,8

Ejemplo 8

Como otro ejemplo, se usó aceite de soja como adyuvante de deshidratación para un concentrado de cobre (calcopirita) (150 mm x 0). El lípido se usó como una solución al 33,3% en aceite diesel. La muestra era un producto de flotación, que se oxidó superficialmente durante el transporte. Como medio para regenerar las superficies hidrófobas, la muestra fue molida en húmedo en un molino de bolas y fue re-flotada usando 0,05 kg/t (0,1 lb/ton) de isopropil xantato de sodio y 55 g/t (50 g/ton) de MIBC. El producto de flotación fue sometido a ensayos de filtración a vacío usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas), a 635 mm (25 pulgadas) de Hg y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. Los % de las reducciones de humedad fueron de 55, 43 y 43,4% a 0,38 (0,15), 0,76 (0,3) y 1,52 cm (0,6 pulgadas) de grosor de torta, respectivamente. Las adiciones de reactivo superiores a 1,5 kg/t (3 lb/ton) no aumentaron considerablemente la reducción de humedad. Estos resultados son comparables a los obtenidos en la planta usando un filtro de alta presión seguido por un secador térmico.

ES 2 335 384 T3

TABLA 8

Efectos del uso de aceite de soja para la filtración a vacío de un concentrado de cobre

	Dosis de reactivo	Contenido de humedad (% en peso)		
	kg/t (lb/ton)	Grosor de torta (pulgadas) cm		
		(0,15) 0,38	(0,30) 0,76	(0,60) 1,52
5	0 (0)	9,8	10,7	12,2
10	0,5 (1)	5,7	6,7	8,3
15	1,0 (2)	4,9	6,4	7,2
	1,5 (3)	4,4	6,1	6,9
20	2,5 (5)	4,1	5,8	6,7

Ejemplo 9

(No un ejemplo de la presente invención)

25 La Tabla 9 muestra un conjunto de ensayos de filtración a vacío realizados sobre una muestra de carbón bituminoso (0,6 mm x 0) de Elkview Mine, British Columbia, Canadá. La muestra fue recibida en forma de suspensión acuosa y fue usada tal como se recibió. Los ensayos se realizaron usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 635 mm (25 pulgadas) de Hg de presión de vacío, con 2 minutos de tiempo de ciclo de secado y 1,02 cm (0,4 pulgadas) de grosor de torta. Se usaron tres aceites vegetales diferentes como adyuvantes de deshidratación y se compararon los resultados. Estos aceites se usaron como soluciones al 10% en butanol. Tanto el aceite de sésamo como el aceite de cacahuete redujeron la humedad de la torta en aproximadamente el 50% a 1 kg/t (2 lb/ton) de adición de reactivo

TABLA 9

Efectos del uso de aceites vegetales diferentes para la filtración a vacío de carbón Elkview

	Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
		Aceite de sésamo	Aceite de cacahuete	de Aceite de maíz
40	0 (0)	24,4	24,4	24,4
45	0,25 (0,5)	14,1	14,4	15,6
50	0,5 (1)	13,3	13,5	15,8
	1,0 (2)	12,0	12,6	14,6
55	1,5 (3)	11,9	11,9	14,2

Ejemplo 10

60 Un producto de flotación (0,85 mm x 0) de Massey Coal Company, West Virginia, fue usado para ensayos de filtración, en los que se usó un filtro de presión de diámetro 6,35 cm (2,5 pulgadas), a 200 kPa de presión de aire y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. La muestra de carbón fue molida en húmedo en un molino de bolas durante 1,5 minutos y fue re-flotada usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC. Se usaron cantidades variables de aceite de coco a diferentes grosores de torta. Se usó como una mezcla 1:2 con aceite diesel. Las reducciones de humedad fueron de 64,7, 58,5 y 51,2% a 0,51 (0,2), 1,02 (0,4) y 2,03 cm (0,8 pulgadas) de grosor de torta, respectivamente.

