

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 672**

51 Int. Cl.:

C04B 28/02 (2006.01)

C04B 28/04 (2006.01)

C04B 38/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2017** **E 17306552 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2020** **EP 3483131**

54 Título: **Procedimiento de producción de una espuma mineral obtenida a partir de una lechada espumante de un límite elástico elevado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2021

73 Titular/es:

HOLCIM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Grafenauweg 10
6300 Zug, CH

72 Inventor/es:

JEZEQUEL, PIERRE-HENRI;
DALAS, FLORENT;
LE-CHIEN, HOANG;
REBOUSSIN, SANDRINE;
CHERVIER, STÉPHANE;
MOUNIE, CYRIL y
BERNARD, FREDDY

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 863 672 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 de producción de una espuma mineral obtenida a partir de una lechada espumante de un límite elástico elevado

Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento continuo para producir una espuma mineral de baja densidad de excelente estabilidad. La espuma mineral de la presente invención es particularmente adecuada para colocarla sobre superficies verticales, por ejemplo como una capa de aislamiento térmico en paredes.

Antecedentes de la invención

La espuma mineral, asimismo denominada espuma de cemento, combina propiedades ventajosas tales como un peso específico muy bajo en comparación con el hormigón tradicional u otros materiales de construcción.

Comprende una red de burbujas más o menos distantes entre sí que son bolsas de gas contenidas en una envoltura sólida de aglutinante mineral. Debido a los poros o espacios vacíos que comprende, es un material significativamente más ligero que el hormigón tradicional. La espuma mineral se puede producir mezclando dos componentes líquidos, es decir, una lechada de cemento y un líquido que contiene un agente formador de gas, para obtener una lechada espumante que se expande para formar una lechada espumada y después fragua y se endurece para convertirse en dicha espuma mineral. La expansión es la consecuencia directa de la formación de burbujas al mezclar los dos líquidos.

La producción de espuma mineral implica una etapa de producción de lechada espumante que debe ser estable. El fraguado de la espuma líquida en espuma sólida es delicado. Por lo tanto, los fenómenos de desestabilización de las espumas durante el fraguado, tales como por ejemplo la coalescencia, la maduración de Ostwald o el drenaje, deben controlarse especialmente mediante el procedimiento de producción. Estas dificultades se agravan cuando el procedimiento de producción es un procedimiento continuo en el que el producto terminado se elabora de manera ininterrumpida. Sin embargo, los procedimientos de producción continuos se adaptan mejor a un entorno industrial, y se recomiendan en plantas o en lugares de trabajo.

De este modo, una de las dificultades en la producción continua de espumas minerales en un contexto industrial es producir una espuma estable que contrarreste estos fenómenos de desestabilización. Por producción continua, se hace referencia al mezclado continuo de los componentes líquidos mencionados anteriormente, es decir, la lechada de cemento y el líquido que contiene el agente formador de gas.

Además, cuando esta espuma mineral se utiliza como material aislante, es ventajoso que la lechada espumante pueda proyectarse sobre un soporte, en particular una superficie vertical. Entonces resulta esencial que la lechada espumante se adhiera a este soporte, y que permanezca integral con este soporte hasta su solidificación. De hecho, cuando la espuma se encuentra en estado líquido, puede fluir bajo el efecto de la gravedad, y es importante que una vez sobre su soporte, dicha espuma no fluya o no caiga bajo el efecto de la gravedad.

La lechada espumante puede continuar expandiéndose después de haber sido colocada sobre su soporte.

La solicitud de patente WO 2017/041189 describe un polvo adecuado para la producción de una espuma mineral que asimismo contiene partículas minerales hidrófobas. Sin embargo, no se especifica si el procedimiento puede ser continuo, o si la suspensión se puede proyectar en una pared. La densidad de la espuma mineral asimismo es mayor que 170 kg/m^3 .

La solicitud de patente EP2822913 describe un procedimiento de preparación de una espuma mineral mezclando una lechada de cemento y un líquido formador de gas, con un precursor de catalizador, y en el que el aglutinante es una mezcla de cemento y cal. Sin embargo, la densidad de la espuma mineral es de por lo menos 250 kg/m^3 .

La solicitud de patente WO 2016/102838 describe una espuma mineral preparada continuamente mezclando un líquido formador de gas y una lechada de cemento en presencia de precursores de catalizadores. Asimismo se incluyen las adiciones minerales con un ángulo de contacto específico (parcialmente hidrófobo). La densidad de la espuma mineral está comprendida entre 70 y 450 kg/m^3 . Sin embargo, cuando se aplica sobre una pared, el grosor de una capa de lechada espumada no puede exceder los 4 cm .

La presente invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento para la producción continua de espuma mineral en un contexto industrial, especialmente adecuada para su colocación en superficies verticales.

La presente invención asimismo tiene como objetivo proporcionar espumas minerales que tengan excelentes propiedades de estabilidad, así como excelentes propiedades térmicas, y en particular una conductividad térmica muy baja.

Siguiendo la presente invención, al mezclar la lechada de cemento y el líquido formador de gas, el agente formador de gas comienza a reaccionar para formar burbujas en la suspensión. Debido a las características específicas de la lechada de cemento y del líquido formador de gas usados en la presente invención, las burbujas que se forman en la lechada espumante no coalescen y permanecen distribuidas homogéneamente dentro de la lechada espumada resultante. El resultado inmediato es una lechada espumante que permanece estable hasta que el cemento fragua y se endurece, es decir, en la que las burbujas de aire se distribuyen homogéneamente en el volumen de la espuma de cemento. El resultado final es una espuma mineral de baja densidad, adecuada por ejemplo para aislar térmicamente edificios y elementos de construcción.

Las reologías específicas de la lechada de cemento, del líquido formador de gas, de la lechada espumante, y de la lechada espumada resultante son características críticas de la presente invención:

- la reología de la lechada de cemento se ajusta para facilitar el bombeo, y para mezclarla con el líquido formador de gas, ya que la mezcla debe homogeneizarse rápidamente. Esto se puede lograr ajustando la relación agua-cemento de la lechada de cemento, y mediante la selección de aditivos reductores de agua de uso común.
- una vez que se mezclan la lechada de cemento y el líquido formador de gas, la lechada espumante y la lechada espumada resultante se adaptan para tener un comportamiento reológico que evita la coalescencia de las burbujas de gas y no permite que las burbujas de gas se liberen antes que el fragüe el cemento.
- dado que una de las principales aplicaciones de la espuma mineral es su uso para aislar térmicamente superficies verticales, en particular paredes, el comportamiento reológico permite que la espuma se adhiera a la superficie sobre la que se aplica, y no fluya hacia abajo debido a su propio peso.

Todas estas características están fuertemente relacionadas con la viscosidad y el límite elástico ("yield stress") de la lechada de cemento, el líquido formador de gas y de la lechada espumada resultante.

Asimismo se descubrió sorprendentemente que la adición de un agente modificador de la viscosidad al líquido formador de gas da como resultado un aumento significativo del límite elástico de la lechada espumada, y asimismo ayuda a mantener una distribución pequeña de tamaño de burbuja en la espuma mineral, incluso a baja densidad. Esta última característica presenta un fuerte impacto en la reología de la lechada espumante, ya que una distribución de tamaño de partícula más pequeña de las burbujas aumenta la superficie aire-líquido dentro de la lechada espumada, lo que a su vez aumenta su límite elástico.

Asimismo se descubrió sorprendentemente que al usar sales de manganeso, y en particular cloruro de manganeso $MnCl_2$ como precursor de catalizador preferido, la reología de la lechada de cemento, la lechada espumante y la lechada espumada se mejoran para la aplicación deseada. Asimismo se descubrió que es óptimo para la cinética de la formación de burbujas de gas una vez que se mezclan la lechada de cemento y el líquido formador de gas.

Por tanto, el procedimiento según la invención logra las siguientes ventajas:

- la espuma mineral se produce de forma continua;
- la lechada espumante puede proyectarse y adherirse a un soporte, cualquiera que sea la posición de este soporte e independientemente de las fuerzas de gravedad;
- cuando se aplica sobre un soporte, el grosor de una capa de lechada espumada es de por lo menos 5 cm y puede ser particularmente de hasta 11 cm;
- la lechada espumante se puede aplicar en toda la altura de la pared en una sola etapa de aplicación;
- la densidad final (después del fraguado del cemento y secado de la espuma) de la espuma mineral es baja, es decir, comprendida entre 70 y 170 kg/m³.

Sumario de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para la producción continua de una espuma mineral de baja densidad, que comprende las siguientes etapas:

(i) preparar una lechada de cemento que comprende:

- cemento;
- partículas ultrafinas de las que el D50 está comprendido de 10 a 600 nm;

- un agente reductor de agua;
- sales de manganeso; y
- agua;

(ii) añadir a la lechada de cemento obtenida después de la etapa (i) un líquido formador de gas que comprende:

- un agente formador de gas; y
- un agente modificador de la viscosidad, que es un polímero seleccionado de entre polímero aniónico de base biológica, polímero anfifílico de base biológica, polímero acrílico hinchable alcalino, y mezclas de los mismos;

para obtener una lechada espumante;

(iii) aplicar sobre un soporte la lechada espumante obtenida en la etapa (ii);

(iv) dejar que la lechada espumante se expanda sobre el soporte.

Preferentemente, la espuma mineral presenta una densidad en estado seco de 50 a 180 kg/m³, más preferentemente de 60 a 170 kg/m³, todavía más preferentemente de 70 a 150 kg/m³.

Ventajosamente, el cemento de la mezcla de la etapa (i) es un CEM I, preferentemente con una superficie específica de Blaine por encima de 5000 cm²/g.

En particular, el agente formador de gas comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) está en una concentración de menos de 15% en peso del peso del líquido formador de gas, preferentemente menos de 8% en peso.

Preferentemente, el agente formador de gas comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) es una disolución de peróxido de hidrógeno, una disolución de ácido peroxomonosulfúrico, una disolución de ácido peroxodisulfúrico, una disolución de peróxidos alcalinos, una disolución de peróxidos alcalino-térreos, una disolución de peróxido orgánico, una suspensión de partículas de aluminio, o mezclas de los mismos, preferentemente es una disolución de peróxido de hidrógeno.

En particular, el agente modificador de la viscosidad comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) es un polímero anfifílico de base biológica, preferentemente seleccionado de entre metilcelulosa, metilhidroxietilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa.

Ventajosamente, la lechada de cemento de la etapa (i) comprende además una adición mineral cuyas partículas presentan un D50 comprendido entre 0.1 y 4 mm.

Preferentemente, la lechada de cemento de la etapa (i) comprende además fibras.

Ventajosamente, la lechada de cemento de la etapa (i) se obtiene mezclando primero una premezcla de cemento, partículas ultrafinas, y opcionalmente adición mineral, y añadiendo entonces el agente reductor de agua, sales de manganeso y agua.

En particular, el líquido formador de gas en la etapa (ii) se añade a la lechada de cemento a través de por lo menos dos puntos de adición, preferentemente la adición es una inyección.

Preferentemente, el soporte usado en la etapa (iii) es una pared.

La invención asimismo se refiere a un soporte revestido por el procedimiento de la invención con por lo menos una capa de espuma mineral, en el que el grosor de dicha una capa es de por lo menos 5 cm.

La invención se refiere además a la utilización de dicho soporte revestido por el procedimiento de la invención para aislamiento, en particular para aislamiento térmico o acústico.

Finalmente, la invención se refiere a un dispositivo para la producción continua de una espuma mineral según el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende un conducto (8) que comprende una primera sección de conducto (9) adaptada para transportar la lechada espumante, con una longitud L1 y un diámetro D1, que parte de un punto de adición (5) del líquido formador de gas, y que acaba mediante una conexión con una segunda sección de conducto (10), que es el punto de salida del dispositivo, en la que L1 está comprendida entre 2 y 20 m,

D1 está comprendido entre 5 y 25 mm, la relación D1/L1 está comprendida entre 100 y 1500.

Preferentemente, en dicho dispositivo, no existe un mezclador estático después del punto de adición (5).

- 5 Ventajosamente, dicho dispositivo comprende además un dispositivo para múltiples inyecciones dispuesto en el punto de adición (5) entre el primer conducto (4) y el segundo conducto (8), y adaptado para la adición del líquido formador de gas.

Breve descripción de las figuras

10 La figura 1 es un diagrama que ilustra una forma de realización ejemplificativa de un dispositivo para implementar el procedimiento según la invención.

15 La figura 2 es un diagrama que ilustra el principio de medir un ángulo de contacto entre una gota de agua y una superficie.

La figura 3 es un diagrama del esfuerzo cortante en función de la velocidad de corte de las composiciones obtenidas en el ejemplo 2.

20 La figura 4 son fotografías de soportes revestidos con una capa de diferentes suspensiones espumadas según el procedimiento descrito en el ejemplo 4; de este modo, la figura 4a representa un soporte revestido con una capa de lechada espumada 1, la figura 4b con una capa de lechada espumada 2, la figura 4c con una capa de lechada espumada 3, la figura 4d con una capa de lechada espumada 4.

25 La figura 5 es una imagen de un soporte revestido con una capa de lechada espumada según el procedimiento descrito en el ejemplo 6.

30 La figura 6 es un diagrama que ilustra una forma de realización ejemplificativa de un dispositivo para múltiples inyecciones según la invención.

Descripción detallada de formas de realización de la invención

35 En la presente invención, la expresión lechada espumante se refiere a la mezcla de lechada de cemento y líquido formador de gas, en la que el agente formador de gas reacciona para formar burbujas, y antes del fraguado y endurecimiento del cemento. El término lechada espumada se refiere a la mezcla de lechada de cemento y líquido formador de gas, una vez que todo el agente formador de gas ha reaccionado para formar burbujas, y antes del fraguado y endurecimiento del cemento.

40 En la presente invención, la expresión espuma mineral describe la lechada espumada una vez que el cemento ha fraguado y se ha endurecido.

Lechada de cemento de la etapa (i)

45 La lechada de cemento de la presente invención comprende cemento, cuyas partículas ultrafinas presentan un D50 comprendido entre 10 y 600 nm, un agente reductor de agua, sales de manganeso, y agua. Asimismo puede contener opcionalmente fibras y/o adiciones minerales.

50 El cemento adecuado para producir una espuma mineral según la presente invención es preferentemente un cemento Portland.

El cemento Portland es una mezcla de clínker Portland molido, una fuente de sulfato cálcico tal como yeso o anhidrita, opcionalmente componentes minerales y adiciones menores, como se describe en la norma de cemento NF EN 197-1 publicada en abril de 2012.

55 Preferentemente, dicho clínker molido presenta la siguiente composición mineralógica, % en peso en comparación con el peso total del clínker:

- 50 a 80% en peso de C3S (alita),
- 4 a 40% en peso de C2S (belita),
- 60 - 0 a 20% en peso de C4AF (ferrita o aluminoferrita o brownmillerita),
- 0 a 15% en peso de C3A (aluminato),

y componentes minerales secundarios.

65 Los componentes mineralógicos del clínker se indican de acuerdo con la notación común de la industria del cemento:

- C representa CaO,
- A representa Al_2O_3 ,
- F representa Fe_2O_3 , y
- S representa SiO_2 .

Todos los tipos de cemento descritos en la norma de cemento NF EN 197-1 publicada en abril de 2012 (CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V) pueden utilizarse para la preparación de la lechada de cemento. Asimismo el cemento puede ser una mezcla de CEM I y adiciones minerales, realizándose la mezcla se justo antes o durante la preparación de la lechada de cemento.

Preferentemente, el cemento adecuado en la presente invención es un CEM I, como se describe en la norma de cemento NF EN 197-1 publicada en abril de 2012.

El cemento Portland CEM I comprende por lo menos 95% en peso de un clínker molido tal como el descrito anteriormente, en comparación con el peso total de cemento.

Ventajosamente, la lechada de cemento de la invención comprende de 50 a 60% en peso de cemento en comparación con el peso total de la lechada de cemento.

En una forma de realización de la presente invención, el cemento se caracteriza por una superficie de Blaine de por lo menos 5000 cm^2/g . Preferentemente, el cemento se caracteriza por una superficie de Blaine comprendida entre 5000 y 9000 cm^2/g .

En particular, el cemento se caracteriza por una superficie de Blaine de por lo menos 5000 a 8000 cm^2/g . Preferentemente, el cemento se caracteriza por una superficie de Blaine comprendida entre 5500 y 8000 cm^2/g .

En la presente invención, los cementos finos que presentan un valor de Blaine de por lo menos 5000 cm^2/g se pueden utilizar sin degradar las propiedades de la espuma, al tiempo que se reduce significativamente la demanda de agua de la suspensión. Esta invención permite tener una lechada de cemento fluida y bombeable, sin requerir la adición de grandes cantidades de agua. Esto asimismo presenta la ventaja de permitir una reducción de la concentración de agente formador de gas en el líquido formador de gas. Asimismo se demostró que la finura del cemento reduce el tamaño de la burbuja.

La lechada de cemento de la presente invención comprende partículas ultrafinas cuyo D50 está comprendido entre 10 a 600 nm.

Ventajosamente, la lechada de cemento de la invención comprende de 0.5 a 10% en peso, preferentemente de 1 a 7% en peso de partículas ultrafinas, en comparación con el peso total de la lechada de cemento.

Ventajosamente, las partículas ultrafinas en la lechada de cemento de la presente invención presentan un ángulo de contacto líquido-sólido comprendido entre 30° y 140°, preferentemente comprendido entre 40° y 130°, incluso más preferentemente entre 70° y 130°.

Este ángulo de contacto asimismo se denomina ángulo de mojado. La expresión "ángulo de contacto" o "ángulo de mojado" significa el ángulo formado entre una interfaz líquido/vapor y una superficie sólida. Es el ángulo formado entre la interfaz de un líquido y la superficie sólida sobre la que se deposita el líquido. Generalmente se considera que una pared es hidrófila cuando el ángulo de contacto estático de una gota de agua dispuesta en la pared es menor de alrededor de 30 grados, y que la pared es hidrófoba a niveles hidrófobos variables cuando el ángulo de contacto estático de una gota de agua destilada dispuesta en la pared es mayor de alrededor de 30 grados y menor de alrededor de 140°. La pared se denomina superhidrófoba cuando el ángulo de contacto estático de una gota de agua destilada dispuesta en la pared es mayor que alrededor de 140 grados. Para producir una espuma a partir del procedimiento según la invención, podría ser deseable que las partículas ultrafinas de la mezcla de la etapa (i) no sean superhidrófobas, es decir, que no tengan un ángulo de contacto estrictamente mayor que 140°.

Preferentemente, las partículas ultrafinas de la lechada de cemento de la invención se vuelven parcialmente hidrófobas, por ejemplo mediante un ácido esteárico. Asimismo se puede hablar de funcionalización.

Preferentemente, las partículas ultrafinas de la lechada de cemento de la invención no son hidrófilas. Las partículas ultrafinas adecuadas para la lechada de cemento de la invención presentan un D50 comprendido entre 10 y 600 nm, preferentemente comprendido entre 20 y 500 nm, más preferentemente comprendido entre 30 y 200 nm.

El D50, asimismo representado $D_{v,50}$, corresponde al 50° percentil de la distribución volumétrica del tamaño de partículas, es decir, que el 50% del volumen está constituido por partículas cuyo tamaño es menor que el D50, y el 50% del tamaño es mayor que el D50. El D50 se puede medir mediante un procedimiento de tamaño de partículas por láser descrito a continuación en la sección de descripción detallada de formas de realización de la

invención.

Puede observarse que las partículas ultrafinas generalmente comprenden partículas elementales que presentan un diámetro comprendido entre 10 y 50 nm. Estas partículas elementales pueden aglomerarse para formar partículas aglomeradas que presentan un diámetro de 40 nm a 150 nm. Estas partículas aglomeradas pueden aglomerarse para formar agregados que presentan un diámetro de 100 nm a 600 nm.

Las partículas ultrafinas adecuadas para la lechada de cemento de la invención pueden provenir de uno o más materiales seleccionados de polvos calcáreos, carbonatos de calcio precipitados, puzolanas naturales y artificiales, piedra pómez, cenizas de combustión pulverizadas, sílice hidratada, en particular los productos descritos en el documento FR 2708592, y mezclas de los mismos.

La lechada de cemento de la presente invención comprende un agente reductor de agua.

Un agente reductor de agua es una disolución líquida que contiene un polímero y otros productos químicos, y que permite reducir entre un 10 y un 15% en peso la cantidad de agua de mezclado para una manejabilidad y reología determinadas de la suspensión. El contenido de sólidos de agentes reductores de agua está comprendido típicamente entre 15% y 45%. Como ejemplo de agente reductor de agua se pueden citar lignosulfonatos, ácidos hidroxycarboxílicos, hidratos de carbono, y otros compuestos orgánicos específicos, tales como, por ejemplo, glicerol, alcohol polivinílico, aluminio-metil siliconato de sodio, ácido sulfanílico, y caseína (ver Concrete Admixtures Handbook, Properties Science and Technology, V.S. Ramachandran, Noyes Publications, 1984).

Los plastificantes son la primera generación de agentes reductores de agua. La cantidad de plastificante generalmente depende de la reactividad del cemento. Cuanto menor sea su reactividad, menor cantidad de plastificante se necesita.