65

ES 2 335 384 T3

TABLA 10

Efectos del uso de aceite de coco para la filtración de un carbón bituminoso a 200 kPa de presión de aire

	Contenido de humedad (% en peso)		
	Grosor de torta (pulgadas) cm		
Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	(0,2) 0,51	(0,4) 1,02	(0,8) 2,03
0 (0)	21,8	23,4	24,8
0,5 (1)	12,4	14,2	16,2
1,0 (2)	10,1	11,9	14,5
1,5 (3)	9,0	10,4	12,8
2,5 (5)	7,7	9,7	12,1

Ejemplo 11

Los adyuvantes de deshidratación divulgados en la presente invención trabajan bien con partículas hidrófobas. El talco es un mineral hidrófobo natural que se usa para una serie de aplicaciones incluyendo revestimiento de papel y retirada de materiales pegajosos de la pulpa de madera. La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos en una serie de ensayos de filtración realizados usando aceite de girasol como adyuvante de deshidratación. El reactivo fue usado como una solución al 33,3% en aceite diesel. Los ensayos fueron realizados usando un filtro de presión de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 200 kPa de presión de aire y 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. La muestra fue recibida de Luzenac América, y fue sometida a flotación usando 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC justo antes de la filtración. Se consiguieron reducciones de humedad mejores de 50% a 0,51 (0,2) y 1,02 cm (0,4 pulgadas) de grosor de torta. A 2,03 cm (0,8 pulgadas) de grosor de torta, la humedad se redujo de 28,4% a 16,3% usando 2,5 kg/t (5 lb/ton) de aceite de girasol.

TABLA 11

Efectos del uso de aceite de girasol para la filtración de una muestra de talco (0,15 mm x 0) a 200 kPa de presión de aire

	Contenido de humedad (% en peso)		
	Grosor de torta (pulgadas) cm		
Dosis de reactivo kg/t (lbs/ton)	(0,2) 0,51	(0,4) 1,02	(0,8) 2,03
0 (0)	25,2	26,9	28,4
0,5 (1)	14,2	17,3	18,9
1,5 (3)	12,6	14,7	7,5
2,5 (5)	11,8	13,4	16,3

Ejemplo 12

En este ejemplo, un producto espiral claro fue molido en húmedo en un molino de bolas. Las fracciones más finas (0,85 mm x 0) fueron sometidas a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC como medio de hidrofobización inicial. La hidrofobicidad del producto de flotación fue mejorada usando un lípido de origen animal (manteca de cerdo) y, a continuación, fue sometido a ensayos de filtración. Se realizaron dos conjuntos de ensayos a 100 y 200 kPa de presión de aire. Se usaron cantidades variables del lípido como soluciones al 25% en aceite diesel. Los ensayos se realizaron usando un filtro de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro a 2 minutos de tiempo de ciclo de secado. Tal como se muestra en la Tabla 12, el aceite de manteca de cerdo trabaja bien como adyuvante de deshidratación. La reducción de la humedad mejora con presión de aire y dosis de reactivo crecientes. Se obtuvieron reducciones de humedad de 50 a 60% a menor grosor de torta y a mayor presión de aire. Incluso con la torta más gruesa, se obtuvieron reducciones de humedad que se aproximaban al 50% a dosificaciones de reactivo más altas.

ES 2 335 384 T3

TABLA 12

Efectos del uso de aceite de manteca de cerdo para la filtración de una muestra de carbón Massey de 0,85 mm x 0 a 100 y 200 kPa de presión de aire

	Presión aplicada (kPa)	Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
			Grosor de torta (pulgada) cm		
			(0,2) 0,51	(0,4) 1,02	(0,8) 2,03
	100	0 (0)	24,6	26,4	27,1
		0,5 (1)	14,0	16,3	19,1
		1,5 (3)	12,3	14,1	15,2
	200	0 (0)	22,4	24,1	25,4
		0,5 (1)	10,8	12,6	14,3
		1,5 (3)	8,7	10,8	12,8

Ejemplo 13

En este ejemplo, una parte en volumen de aceite de girasol fue mezclada con una parte de monooleato de sorbitán (Span 80) y cuatro partes de aceite diesel y se usó como adyuvante de deshidratación. El número HLB del monooleato de sorbitán es 4,3; por lo tanto, se mezcla bien con los otros dos componentes. Los ensayos de deshidratación se realizaron sobre una muestra de carbón bituminoso de Massey Coal Company, West Virginia. Era un producto medio denso, que fue fracturado, molido y tamizado para obtener una fracción de 0,6 mm x 0, que fue sometida a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 110 g/t (100 g/ton) de MIBC. Los ensayos de deshidratación se realizaron usando un filtro de presión de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 150 kPa de presión de aire, a 2 minutos de tiempo de ciclo de presión y 1,27 cm (0,5 pulgadas) de grosor de torta. Los ensayos se realizaron mediante dosificaciones de reactivo variables.