Los superplastificantes pertenecen a la nueva generación de reductores de agua, y permiten reducir en aproximadamente un 30% en peso la cantidad de agua de mezclado durante un tiempo de trabajabilidad determinado. Como ejemplo de superplastificante, se pueden citar superplastificantes de tipo PCP que no contienen ningún agente antiespumante. El término "PCP" o "polióxido de policarboxilato" se entiende de acuerdo con la presente invención un copolímero de ácidos acrílicos o ácidos metacrílicos; y sus ésteres de poli(óxido de etileno) (POE). La cantidad de superplastificante generalmente depende de la reactividad del cemento. Cuanto menor sea su reactividad, menor cantidad de superplastificante se necesita.

Preferentemente, la lechada de cemento de la presente invención comprende de 0.2 a 2.0% en peso, más preferentemente de 0.5 a 1.5% en peso, de un agente reductor de agua, en comparación con el peso total del cemento.

Cuando el agente reductor de agua se usa en disolución, la cantidad se expresa en ingrediente activo en la disolución.

Según una forma de realización alternativa de la invención, la lechada de cemento o la mezcla obtenida tras la etapa (ii) de la presente invención no comprende un agente antiespumante, ni ningún agente que tenga la propiedad de desestabilizar las burbujas de aire dispersas en un líquido. Algunos superplastificantes disponibles comercialmente pueden contener agentes antiespumantes, y en consecuencia, estos superplastificantes no serían adecuados según la invención.

Según una forma de realización alternativa de la invención, la lechada de cemento según la invención no comprende un agente formador de gas.

Según una forma de realización alternativa de la invención, la lechada de cemento según la invención no comprende un agente modificador de la viscosidad.

La mezcla de la etapa (i) del procedimiento según la invención podría comprender un agente retardante, un agente acelerador, o cualquier otro como se define en la norma NF EN 934-2 de septiembre de 2002.

La lechada de cemento de la presente invención comprende sales de manganeso como precursores del catalizador. Sorprendentemente, se descubrió que cuando se usan sales de manganeso como precursores de catalizadores, la reología de la lechada de cemento y la lechada espumante se mejora para colocar espuma mineral en superficies verticales. Asimismo se encontró que es óptimo para la cinética de la formación de burbujas de gas una vez que los dos componentes líquidos se mezclan. La sal de manganeso preferida utilizada para esta invención es el cloruro de manganeso, $MnCl_2$.

La lechada de cemento de la invención comprende agua.

La relación en peso total de agua/cemento de la lechada de cemento de la invención es de 0.2 a 2.5,

preferentemente de 0.3 a 1.5, más preferentemente de 0.3 a 1. Esta relación total de agua/cemento se define como la relación en peso del agua (E) en la suspensión con respecto a la suma del peso de cemento, partículas ultrafinas, y opcionalmente adiciones minerales en la suspensión.

5 Ventajosamente, la lechada de cemento de la presente invención comprende además fibras.

Permiten reducir los problemas tanto de deslaminación como de agrietamiento de la espuma mineral. Preferentemente, las fibras son fibras de polipropileno que presentan una longitud de 6 mm o 12 mm, y un diámetro de 18 μm .

10 Más preferentemente, las fibras presentan una longitud de 6 mm y un diámetro de 18 μm , ya que limitan la formación de grumos de fibras al bombear la lechada de cemento y la lechada espumada. Ventajosamente, la cantidad de fibras está entre 0.2% en peso y 2% en peso de cemento, preferentemente 0.2% en peso y 1% en peso.

15 Según una forma de realización alternativa, la lechada de cemento de la presente invención comprende además una adición mineral tal como puzolana, escoria, carbonato cálcico, cenizas volantes, arena, o mezclas de los mismos, y cuyas partículas presentan un D50 comprendido entre 0.1 μm y 4 mm. Preferentemente, la lechada de cemento de la presente invención puede comprender de 5 a 50% en peso de adiciones minerales, preferentemente de 10 a 40% en peso, incluso más preferentemente de 10 a 30% en peso, comparado con el peso total de la lechada de cemento.

20 Las adiciones minerales adecuadas para la lechada de cemento de la presente invención se seleccionan preferentemente de entre carbonato de calcio, sílice, vidrio molido, perlas de vidrio sólidas o huecas, gránulos de vidrio, polvos de vidrio expandido, aerogeles de sílice, humos de sílice, escorias, arenas de sílice sedimentarias molidas, cenizas volantes, o materiales puzolánicos, o mezclas de los mismos. Preferentemente, el D50 de las partículas de adiciones minerales adecuadas para la lechada de cemento de la presente invención está comprendido de 0.1 a 500 μm , por ejemplo de 0.1 a 250 μm , preferentemente de 0.2 a 500 μm , preferentemente de 0.25 a 500 μm . El D50 de las partículas minerales es preferentemente de 0.1 a 150 μm , más preferentemente de 0.1 a 100 μm , preferentemente de 0.2 a 150 μm , preferentemente de 0.25 a 150 μm .

25 Las adiciones minerales adecuadas para la lechada de cemento de la presente invención pueden ser materiales puzolánicos (por ejemplo, como se definen en la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012, párrafo 5.2.3), humos de sílice (por ejemplo, tales como se definen en la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012, párrafo 5.2.7), escorias (por ejemplo, como se definen en la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012), materiales que contienen carbonato de calcio, por ejemplo materiales calcáreos (por ejemplo, como se definen en la norma europea NF EN 197-1, párrafo 5.2.6), adiciones silíceas (por ejemplo, como se definen en la norma "Concrete NF P 18-509"), cenizas volantes (por ejemplo, las que se describen en la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012, párrafo 5.2.4), o mezclas de los mismos.

30 Una ceniza volante es generalmente una partícula polvorienta comprendida en los humos de las centrales térmicas de carbón. Generalmente se recupera por precipitación electrostática o mecánica. La composición química de una ceniza volante depende principalmente de la composición química del carbón quemado y del procedimiento utilizado en la central eléctrica de la que proviene. Lo mismo ocurre con su composición mineralógica. Las cenizas volantes utilizadas según la invención pueden ser de naturaleza silícea o cálcica.

35 Las escorias se obtienen generalmente por enfriamiento rápido de la escoria fundida proveniente de la fusión del mineral de hierro en un alto horno. Las escorias adecuadas para la mezcla de la etapa (i) del procedimiento según la invención pueden seleccionarse de escorias granuladas de alto horno según la norma europea NF EN 197-1 de febrero de 2001, párrafo 5.2.2.

40 Los humos de sílice pueden ser un material obtenido por reducción de cuarzo de alta pureza por carbono en hornos de arco eléctrico utilizados para la producción de sílice y aleaciones de ferrosílice. Los humos de sílice están formados generalmente por partículas esféricas que comprenden por lo menos 85% en peso de sílice amorfa.

45 Preferentemente, los humos de sílice adecuados para la lechada de cemento de la presente invención pueden seleccionarse de los humos de sílice de acuerdo con la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012, párrafo 5.2.7.

50 Los materiales puzolánicos pueden ser sustancias silíceas o silico-aluminosas naturales, o una combinación de las mismas. Entre los materiales puzolánicos se pueden citar las puzolanas naturales, que son en general materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias, y las puzolanas naturales calcinadas, que son materiales de origen volcánico, arcillas, esquistos o rocas sedimentarias, térmicamente activas.

55 Preferentemente, los materiales puzolánicos adecuados para la lechada de cemento de la presente invención pueden seleccionarse de materiales puzolánicos de acuerdo con la norma europea NF EN 197-1 de abril de 2012,

párrafo 5.2.3.

Preferentemente, las adiciones minerales adecuadas para la lechada de cemento de la presente invención pueden ser polvos calcáreos y/o escorias y/o cenizas volantes y/o humos de sílice. Preferentemente, las adiciones minerales son polvos calcáreos y/o escorias.

Otras adiciones minerales adecuadas para la lechada de cemento de la presente invención son polvos calcáreos, silíceos o silicocalcáreos, o mezclas de los mismos.

Ventajosamente, la lechada de cemento de la presente invención presenta un límite elástico entre 20 y 80 Pa. Permite optimizar la espumabilidad y el comportamiento de la lechada espumante durante la deposición y en reposo, antes del fraguado del cemento.

El líquido formador de gas de la etapa (ii)

El líquido formador de gas de la presente invención comprende un agente formador de gas y un agente modificador de la viscosidad que es un polímero seleccionado de entre polímero aniónico de base biológica, polímero anfifílico de base biológica, y polímero acrílico hinchable alcalino, o mezcla de los mismos.

De forma ventajosa, el agente formador de gas es peróxido de hidrógeno, ácido peroxomonosulfúrico, ácido peroxodisulfúrico, peróxidos alcalinos, peróxidos alcalino-térreos, peróxido orgánico, partículas de aluminio, o mezclas de los mismos.

Preferentemente, el agente formador de gas es peróxido de hidrógeno.

En particular, el agente formador de gas se diluye en agua. Cuando se usa peróxido de hidrógeno, su concentración está comprendida entre 5 y 40% en peso.

En una forma de realización preferida de la presente invención, la concentración de peróxido de hidrógeno está comprendida entre 5 y 15% en peso, más preferentemente entre 5 y 8% en peso del peso total de líquido formador de gas. Más preferentemente, la concentración de peróxido de hidrógeno es inferior a 8% en peso en comparación con el peso total del líquido formador de gas.

Se descubrió que la utilización de concentraciones bajas de peróxido de hidrógeno era beneficiosa para reducir el tamaño medio de las burbujas, que es fundamental para generar espuma de alto límite elástico. La utilización de una concentración baja de peróxido de hidrógeno, que es un oxidante químico agresivo, asimismo es beneficiosa para la seguridad de las personas que trabajan para implementar la presente invención.

El líquido formador de gas de la invención comprende un agente modificador de la viscosidad.

En particular, el agente modificador de la viscosidad es un polímero soluble en agua.

Preferentemente, el líquido formador de gas de la presente invención comprende de 0.01 a 0.10% en peso de agente modificador de la viscosidad, en comparación con el peso del líquido formador de gas.

El agente modificador de la viscosidad añadido al líquido formador de gas es una molécula orgánica seleccionada de entre polímero aniónico de base biológica, polímero anfifílico de base biológica, y polímero acrílico hinchable alcalino, o mezcla de los mismos.

Los polímeros aniónicos de base biológica son polímeros aniónicos que contienen carbono procedente de una fuente vegetal renovable. En particular, los polímeros aniónicos de base biológica adecuados para el líquido formador de gas de la presente invención son polímeros aniónicos derivados de celulosa, almidón o alginato. Más particularmente, carboximetilcelulosa aniónica, carboximetil almidón o alginato son polímeros aniónicos de base biológica adecuados para el líquido formador de gas de la presente invención.

Los polímeros anfifílicos de base biológica son polímeros anfifílicos que contienen carbono procedente de una fuente vegetal renovable. En particular, los polímeros anfifílicos de base biológica adecuados para el líquido formador de gas de la presente invención son polímeros anfifílicos derivados de celulosa. La metilcelulosa, metilhidroxietilcelulosa o hidroxipropilmetilcelulosa son polímeros anfifílicos de base biológica adecuados para el líquido formador de gas de la presente invención.

Los polímeros acrílicos hinchables alcalinos son copolímeros de ácido (met)acrílico con un éster no soluble en agua de dicho ácido.

Preferentemente, el agente modificador de la viscosidad es un polímero anfifílico de base biológica. Más preferentemente, el agente modificador de la viscosidad es un polímero anfifílico derivado de celulosa. Incluso más

preferentemente, el agente modificador de la viscosidad se selecciona de entre metilcelulosa, metilhidroxietilcelulosa, hidroxipropilmetilcelulosa, y mezclas de las mismas. Los polímeros anfífilos de base biológica aumentan el límite elástico de la fase continua en la lechada espumante, y no afectan, o incluso pueden disminuir, el tamaño de burbuja de la lechada espumante. Cuando se comparan con los polímeros hidrófilos, estos polímeros son anfífilos y se pueden adsorber entonces sobre la superficie de las burbujas de la lechada espumante.

Mezclando de antemano el agente modificador de la viscosidad y el agente formador de gas, el agente modificador de la viscosidad se encuentra directamente en proximidad a las burbujas nucleantes, estabilizándolas rápida y eficazmente. Las características reológicas particulares de la lechada espumada de la presente invención se atribuyen a la combinación del alto límite elástico de la fase continua de la lechada espumante con la estabilización eficaz de las burbujas por las moléculas orgánicas. Esto facilita la aplicación de la lechada espumante sobre superficies verticales, y permite aumentar el grosor de una capa de lechada espumada depositada en la pared. Según la presente invención, una sola capa depositada sobre un soporte puede presentar un grosor de por lo menos 5 cm y hasta 11 cm. Además, la utilización de estos polímeros permite obtener una lechada espumada de una densidad comprendida entre 80 kg/m³ y 150 kg/m³, al tiempo que mantiene valores elevados de límite elástico.

La mezcla de la etapa (ii) del procedimiento según la invención podría comprender un agente retardante, un acelerador, o cualquier otra mezcla según se define en la norma europea NF EN 934-2 de septiembre de 2002.

La lechada espumante obtenida después de la etapa (ii)

En la presente invención, la expresión lechada espumante se refiere a la mezcla de lechada de cemento y líquido formador de gas, en la que el agente formador de gas reacciona para formar burbujas, y antes del fraguado y endurecimiento del cemento. Después de que todo el agente formador de gas haya reaccionado para formar burbujas, una lechada espumada se deja entonces reposar hasta que el cemento fragüe y se endurezca.

La lechada espumante se obtiene después de la etapa (ii) del procedimiento de acuerdo con la presente invención, en la que el líquido formador de gas se añade a la lechada de cemento. A partir de esa etapa, el agente formador de gas reacciona, y el precursor del catalizador, incluido en la lechada de cemento, ayuda a la nucleación y crecimiento de las burbujas. La lechada espumante se hincha continuamente hasta que ha reaccionado todo el agente formador de gas.

Preferentemente, la lechada espumante fluye a través de un conducto y se aplica sobre un soporte.

Cuando la lechada espumante se aplica sobre el soporte, y una vez finalizada la expansión, el grosor de una capa de lechada espumada es de por lo menos 5 cm, preferentemente de por lo menos 6 cm, más preferentemente de por lo menos 7 cm.

Preferentemente, el cemento utilizado para suspensión presenta un tiempo de fraguado inicial comprendido entre 80 y 150 minutos, y un tiempo de fraguado final de 150 y 250 minutos a temperatura ambiente, asimismo cuando se añaden mezclas adicionales, incluyendo aceleradores o retardantes. El tiempo de fraguado se mide según la norma NF EN 196-3 publicada en enero de 2009.

En particular, la densidad húmeda de la lechada espumada de la invención en el estado reciente después de la expansión está comprendida entre 80 y 150 kg/m³.

El procedimiento de la invención

El procedimiento se describe con el dispositivo para la producción continua de una espuma mineral desarrollado específicamente para la invención.

El dispositivo de la invención comprende un conducto (8) que comprende una primera sección de conducto (9) adaptada para transportar la lechada espumante, con una longitud L1 y un diámetro D1, que parte de un punto de adición (5) del líquido formador de gas, y que acaba mediante una conexión con una segunda sección de conducto (10), con una longitud L2 y sección transversal D2, que es la salida del dispositivo (ver la figura 1).

En la presente invención, el término conducto se refiere a una cavidad alargada con una sección transversal que puede ser circular o poligonal. En particular, puede ser una tubería o un tubo.

El procedimiento según la invención es un procedimiento continuo en el que el producto acabado se elabora de manera ininterrumpida.

El procedimiento de la invención consiste en varias etapas:

- (i) preparar una lechada de cemento de la invención,

- (ii) añadir a la lechada de cemento un líquido formador de gas de la invención,
- (iii) aplicar la mezcla obtenida en la etapa (ii) sobre un soporte,
- (iv) dejar que la mezcla se expanda sobre el soporte.

5 En una forma de realización preferida, la lechada de cemento se prepara mezclando primero una premezcla de cemento, partículas ultrafinas y opcionalmente adiciones minerales comprendidas en la lechada de cemento de la invención. Dicha premezcla está constituida por todos los constituyentes sólidos excepto las fibras de la lechada de cemento de la invención. Esta etapa es muy beneficiosa para las propiedades de la espuma mineral, ya que permite reducir el tiempo de preparación de la espuma mineral, y asimismo reduce la demanda de agua de la lechada de cemento.

La lechada de cemento se obtiene entonces añadiendo la premezcla a una disolución de agente reductor de agua y sales de manganeso en agua, y opcionalmente añadiendo posteriormente las fibras.

15 Preferentemente, en la etapa (i), la lechada de cemento se agita continuamente para evitar que se produzca cualquier deposición.

El dispositivo de la invención puede comprender una vasija provista de un agitador (1) adaptada para contener dicha lechada de cemento.

20 En particular, una vez preparada, la lechada de cemento se bombea a un primer conducto (4).

El dispositivo de la invención puede comprender un primer conducto (4) y una primera bomba (3) adaptada para bombear y transportar la lechada de cemento.

25 Preferentemente, la lechada de cemento se bombea en el primer conducto (4) con un caudal comprendido entre 5 y 35 kg/min.

30 Preferentemente, el líquido formador de gas se añade a la lechada de cemento a través de por lo menos dos puntos de adición. Más preferentemente, la adición de líquido formador de gas a la lechada de cemento se realiza mediante múltiples inyecciones, en particular una doble inyección simétrica.

La multiplicidad del número de puntos de inyección es beneficiosa para la homogeneidad de la lechada espumada.

35 La lechada espumante resultante fluye a través de un segundo conducto (8).

Preferentemente, el dispositivo de la invención comprende un dispositivo para múltiples inyecciones dispuesto en el punto de adición (5) entre el primer conducto (4) y el segundo conducto (8), y adaptado para la adición del líquido formador de gas.

40 En particular, el dispositivo para múltiples inyecciones es un sistema de doble inyección simétrico que permite añadir el líquido formador de gas mediante dos puntos de inyección (5a) y (5b). Los dos puntos de inyección (5a) y (5b) están uno frente al otro.

45 En particular, los tubos (5'a) y (5'b) están adaptados para transportar el líquido formador de gas hasta el punto de inyecciones (5a) y (5b) respectivamente (ver la figura 6).

50 Preferentemente, el dispositivo para múltiples inyecciones es una conexión de suministro que une el primer conducto (4), el segundo conducto (8) y los dos tubos (5'a) y (5'b). En particular, el dispositivo para múltiples inyecciones es una conexión cruzada.

55 Preferentemente, después de los puntos de inyección (5a) y (5b), se reduce la sección transversal del dispositivo para múltiples inyecciones. La reducción de la sección transversal del dispositivo para múltiples inyecciones permite una mejor mezcla de la lechada de cemento y el líquido formador de gas.

60 Ventajosamente, el segundo conducto (8) que transporta la lechada espumante al soporte comprende dos secciones (9) y (10), siendo la última sección (10) en el punto de salida más corta y de mayor sección transversal. Esto facilita la aplicación de la espuma sobre la pared, y se adapta al volumen creciente de la lechada espumante debido a la formación continua de burbujas.

La primera sección del segundo conducto (9) presenta una longitud L1 y un diámetro D1.

65 Preferentemente, la primera sección del segundo conducto (9) presenta una longitud L1 comprendida entre 2 y 20 m, y un diámetro D1 comprendido entre 5 y 25 mm.

Ventajosamente, la relación L1/D1 está comprendida entre 100 y 1500.

- Se descubrió que un aumento de presión en el conducto es muy beneficioso tanto para la robustez como para la reducción del tamaño medio de las burbujas, lo que proporciona un mayor límite elástico a la espuma. El aumento de presión en el segundo conducto debe provenir preferentemente de un ajuste tanto de D1 como de L1, y no de ajustar la presión a través de un solo conducto de diámetro cada vez menor, ya que esto puede romper la espuma.
- Preferentemente, la presión en la primera sección del segundo conducto (9) está comprendida entre 3,5 y 10 bares, más preferentemente entre 4 y 6 bares.
- Dicha presión se obtiene debido a la expansión química que comienza a tener lugar en el segundo conducto, y se puede modular ajustando la longitud L1 y el diámetro D1 de la primera sección del conducto.
- En una posible forma de realización, la lechada de cemento se bombea hasta el punto de adición (5) con un caudal menor comprendido entre 7.0 y 11.0 kg/min. En este caso, el líquido formador de gas se bombea al mismo punto de adición (5) a un caudal entre 2 y 4 kg/min.
- La relación entre el caudal de la lechada de cemento y el agente formador de gas está entre 2 y 4, preferentemente entre 2.5 y 3.5.
- Preferentemente, la presión en la primera sección del segundo conducto (9) está comprendida entre 3.5 y 10 bares, más preferentemente entre 4 y 6 bares.
- Dicha presión se obtiene debido a la expansión química que comienza a tener lugar en el segundo conducto, y se puede modular ajustando la longitud L1 y el diámetro D1 de la primera sección del conducto.
- Preferentemente, la primera sección del segundo conducto (9) presenta una longitud L1 comprendida entre 5 y 15 m, y un diámetro D1 comprendido entre 5 y 15 mm.
- En otra posible forma de realización, la lechada de cemento se bombea hasta el punto de adición (5) con un caudal mayor comprendido entre 20 y 35 kg/min. En este caso, el líquido formador de gas se bombea al mismo punto de adición (5) a un caudal entre 7 y 11 kg/min.
- La relación entre el caudal de la lechada de cemento y el agente formador de gas está entre 2 y 4, preferentemente entre 2.5 y 3.5.
- Preferentemente, la presión en la primera sección del segundo conducto (9) está comprendida entre 3.5 y 10 bares, más preferentemente entre 4 y 6 bares.
- Dicha presión se obtiene debido a la expansión química que comienza a tener lugar en el segundo conducto, y se puede modular ajustando la longitud L1 y el diámetro D1 de la primera sección del conducto.
- Preferentemente, la primera sección del segundo conducto (9) presenta una longitud L1 comprendida entre 5 y 15 m, y un diámetro D1 comprendido entre 10 y 20 mm.
- La relación entre el caudal másico de la lechada de cemento y el caudal másico de líquido formador de gas permite controlar la densidad húmeda de la lechada espumada. En particular, para alcanzar una densidad húmeda de la lechada espumada en estado reciente después de la expansión entre 80 y 150 kg/m³, la relación de caudales másicos está comprendida entre 2 y 4, más preferentemente entre 2.3 y 3.5.
- La segunda sección del segundo conducto (10) presenta una longitud L2 y una sección transversal D2. Preferentemente, L2 está comprendida entre 50 y 500 mm, más preferentemente entre 100 y 300 mm.
- La sección transversal D2 puede ser circular o poligonal.
- De hecho, dado que el límite elástico de la suspensión se incrementa en la presente invención, se observa que la lechada espumante depositada en la pared mantiene más o menos la forma inicial dada por la salida del conducto, incluso una vez completamente expandida. Por tanto, la segunda sección del conducto (10) podría presentar una forma diferente a la de un tubo.
- Alternativamente, la segunda sección del conducto (10) presenta una sección transversal circular.
- Alternativamente, la segunda sección del conducto (10) presenta una sección transversal poligonal, preferentemente una sección transversal rectangular o cuadrada. En este caso, la diagonal de la sección transversal D2 representa la longitud de la línea recta más larga que encaja en la sección transversal de la sección del conducto.