Los resultados obtenidos con la mezcla de aceite de girasol-monooleato de sorbitán fueron comparados con los obtenidos con sus componentes individuales. El aceite de girasol proporcionó resultados considerablemente inferiores a los obtenidos con monooleato de sorbitán. Sin embargo, los resultados obtenidos con una mezcla de los dos fueron comparables a los obtenidos con monooleato de sorbitán. Este descubrimiento sugiere que la mezcla de un lípido apropiado y un tensoactivo de HLB bajo proporciona un medio para reducir el costo de reactivo, ya que el primero es más barato que el último.

TABLA 13

Efectos del uso de una mezcla aceite de girasol-monooleato de sorbitán para la filtración de una muestra de carbón bituminoso a 150 kPa de presión de aire

	Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Contenido de humedad (% en peso)		
		Aceite de girasol	Monooleato de sorbitán	de Combinación
	0 (0)	25,7	25,7	25,7
	0,5 (1)	16,2	13,4	13,0
	1,0 (2)	14,2	10,3	10,4
	1,5 (3)	12,0	9,5	9,3
	2,5 (5)	11,7	9,0	8,7

Ejemplo 14

Aunque los resultados obtenidos usando los adyuvantes de deshidratación divulgados en la presente invención produjeron resultados muy superiores a los obtenibles usando adyuvantes de deshidratación convencionales, su efectividad decrece con el grosor de torta creciente. Esto es probablemente un reflejo de la dificultad en el transporte de las moléculas de agua liberadas por los adyuvantes de deshidratación divulgados en la presente invención a través de la torta de filtrado. Una solución del problema puede ser aplicar una vibración mecánica a la torta de filtrado durante el tiempo de ciclo de secado. La Tabla 14 muestra los resultados obtenidos, con y sin el uso de vibración, cuando se usó aceite de girasol como adyuvante de deshidratación para la filtración de una muestra de carbón (0,6 mm x 0) de Virginia. El reactivo fue usado como una solución al 33,3% en aceite diesel. La muestra de carbón era un producto medio denso, que fue fracturado, molido y sometido a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC. Los experimentos de filtración fueron realizados usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 635 mm (25 pulgadas) de Hg de presión de vacío. Se colocó una sonda ultrasónica en la parte cónica del embudo Buchner durante el tiempo de ciclo de secado de 5 minutos. Cuando se aplicó la vibración sin el adyuvante de deshidratación, la humedad de la torta fue reducida de 22,6 a 19,2%. Cuando se usó 1 kg/t (2 lb/ton) del adyuvante de deshidratación en conjunción con la vibración, la humedad de la torta se redujo a 9,2%, a 1,02 cm (0,4 pulgadas) de grosor de la torta. A 2,5 kg/t (5 lb/ton), la humedad se redujo hasta el 7,7%.

TABLA 14

Efectos de la vibración sobre la filtración de un carbón Virginia usando aceite de girasol como adyuvante de deshidratación

Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Humedad de la torta (% en peso)			
	Grosor de la torta (pulgadas) cm (0,2) 0,51		(0,4) 1,02	
	Sin vibración	Con vibración	Sin vibración	Con vibración
0 (0)	19,6	16,1	22,6	19,2
0,5 (1)	12,5	10,7	14,3	10,7
1,0 (2)	10,2	7,3	12,6	9,2
1,5 (3)	9,6	6,0	12,0	8,3
2,5 (5)	8,2	4,8	11,7	7,7

Ejemplo 15

Se usan varios tensoactivos para reducir la tensión superficial del agua que debe ser retirada mediante filtración. Según la ecuación de Laplace, esto debería reducir la presión del agua atrapada en los capilares presentes en una torta de filtrado y, de esta manera, debería ayudar a reducir la humedad de la torta residual. Debería notarse, sin embargo, que la mayor parte del agua es retirada fácilmente durante el tiempo de formación de la torta o a través de los capilares más grandes presentes en la torta. En este sentido, la cantidad del reactivo disuelto en la parte del agua que es retirada fácilmente puede considerarse como un desperdicio. Sería más económico añadir el reactivo después de que se haya formado una torta. Esto servirá como medio para añadir el reactivo cuando se necesita realmente.