El tamaño y la forma de la sección transversal D2 dependen del caudal mayor o menor seleccionado como se describe anteriormente.

5 En caso de un caudal menor, el diámetro o la diagonal de la sección transversal D2 está comprendida entre 11 y 31 mm, preferentemente entre 16 y 26 mm. En este caso, preferentemente, la sección transversal es un cuadrado.

En caso de un mayor caudal, el diámetro o la diagonal de la sección transversal está entre 50 y 110 mm, preferentemente entre 60 y 100 mm. En este caso, preferentemente, la sección transversal es un rectángulo.

10 Dado que la superficie de la salida impulsa la velocidad media del flujo de lechada espumante en la salida, la superficie total de la salida se adapta preferentemente de modo que la velocidad media sea menor que 2 m/s, e incluso preferentemente menor que 1 m/s, pero permanece por encima de 0.4 m/s. Velocidades demasiado altas generan rebotes indeseables de la lechada espumante sobre el soporte, y velocidades demasiado bajas afectan negativamente la adhesión de la lechada espumante al soporte.

15 La lechada de cemento se deposita así sobre el soporte mediante el único medio del chorro de salida, que mantiene su integridad hasta el punto de deposición.

20 Cuando el soporte es vertical, tal como una pared, la lechada espumante se puede aplicar en toda la altura del soporte vertical en una sola etapa de aplicación.

La figura 1 es un diagrama que ilustra una forma de realización ejemplificativa de un dispositivo para implementar el procedimiento según la invención.

25 En el ejemplo representado en la figura 1, el dispositivo comprende una vasija provista de un agitador (1), una primera bomba (3), un primer conducto (4), un punto de adición (5), una segunda bomba (6), un recipiente (7), un segundo conducto (8) que comprende una primera sección (9) y una segunda sección como elemento de punto de salida (10). La mezcla (2) es la lechada de cemento, y está contenida en la vasija (1). El líquido formador de gas está contenido en el recipiente (7). La lechada de cemento y el líquido formador de gas son bombeados continuamente de forma independiente por las bombas (3) y (6), y el líquido formador de gas se añade y se mezcla con la lechada de cemento mediante inyección múltiple. Las dimensiones (L1) y (D1) de la primera sección del conducto (9), y las dimensiones (L2) y (D2) del elemento de salida (10) se seleccionan de tal forma que las pérdidas de carga en el conducto siguen siendo compatibles con las características de las descargas, tales como los caudales y las velocidades en el punto de salida del conducto, y con los medios de bombeo. La primera sección del conducto (9) y el elemento de salida (10) asimismo se seleccionan en función de la velocidad de liberación de oxígeno en el conducto, y en particular de la relación entre la liberación esperada en el conducto y la esperada después de la salida del conducto, y la regularidad del flujo. Pueden contemplarse otras formas de realización de un dispositivo para aplicar el procedimiento según la invención.

40 El soporte revestido con espuma mineral

La invención asimismo se refiere a un soporte revestido por el procedimiento de la invención con por lo menos una capa de espuma mineral, en el que el grosor de dicha una capa es de por lo menos 5 cm, preferentemente de por lo menos 6 cm, más preferentemente de por lo menos 7 cm.

45 Preferentemente, la capa de espuma mineral de la invención presenta un grosor comprendido entre 5 y 15 cm, más preferentemente entre 6 y 13 cm, incluso más preferentemente entre 6 y 11 cm.

50 Es importante subrayar que el grosor de la espuma mineral no es significativamente diferente del grosor de la lechada espumada.

El soporte se cubre con una capa depositando la lechada espumante que sale de la sección de salida (10) del dispositivo, y variando progresivamente la posición del punto de deposición hasta que el soporte esté completamente cubierto por la espuma después de la expansión completa.

55 Previamente, para obtener un grosor adecuado de espuma mineral sobre el soporte, era necesario depositar varias capas sobre el soporte. Se depositó una primera capa y se dejó por un tiempo hasta que se completó la expansión y comenzó el fraguado. A continuación, se repitió la operación por lo menos una segunda vez para obtener el grosor deseado. La espuma mineral resultante no fue uniforme ya que se obtuvo a través de varias capas.

60 Ventajosamente, el procedimiento de la invención permite obtener una capa de espuma mineral con un grosor de por lo menos 5 cm, de manera que un solo revestimiento sea suficiente para lograr las ventajas de la invención en términos de aislamiento térmico. Esto implica que el soporte revestido se obtiene más rápidamente y la espuma mineral es uniforme, ya que solo una capa de la lechada espumante inicial tuvo que adherirse al soporte, expandirse y fraguarse.

65

Además, toda la altura del soporte vertical se puede revestir en una sola etapa de aplicación.

La espuma mineral obtenida por el procedimiento de la invención presenta propiedades específicas.

5 Preferentemente, la espuma mineral presenta una densidad en el estado seco de 50 a 180 kg/m³, más preferentemente de 60 a 170 kg/m³, incluso más preferentemente de 70 a 150 kg/m³. Cabe señalar que la densidad de la lechada espumada, es decir, en estado reciente (densidad húmeda), difiere de la densidad de la espuma mineral en el estado seco, es decir, después del fraguado y secado (densidad del material endurecido). La densidad de la lechada espumada en el estado reciente es siempre mayor que la densidad de la espuma en el estado seco.

10 La invención presenta la ventaja de proporcionar una espuma mineral con una ligereza considerable, y en particular una densidad muy baja.

15 Además, la espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención presenta excelentes propiedades de estabilidad. Cabe destacar que las burbujas que componen la espuma mineral en el estado reciente se degradan poco después de verterlas en el molde o depositarlas sobre el soporte.

El soporte puede ser de diferentes naturalezas y diferentes formas.

20 El soporte puede ser un receptáculo para llenar. En este caso, se prevé rellenar bloques de construcción con la espuma mineral según la invención. Por ejemplo, pueden ser bloques de construcción, bloques de terracota, bloques de hormigón celular que se desee rellenar con la espuma según la invención.

25 El soporte puede ser una pared que se debe cubrir con espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención. Por ejemplo, puede ser un muro de hormigón fundido, un hormigón con contraventanas, un muro de bloques de construcción, un muro de bloques de terracota, un muro de bloques de hormigón celular, un muro cubierto con mortero o revoque.

30 En la presente invención, el término pared se refiere a cualquier superficie que esté en un ángulo de entre 0° y 20° con la dirección de la fuerza de gravedad.

El soporte puede ser de diferentes naturalezas, tales como hormigón, terracota, yeso, madera sin tratar, placa de escayola, láminas de cartón, o cualquier otro material utilizado en la construcción.

35 El soporte puede tratarse antes de la deposición de la espuma. El tratamiento podría consistir, por ejemplo, en una o más proyecciones de agua, la proyección de disoluciones aceleradoras del fraguado tal como el sulfato de aluminio, o el tratamiento podría consistir en la deposición de imprimadores de adhesión, o cualquier otra solución de naturaleza física o química que permita acelerar el fraguado del cemento en la interfaz entre el soporte y la mezcla, o para permitir una mejor adherencia a largo plazo de la mezcla sobre el soporte, o para aumentar la rugosidad del soporte.

40 El soporte comprende preferentemente por lo menos un armazón o elemento estructural. Este armazón puede ser de hormigón (columnas/vigas), metal (montantes o rieles), madera, plástico, o material compuesto o sintético. La espuma mineral según la invención asimismo puede revestir una estructura, por ejemplo del tipo de malla de alambre (plástico, metal) o un pilar o viga de un edificio.

45 Cuando el soporte sea una pared, dicha pared podría estar provista de elementos que faciliten la adherencia de la espuma, por ejemplo mallas de alambre metálico o mallas de alambre a base de materiales plásticos, separadas o no de la pared, e integradas o no con la pared. Se podrían colocar armaduras verticales a lo largo de la pared para que sirvan como puntos de anclaje para mallas de alambre. Estas mallas de alambre podrían ser simples alambres horizontales.

50 Ventajosamente, el soporte puede revestirse con el procedimiento de la invención mediante el cegado o relleno de un espacio vacío o hueco de un edificio, una pared, un tabique, un bloque de mampostería, por ejemplo un bloque de ventilación, un ladrillo, de un suelo o de un techo. Dichos materiales o elementos de construcción compuestos que comprenden la espuma mineral según la invención asimismo son soporte revestido de la invención *per se*.

55 Ventajosamente, el soporte puede revestirse con el procedimiento de la invención mediante el revestimiento de fachada, por ejemplo para aislar un edificio del exterior. En este caso, el soporte se puede revestir con una capa de acabado.

60 El revestimiento del soporte de la invención puede aplicarse sobre las paredes en un lugar de trabajo.

65 La invención asimismo se refiere al uso del soporte revestido por el procedimiento de la invención con por lo menos una capa de espuma mineral como material de construcción. Por ejemplo, el soporte revestido puede ser paredes, suelos, techos en un lugar de trabajo. Asimismo se prevé producir elementos prefabricados en una fábrica de

elementos prefabricados a partir de la espuma según la invención, tales como bloques, paneles.