En este ejemplo, se realizaron una serie de ensayos pulverizando butanol directamente sobre una torta de filtrado. Se añadió aproximadamente 1 kg/t (2 lb/ton) del reactivo inmediatamente después del tiempo de formación de la torta. La tensión superficial del butanol es de 20,6 mN/m a 20°C, que es muy inferior a la del agua. Por lo tanto, el papel del butanol puede ser el de reducir la tensión superficial del agua atrapada en los capilares más finos. La muestra de carbón usada en este ejemplo era un producto medio denso Middle Fork, que fue triturado, molido y sometido a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb) de queroseno y 0,075 kg/t (0,15 lb/ton) de MIBC. El producto de flotación fue acondicionado con cantidades variables de un lípido (aceite de girasol) previamente a la filtración. Los ensayos de filtración se realizaron usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 635 mm (25 pulgadas) de Hg de presión de vacío, 2 minutos de tiempo de ciclo de secado y 1,65 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta. Tal como se muestra en la Tabla 15, la técnica de pulverización redujo la humedad de la torta entre un 4 y un 5% más de los que se puede conseguir usando el lípido como reactivo mejorador de la hidrofobicidad. De esta manera, la técnica de usar lípidos y pulverización de butanol proporciona un medio de conseguir profundas reducciones de humedad. Cualquier otro reactivo reductor de la tensión superficial puede ser pulverizado en vez del butanol usado en este ejemplo. Debería tenerse cuidado, sin embargo, de no usar los tensoactivos que pueden amortiguar la hidrofobicidad de las partículas a deshidratar.

ES 2 335 384 T3

TABLA 15

Efectos de combinar las técnicas de usar aceite de girasol y pulverización de butanol para conseguir profundas reducciones de humedad a 1,65 cm (0,45 pulgadas) de grosor de torta

5

	Dosis de reactivo (lb/ton)	kg/t	Contenido de humedad (% en peso)	
			Sin pulverización	Con pulverización
10	0 (0)		22,2	18,0
	0,5 (1)		15,3	11,2
15	1,0 (2)		13,2	9,4
	1,5 (3)		12,7	8,3
	2,5 (5)		12,5	7,6

20

Ejemplo 16

25 Es el objetivo del presente ejemplo demostrar que combinando los procedimientos de usar un lípido para mejorar la hidrofobicidad y de pulverizar butanol para reducir la tensión superficial pueden conseguirse profundas reducciones de humedad a un gran grosor de torta. Los ensayos de filtración a vacío fueron realizados sobre una muestra de carbón bituminoso de Massey Coal Company, West Virginia, a un grosor de torta de 3,56 (1,4 pulgadas). La muestra de carbón era un producto medio denso, que fue triturado, molido y tamizado para obtener una fracción de 0,6 mm x 0. El bajo flujo del tamiz fue sometido a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,075 kg/t (0,15 lb/ton) de MIBC.

30 Los ensayos de filtración fueron realizados usando un embudo Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, con una altura de 16,5 cm (6,5 pulgadas), a una presión de vacío de 635 mm (25 pulgadas) de Hg y un tiempo de ciclo de secado de 2 minutos. El ensayo de control, que fue realizado sobre el producto de flotación sin lípido ni pulverización de butanol, proporcionó una humedad de torta del 25,8%, tal como se muestra en la Tabla 16. A 1,5 kg/t (3 lb/ton) de aceite de girasol y 1 kg/t (2 lb/ton) de pulverización de butanol, la humedad de la torta se redujo de 25,8 a 13%.