La invención asimismo se refiere a la utilización del soporte revestido por el procedimiento de la invención con por lo menos una capa de espuma mineral para aislamiento, en particular para aislamiento térmico o acústico.

Ventajosamente, en ciertos casos es posible sustituir la lana de vidrio, el amianto, o los aislantes de poliestireno y poliuretano por la espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención.

De este modo, la invención ofrece como otra ventaja que la espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención presenta excelentes propiedades térmicas, y en particular una conductividad térmica muy baja. La reducción de la conductividad térmica de los materiales de construcción es muy deseable ya que permite obtener un ahorro de energía de calefacción en edificios residenciales o de trabajo. Además, la espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención permite obtener buenos comportamientos aislantes sobre pequeños grosores, y de este modo, preservar las superficies y los volúmenes habitables. La conductividad térmica (asimismo denominada λ) es una magnitud física que caracteriza el comportamiento de los materiales durante la transferencia de calor por conducción. La conductividad térmica representa la cantidad de calor transferido por unidad de superficie y por unidad de tiempo bajo un gradiente de temperatura. En el sistema de unidades internacionales, la conductividad térmica se expresa en vatios por metro Kelvin, ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$). Los hormigones clásicos o tradicionales presentan una conductividad térmica entre 1.3 y 2.1 medida a 23°C y 50% de humedad relativa.

La espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención presenta una conductividad térmica comprendida entre 0.03 y 0.5 W/(m.K), preferentemente entre 0.04 y 0.15 W/(m.K), más preferentemente entre 0.04 y 0.10 W/(m.K).

La invención asimismo presenta la ventaja de proporcionar una espuma mineral que presenta buenas propiedades mecánicas y una resistencia a la compresión notablemente buena en comparación con las espumas minerales conocidas. La espuma mineral obtenida con el procedimiento de la invención presenta una resistencia a la compresión comprendida entre 0.04 y 5 MPa después de 28 días, preferentemente entre 0.05 y 2 MPa después de 28 días, más preferentemente entre 0.05 y 1 MPa después de 28 días.

El soporte revestido según la invención es ventajosamente capaz de resistir o reducir las transferencias de aire y termohídricas, es decir, que este elemento presenta una permeabilidad controlada a las transferencias de aire, de agua en forma de vapor o líquido.

El soporte revestido según la invención se puede utilizar para producir o fabricar un revestimiento, un sistema de aislamiento, o un tabique, por ejemplo un tabique de separación, un tabique interior, o un revestimiento rígido de pared.

Descripción detallada de formas de realización de la invención

Procedimiento para medir un ángulo de mojado o de contacto:

La figura 1 ilustra el principio para medir un ángulo de mojado entre una superficie sólida 10 de una muestra 12 hecha de hormigón y una gota 14 de un líquido depositado sobre la superficie 10.

La referencia 16 designa la interfaz líquido/gas entre la gota 14 y el aire ambiente. La figura 1 es una sección transversal a lo largo de un plano perpendicular a la superficie 10. En el plano de sección, el ángulo de mojado α corresponde al ángulo, medido desde el interior de la gota 14 de líquido, entre la superficie 10 y la tangente T a la interfaz 16 en el punto de intersección entre el sólido 10 y la interfaz 16.

Para llevar a cabo la medida del ángulo de mojado, la muestra 12 se coloca en una habitación a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 50%. Se coloca una gota de agua 14 con un volumen de 2.5 μ l sobre la superficie 10 de la muestra 12. La medida del ángulo se lleva a cabo mediante un procedimiento óptico, por ejemplo utilizando un dispositivo de análisis de forma de gota, por ejemplo el dispositivo DSA 100 comercializado por Kruss. Las medidas se repiten cinco veces, y el valor del ángulo de contacto medido entre la gota de agua y el soporte es igual a la media de estas cinco medidas.

Procedimiento para medir la distribución del tamaño de partícula

Las curvas de tamaño de partícula de los diferentes polvos se obtienen de un analizador de tamaño de partícula láser tipo Mastersizer 2000 (año 2008, serie MAL1020429) vendido por Malvern Company.

La medida se lleva a cabo en un medio apropiado (por ejemplo, en medio acuoso) para dispersar las partículas; el tamaño de las partículas debe estar comprendido entre 1 μ m y 2 mm. La fuente luminosa está constituida por un láser rojo He-Ne (632 nm) y un diodo azul (466 nm). El modelo óptico es el de Fraunhofer, la matriz de cálculo es

de tipo polidisperso.

En primer lugar, se lleva a cabo una medida del ruido de fondo con una velocidad de la bomba de 2000 rpm, una velocidad del agitador de 800 rpm, y una medida del ruido durante 10 s, en ausencia de ultrasonidos. A continuación, se comprueba que la intensidad luminosa del láser sea por lo menos igual al 80%, y que se obtenga una curva exponencial decreciente para el ruido de fondo. Si este no es el caso, las lentes de la celda deben limpiarse.

A continuación se realiza una primera medida en la muestra con los siguientes parámetros: velocidad de la bomba de 2000 rpm, velocidad del agitador de 800 rpm, ausencia de ultrasonidos, límite de oscurecimiento entre 10 y 20%. La muestra se introduce para que tenga un oscurecimiento ligeramente mayor que 10%. Después de la estabilización del oscurecimiento, la medida se lleva a cabo con una duración entre la inmersión y la medida establecida en 10 s. La medida es de 30 s (30000 imágenes de difracción analizadas). En el granulograma obtenido, es necesario tener en cuenta que una parte de la población del polvo puede estar aglomerada.

Entonces, se lleva a cabo una segunda medida (sin vaciar la vasija) con ultrasonidos. La velocidad de la bomba se lleva hasta 2500 rpm, la agitación hasta 1000 rpm, los ultrasonidos se emiten al 100% (30 vatios). Este régimen se mantiene durante 3 minutos, y después los parámetros iniciales se vuelven a: velocidad de la bomba de 2000 rpm, velocidad del agitador de 800 rpm, ausencia de ultrasonidos. Al cabo de 10 s (para evacuar las posibles burbujas de aire), se lleva a cabo una medida de 30 s (30000 imágenes analizadas). Esta segunda medida corresponde a un polvo desaglomerado por dispersión ultrasónica.

Cada medida se repite por lo menos dos veces para comprobar la estabilidad del resultado. El aparato se calibra antes de cada sesión de trabajo mediante una muestra patrón (sílice C10 Sifrac), cuya curva de tamaño de partícula es conocida. Todas las medidas presentadas en la descripción, y los intervalos anunciados, corresponden a los valores obtenidos con ultrasonidos.

Procedimiento para medir la superficie específica de BLAINE

La superficie específica de los diferentes materiales se mide como sigue.

El procedimiento de Blaine a 20°C con una humedad relativa no superior al 65% utilizando un aparato Blaine Euromatest Sintco que cumple con la norma europea EN 196-6.

Antes de la medida de la superficie específica, las muestras húmedas se secan en un horno hasta obtener un peso constante a una temperatura de 50 a 150°C (el producto seco se muele a continuación para obtener un polvo cuyo tamaño máximo de las partículas es menor o igual a 80 µm).

Procedimiento para medir el límite elástico de la suspensión

La medida de la reología de la lechada de cemento se realiza con un reómetro (Anton Paar RheolabQC) con geometría de cinta de doble hélice después de 30 minutos del primer contacto entre el agua y la premezcla. El protocolo utilizado es:

- precizamiento a 50 s⁻¹
- rampa de 0.01 a 75 s⁻¹
- rampa de 75 a 0.01 s⁻¹.

En la figura 3 se representa un ejemplo del resultado. Cada curva representa la preparación de la lechada de cemento.

La medida reológica proporciona una curva que proporciona la velocidad de corte en función del esfuerzo cortante. El análisis de esa curva permite determinar el límite elástico: el límite elástico corresponde a la intersección con Y de la parte lineal de la curva, en la que la parte lineal está típicamente en el intervalo de 20 a 60 s⁻¹.

Procedimiento para medir la densidad húmeda de la lechada espumada

La lechada espumada se vierte en un cilindro de 11x22 cm, es decir, con un volumen conocido. La densidad de la lechada espumada es la relación entre la masa de la lechada espumada para llenar el cilindro y el volumen del cilindro. El peso de la lechada espumada se mide 1-5 minutos después de la espumación.

Ejemplo 1: Preparación de la lechada de cemento

La lechada de cemento se prepara mezclando los componentes de la tabla 1 en las proporciones respectivas dadas en la tabla.

Tabla 1:

Componentes	Formulación (% en peso*)
Premezcla**	75.4
Superplastificante	0.79
MnCl ₂	0.77
Fibras	0.34
Agua	22.7
Total	100

* los valores se expresan como porcentajes en peso por peso total de lechada de cemento.
 ** la premezcla está compuesta de 73.0% en peso de cemento CEM I y 22.0% en peso de adición de mineral (carga de piedra caliza molida Betocarb, suministrada por Omya) y 5.0% en peso de Socal312. El cemento CEM I es un cemento ultrafino que presenta un valor de Blaine de 7200 cm/g².

La lechada de cemento se mezcla en tanque de doble pared (para mantener la temperatura de la lechada de cemento a 20°C) con un agitador de banco (Supertest VMI) con pala defloculante, según el siguiente protocolo:

- Verter el agua en el tanque, y después añadir y mezclar (300 rpm) el superplastificante y el catalizador hasta su disolución
- Verter lentamente el polvo de premezcla en el tanque durante 15 minutos con una velocidad de agitación de 900 rpm.
- Añadir las fibras a la suspensión, y mezclar durante 5 minutos.

Ejemplo 2: Preparación del líquido formador de gas

El líquido formador de gas se prepara mezclando los componentes de la tabla 2 en las proporciones respectivas dadas en la tabla.

Tabla 2:

Componentes	Formulación (% en peso)*
H ₂ O ₂	7.00
Polímero anfífilico (Walocel MKW 4000 PF producido por Dow)	0.035
Agua	92.965

* los valores se expresan como porcentajes en peso por peso total del líquido formador de gas.

Se prepara una disolución de polímero al 1% en peso, y después se mezcla con una disolución de H₂O₂ al 30% en peso. Después, el agua se vierte, y se mezcla manualmente.

Ejemplo 3: Procedimiento de aplicación de la espuma mineral sobre una superficie vertical

La espuma mineral se aplica sobre una superficie vertical con un dispositivo como se ilustra en la figura 1.

La lechada de cemento se bombea de forma continua mediante una bomba de tornillo (marca Seepex (I)) en un tubo principal de 10 mm de diámetro con un caudal de 9 kg/min. El líquido formador de gas se bombea mediante otra bomba de tornillo (marca Seepex (II)) con un caudal de 3-3.5 kg/min, y se inyecta continuamente mediante un sistema de doble inyección simétrico en el tubo por el que fluye la lechada de cemento. El tubo aguas abajo del punto de adición del líquido formador de gas presenta una longitud de L1 = 9 m, y un diámetro de D1 = 10 mm.