35

TABLA 16

Efectos de combinar las técnicas de usar aceite de girasol y pulverización de butanol para conseguir profundas reducciones de humedad a un grosor de torta de 3,56 cm (1,4 pulgadas)

40

	Dosis de reactivo (lbs/ton)	kg/t	Contenido de humedad (% en peso)	
			Sin pulverización	Pulverización de butanol
45	0 (0)		25,8	22,5
	0,5 (1)		19,6	16,5
50	1,0 (2)		17,4	14,2
	1,5 (3)		16,5	13,0
	2,5 (5)		15,8	12,7

55

Ejemplo 17

60 Se realizó una observación bastante sorprendente cuando se usaron iones de aluminio (Al^{3+}) en conjunción con los adyuvantes de deshidratación divulgados en la presente invención. Se ha descubierto que en presencia del coagulante bien conocido para las partículas cargadas negativamente, las cantidades de lípidos requeridas para conseguir las humedades de torta deseadas se redujeron considerablemente. La segunda columna y la tercera columna de la Tabla 17 comparan los resultados obtenidos usando o sin usar iones Al^{3+} antes de la filtración. En cada experimento, se

65 acondicionó una suspensión acuosa de carbón en presencia de 0,01 kg/t (0,02 lb/ton) de cloruro de aluminio durante 2 minutos antes de añadir la cantidad deseada de aceite de girasol. La muestra de carbón era un producto medio denso de la planta de preparación de carbón Middle Fork, Virginia. Fue triturada, molida y tamizada para obtener una fracción

ES 2 335 384 T3

de 0,6 mm x 0, que fue sometida a flotación usando 0,5 kg/t (1 lb/ton) de queroseno y 0,1 kg/t (0,2 lb/ton) de MIBC. El producto de flotación fue filtrado usando un filtro Buchner de 6,35 cm (2,5 pulgadas) de diámetro, a 1,70 cm (0,67 pulgadas) de grosor de torta y un tiempo de ciclo de secado de 5 minutos. Tal como se muestra, la humedad de torta conseguida usando ambos iones de Al^{3+} y un lípido (aceite de girasol) son muy inferiores a las del caso en el que se usa el último sólo. Consecuentemente, la cantidad de aceite de girasol requerida para conseguir un determinado nivel de humedad de torta se redujo sustancialmente en presencia de iones de Al^{3+} . Por ejemplo, se necesitaron 2,5 kg/t (5 lb/ton) de aceite de girasol para conseguir una humedad de la torta del 12,3% en ausencia de iones de Al^{3+} . En presencia de iones de Al^{3+} , sin embargo, solo se necesitaron 0,25 kg/t (0,5 lb/ton) de aceite de girasol para conseguir una humedad de torta del 12,6%. Cuando se pulverizó 1 kg/t (2 lb/ton) de butanol, la deshidratación se hizo todavía más efectiva: la cantidad de aceite de girasol requerida para conseguir una humedad de torta del 12,3% se redujo adicionalmente a 0,125 kg/t (0,25 lb/ton), tal como se muestra en la tercera columna de la Tabla 16.

La deshidratación se hizo todavía más eficiente cuando la torta de filtrado fue sometida a vibración durante el tiempo de ciclo de secado de 5 minutos. Tal como se muestra en la última columna de la Tabla 17, la humedad de la torta se redujo a 10,3% a 0,125 kg/t (0,25 lb/ton) de aceite de girasol. A mayores dosificaciones de aceite de girasol, se obtuvieron humedades de torta de un solo dígito. De esta manera, las combinaciones apropiadas de: i) usar los adyuvantes de deshidratación divulgados en la presente invención, ii) acondicionar la suspensión acuosa con cationes trivalentes (o divalentes), iii) pulverizar un agente o unos agentes reductores de tensión superficial apropiados durante el tiempo del ciclo de secado, y iv) aplicar vibración mecánica durante el tiempo de ciclo de secado, puede ayudar a conseguir profundos niveles de reducción de humedad usando pequeñas cantidades de lípidos como adyuvantes de deshidratación.

TABLA 17

Efectos de combinar las técnicas de usar aceite de girasol, iones Al^{3+} , pulverizar butanol y vibración para conseguir profundas reducciones de humedad a un grosor de torta de 1,70 cm (0,67 pulgadas)

Adición de reactivo kg/t (lb/ton)	Humedad de la torta (% en peso)			
	Ninguno	Ion Al^{3+}	iones Al^{3+} y pulverización de butanol	iones Al^{3+} , pulverización de butanol y vibración
0 (0)	23,8	20,4	18,8	17,0
0,125 (0,25)	17,1	14,3	12,3	10,4
0,25 (0,5)	16,3	12,6	10,7	8,7
0,5 (1)	14,4	12,7	9,5	7,5
1,0 (2)	13,7	11,2	9,1	7,1
1,5 (3)	13,1	10,9	8,8	6,8
2,5 (5)	12,3	10,8	8,5	6,2

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de deshidratación de una suspensión acuosa de material particulado fino que es más pequeño que 2 mm de diámetro, cuyo procedimiento comprende las etapas de:
- i) convertir el material particulado fino en moderadamente hidrófobo incrementando su ángulo de contacto al intervalo de 25° a 60° en una etapa de hidrofobización inicial,
 - ii) añadir un lípido disuelto en un solvente apropiado o mezclas de solventes,
 - iii) agitar la solución acuosa para permitir que las moléculas lipídicas sean absorbidas en la superficie del material moderadamente hidrófobo, de manera que se mejore su hidrofobicidad y se incremente el ángulo de contacto por encima de 60°, y a continuación
 - iv) someter la suspensión acuosa acondicionada que contiene el material particulado, cuyo ángulo de contacto de agua ha sido incrementado, a un procedimiento mecánico de deshidratación adecuado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la hidrofobización inicial en (i) se consigue usando colectores y tensoactivos apropiados.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de hidrofobización inicial (i) implica crear superficies frescas mediante pulverización y/o desgaste, cuando el material particulado fino a deshidratar es carbón u otro material hidrófobo natural.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material particulado fino a deshidratar es un material cuya superficie se ha hecho menos hidrófoba debido al envejecimiento o a la oxidación superficial.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material particulado fino incluye minerales, carbón, pigmentos inorgánicos, plásticos, metales, polvos metálicos, ceniza volante y materiales biológicos.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho procedimiento mecánico de deshidratación adecuado incluye filtración a vacío, filtración a presión, filtración centrífuga y centrifugación.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el lípido es seleccionado de entre varios aceites vegetales, aceites de plantas, aceites de pescado y de animales, grasas, esteroides y ceras.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el lípido se mezcla con un tensoactivo no iónico de número de balance hidrófilo-lipófilo inferior a 15.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos solventes apropiados incluyen aceites de hidrocarburos ligeros, alcoholes de cadena corta y éteres.
10. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dichos tensoactivos apropiados son tensoactivos de HLB alto, cuyas cabezas polares pueden interactuar con la superficie de los materiales particulados.
11. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dichos colectores son tioles para metales y minerales sulfurados.
12. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que dichos colectores son aceites de hidrocarburos cuando el material particulado es carbón u otra sustancia hidrófoba natural.
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se añade un electrolito o una mezcla de electrolitos seleccionados de entre sales de aniones y cationes monovalentes, divalentes y trivalentes después de la etapa de hidrofobización inicial (i) y antes de la etapa (ii), de manera que la cantidad de lípidos requerida para conseguir una humedad deseada del material particulado se reduce sustancialmente.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que dichos electrolitos son las sales de los iones de aluminio.
15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, en el que los reactivos usados en la etapa (i) y la etapa (ii) y dicho electrolito o mezcla de electrolitos pueden añadirse en una única etapa.
16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el procedimiento mecánico de deshidratación adecuado es un procedimiento de filtración en el que la torta de filtrado es sometida a un medio vibrador apropiado, de manera que se consigue un mayor grado de reducción de humedad a un grosor de torta determinado.

ES 2 335 384 T3

17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que los medios vibradores apropiados incluyen medios ultrasónicos, mecánicos y acústicos.

5 18. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el procedimiento mecánico de deshidratación adecuado es un procedimiento de filtración en el que se añade un reactivo reductor de tensión superficial adecuado a la torta de filtrado, en forma de neblina fina o pulverización, de manera que se consigue un mayor nivel de reducción de humedad a un grosor de torta determinado.

10 19. Procedimiento según la reivindicación 18, en el que el agente reductor de tensión superficial adecuado es seleccionado de entre alcoholes de cadena corta, aceites de hidrocarburos ligeros y tensoactivos apropiados.

15 20. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en el que el procedimiento mecánico de deshidratación adecuado es un procedimiento de filtración en el que se añade un reactivo reductor de tensión superficial adecuado a la torta de filtrado, en forma de neblina fina o pulverización, y al mismo tiempo, la torta de filtrado es sometida a un medio vibrador apropiado, de manera que se consigue una reducción sustancial de humedad a un gran grosor de torta usando cantidades mínimas de reactivos.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65