La presión antes del punto de adición (5) está entre 3.5 y 10 bares, con preferencia por el intervalo de 4-6 bares.

El tubo está provisto de un extremo que puede ser circular, rectangular o cuadrado, que aumenta a 15x15 mm el tamaño del tubo de salida a lo largo de una longitud de 20 cm.

Se observará que la pasta obtenida a la salida del aplicador está sólo parcialmente aireada (menos del 50% de la fracción total de oxígeno se incorpora a la pasta en esta etapa), y su expansión continúa después de la deposición. La pasta se deposita en la pared por el único medio del chorro de salida, que mantiene su integridad hasta el punto de deposición. Se mide la densidad de la lechada espumada en estado reciente después de la expansión.

La pared se cubre variando progresivamente la posición del punto de deposición, hasta que la pared está completamente cubierta por la espuma después de la expansión completa. El sistema se deja como está hasta que el fraguado del cemento haya comenzado, es decir, alrededor de 2 horas a temperatura ambiente. Se mide el grosor de la capa.

Ejemplo 4: Densidad húmeda final diana de la lechada espumada = 140-150 kg/m³

Las suspensiones espumadas 1 a 4 se obtienen siguiendo el procedimiento descrito en el ejemplo 3. La lechada espumada 1 es un ejemplo comparativo, y las suspensiones espumadas 2 a 4 son ejemplos de acuerdo con la invención.

Las composiciones de las suspensiones de cemento y los líquidos formadores de gas comprendidas en las suspensiones espumadas 1 a 4 se dan a conocer en la tabla 3:

Tabla 3:

	Lechada espumante 1	Lechada espumante 2	Lechada espumante 3	Lechada espumante 4
Lechada de cemento				
Premezcla	75.4	75.4	75.4	75.4
Superplastificante	0.79	0.79	0.79	0.79
MnCl ₂	0.77	0.77	0.77	0.77
Fibras	0.34	0.34	0.34	0.34
agua	22.7	22.7	22.7	22.7
Líquido formador de gas				
H ₂ O ₂	7	7	7	7
Walocel MKW 4000 PF	0.00	0.02	0.03	0.04
agua	93	92.98	92.97	92.96

La densidad húmeda y el grosor después de la deposición de una capa se miden y se dan a conocer en la tabla 4:

Tabla 4:

	Lechada espumada 1	Lechada espumada 2	Lechada espumada 3	Lechada espumada 4
% en peso de Walocel MKW 4000 PF en el líquido formador de gas	-	0.02	0.03	0.04
Densidad húmeda (kg/m ³)	160	144	138	136
Grosor (cm)	4.0	7.4	8.1	8.6
aspecto	inaceptable (ver figura 4a)	aceptable (ver figura 4b)	bueno (ver figura 4c)	bueno (ver figura 4d)

Ejemplo 5: Densidad húmeda diana de la densidad de la lechada espumada = 100-110 kg/m³

Las suspensiones espumadas 5 a 9 se obtienen siguiendo el procedimiento descrito en el ejemplo 3. La lechada espumante 5 es un ejemplo comparativo, y las suspensiones espumadas 6 a 9 son ejemplos de acuerdo con la invención.

Las composiciones de las suspensiones de cemento y los líquidos formadores de gas comprendidos en las suspensiones espumadas 5 a 9 se dan a conocer en la tabla 5:

Tabla 5:

	Lechada espumante 5	Lechada espumante 6	Lechada espumante 7	Lechada espumante 8	Lechada espumante 9
Lechada de cemento					
Premezcla	75.4	75.4	75.4	75.4	75.4
Superplastificante	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
MnCl ₂	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Fibras	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
agua	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7
Líquido formador de gas					
H ₂ O ₂	7	7	7	7	7
Walocel MKW 4000 PF	0	0.02	0.03	0.04	0.08
agua	93	92.98	92.97	92.96	92.92

La densidad húmeda y el grosor después de la deposición de una capa se miden y se muestran en la tabla 6:

Tabla 6:

	Lechada espumante 5	Lechada espumante 6	Lechada espumante 7	Lechada espumante 8	Lechada espumante 9
% en peso de Walocel MKW 4000 PF en el líquido formador de gas	-	0.02	0.03	0.04	0.08
Densidad húmeda (kg/m ³)	104	98	102	107	114
Grosor (cm)	4.0	7.3	9.5	7.5	8.5

5 **Ejemplo 6: Efecto de la utilización de extremos cuadrados**

La memoria de la forma es claramente visible en la lechada espumada depositada. Las salidas cuadradas permiten una mejor conexión entre las cuerdas que las salidas cilíndricas.

10 Ver la figura 5.

Ejemplo 7: Espumas minerales que no funcionan

Tabla 7:

15

	Lechada espumante 10	Lechada espumante 11	Lechada espumante 12
Lechada de cemento			
Premezcla	75.4	75.4	75.4
Superplastificante	0.79	0.79	0.79
MnCl ₂	0.77	0.77	0.77
Fibras	0.34	0.34	0.34
agua	22.7	22.7	22.7
Líquido formador de gas			
H ₂ O ₂	7	7	7
Agente modificador de la viscosidad	Gelatina 0.035	Alcohol polivinílico 0.035	Polietilenimina 0.035
agua	92.965	92.965	92.965

Cuando se utilizan gelatina, alcohol polivinílico o polietilenimina como agentes modificadores de la viscosidad, y todos en la misma dosis, las espumas minerales se desestabilizan y colapsan, lo que confirma que estos polímeros no son adecuados para la presente invención.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción continua de una espuma mineral de baja densidad que comprende las etapas siguientes:

(i) preparar una lechada de cemento que comprende:

- cemento;
- partículas ultrafinas cuyo D50 está comprendido entre 10 y 600 nm;
- un agente reductor de agua;
- una sal de manganeso; y
- agua;

(ii) añadir a la lechada de cemento obtenida después de la etapa (i) un líquido formador de gas que comprende:

- un agente formador de gas; y
- un agente modificador de la viscosidad que es un polímero seleccionado de entre polímero aniónico de base biológica, polímero anfifílico de base biológica, polímero acrílico hinchable alcalino, y la mezcla de los mismos;

para obtener una lechada espumante;

(iii) aplicar la lechada espumante obtenida en la etapa (ii) sobre un soporte;

(iv) dejar que la lechada espumante se expanda sobre el soporte.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la espuma mineral presenta una densidad en el estado seco de 50 a 180 kg/m³, preferentemente de 60 a 170 kg/m³, más preferentemente de 70 a 150 kg/m³.

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cemento de la mezcla de la etapa (i) es un CEM I, que presenta preferentemente una superficie específica de Blaine por encima de 5000 cm²/g.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente formador de gas comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) está en una concentración de menos de 15% en peso del peso del líquido formador de gas, preferentemente menos de 8% en peso.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente formador de gas comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) es una disolución de peróxido de hidrógeno, una disolución de ácido peroxomonosulfúrico, una disolución de ácido peroxodisulfúrico, una disolución de peróxidos alcalinos, una disolución de peróxidos alcalino-térreos, una disolución de peróxido orgánico, una suspensión de partículas de aluminio, o mezclas de los mismos, preferentemente es una disolución de peróxido de hidrógeno.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente modificador de la viscosidad comprendido en el líquido formador de gas añadido en la etapa (ii) es un polímero anfifílico de base biológica, preferentemente seleccionado de entre metilcelulosa, metilhidroxietilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la lechada de cemento de la etapa (i) comprende además una adición mineral cuyas partículas presentan un D50 comprendido entre 0.1 µm y 4 mm.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la lechada de cemento de la etapa (i) comprende además fibras.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la lechada de cemento de la etapa (i) se obtiene mezclando primero una premezcla de cemento, partículas ultrafinas, y opcionalmente una adición mineral, y añadiendo a continuación el agente reductor de agua, sal de manganeso y agua.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el líquido formador de gas en la etapa (ii) se añade a la lechada de cemento a través de por lo menos dos puntos de adición, preferentemente la adición es una inyección.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el soporte utilizado en la etapa (iii) es una pared.
- 5 12. Soporte revestido por el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 11, con por lo menos una capa de espuma mineral, en el que el grosor de dicha una capa es de por lo menos 5 cm.
13. Utilización del soporte revestido según la reivindicación 12 para aislamiento, en particular para aislamiento térmico o fónico.
- 10 14. Dispositivo para la producción continua de una espuma mineral según el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende un conducto (4) que comprende una primera sección de conducto (9) adaptada para transportar la lechada espumante, con una longitud L1 y un diámetro D1, que parte de un punto de adición (5) del líquido formador de gas, y que acaba conectando con una segunda sección de conducto (10), que es el punto de salida del dispositivo,
- 15 en el que L1 está comprendida entre 2 y 20 m, D1 está comprendido entre 5 y 25 mm, la relación D1/L1 está comprendida entre 100 y 1500.
- 20 15. Dispositivo según la reivindicación 14, en el que no existe un mezclador estático después del punto de adición (5).
- 25 16. Dispositivo según la reivindicación 14 o 15, que comprende además un dispositivo para inyecciones múltiples dispuesto en el punto de adición (5) entre el primer conducto (4) y el segundo conducto (8), y adaptado para la adición del líquido formador de gas.

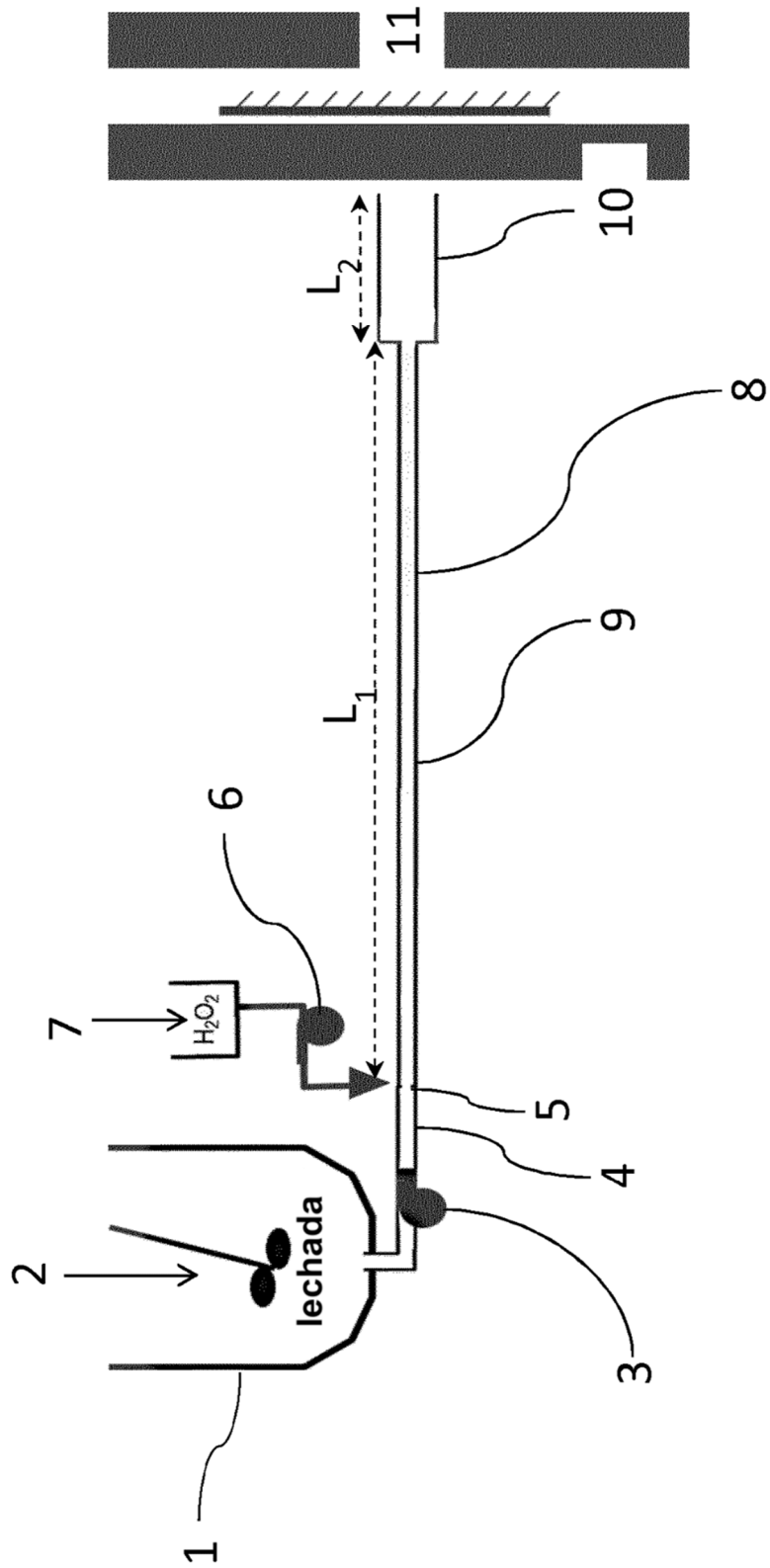


FIGURA 1

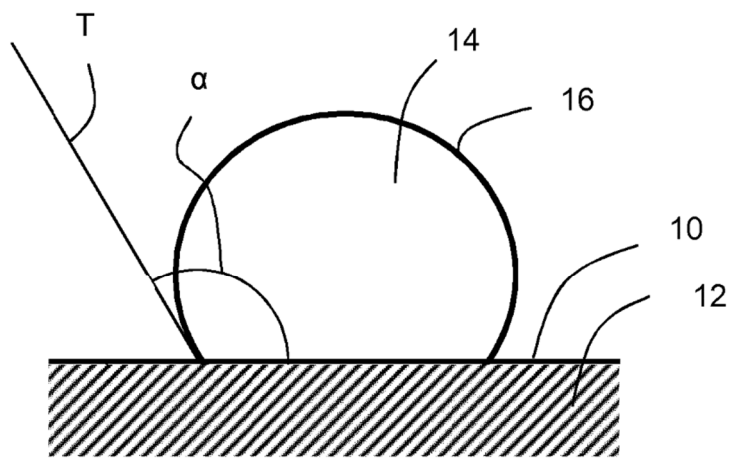


FIGURA 2

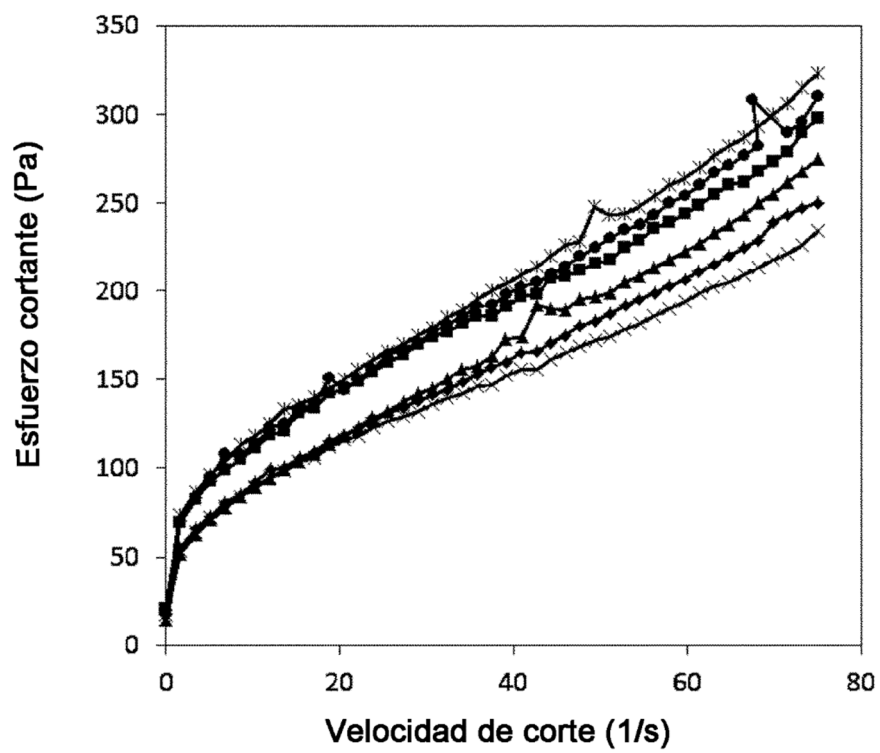


FIGURA 3

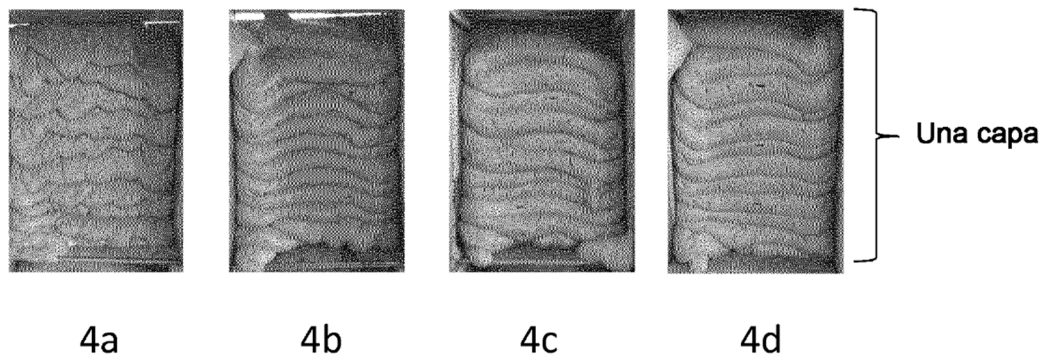


FIGURA 4

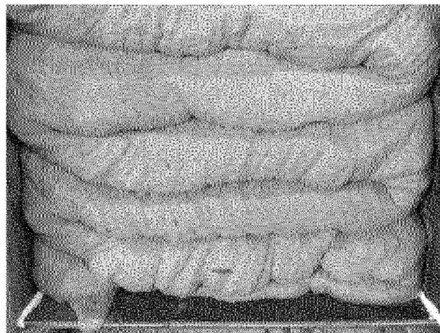


FIGURA 5

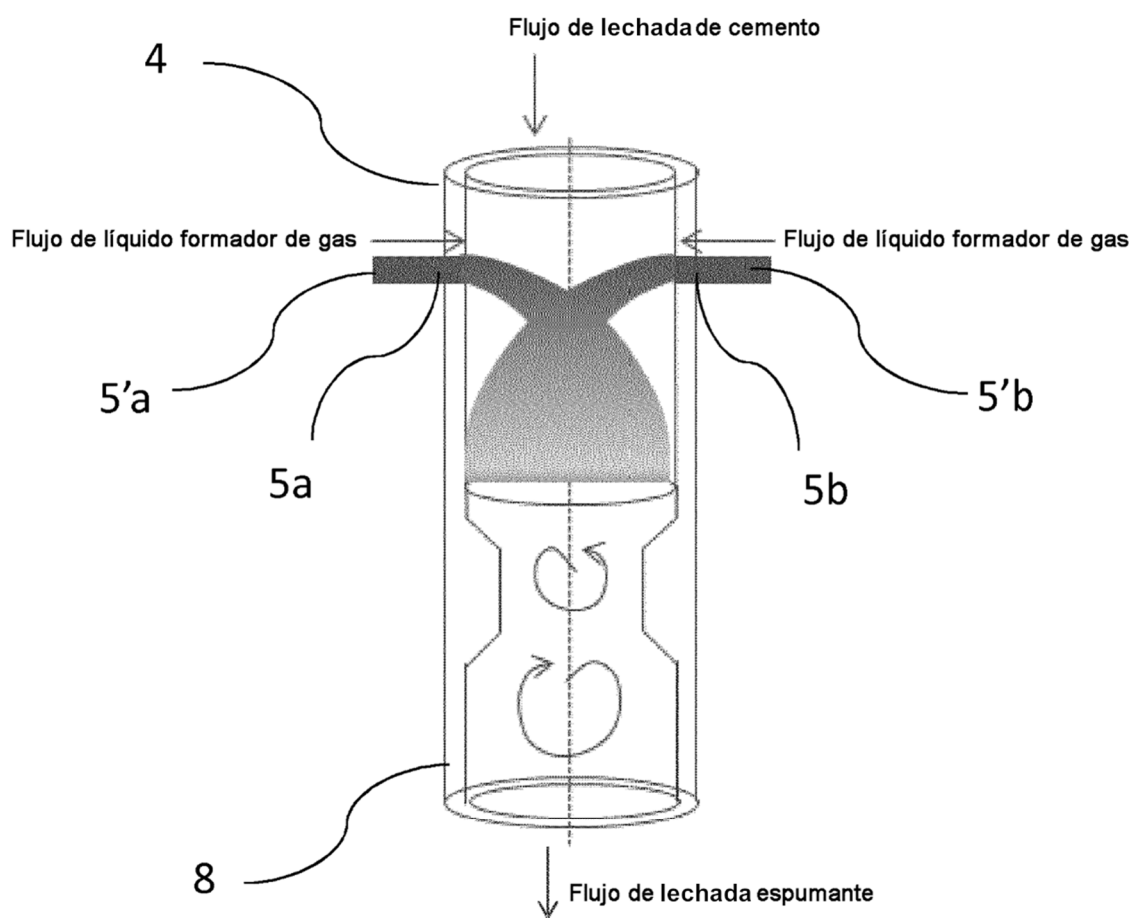


FIGURA 6