(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 987 969**

(51) Int. Cl.:

D04H 1/4209	(2012.01)	***C03C 25/26***	(2008.01)
C03C 25/002	(2008.01)	***C03C 25/34***	(2006.01)
C03C 25/005	(2008.01)		
D04H 1/4218	(2012.01)		
D04H 1/587	(2012.01)		
D04H 1/60	(2006.01)		
D06B 1/02	(2006.01)		
C03C 25/36	(2006.01)		
D06B 19/00	(2006.01)		
C03C 25/146	(2008.01)		

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2021 PCT/FR2021/050457**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2021 WO21191533**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2021 E 21716500 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2024 EP 4127287**

(54) Título: **Método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral utilizando un aglutinante termoendurecible sólido**

(30) Prioridad:

24.03.2020 FR 2002863

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2024

(73) Titular/es:

SAINT-GOBAIN ISOVER (100.0%)
Tour Saint-Gobain12 Place de l'Iris
92400 Courbevoie, FR

(72) Inventor/es:

SECK, MAMADOU y
DELMÉE, MICKAËL

(74) Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

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

DESCRIPCIÓN

Método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral utilizando un aglutinante termoendurecible sólido

La presente invención se refiere a un método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico, que comprende fijar un polvo aglutinante termoendurecible y soluble en agua sobre fibras de lana mineral previamente humidificadas.

La fabricación de productos aislantes a base de lana mineral generalmente comprende una etapa de fabricación de fibras de vidrio o roca mediante un método de centrifugación de vidrio fundido o roca fundida (fibrización). Las fibras recién formadas son transportadas por una corriente de aire caliente a una cinta transportadora que las recoge (formándolas) y las transporta a través de un horno de curado. En el trayecto entre el dispositivo de centrifugación (formación de fibras) y la cinta colectora de fibras, se pulveriza una composición aglutinante termoendurecible acuosa sobre las fibras, que posteriormente se someten a una reacción termoendurecible a temperaturas de aproximadamente 200 °C en el horno de curado.

Las composiciones aglutinantes acuosas son soluciones acuosas diluidas, con baja viscosidad, de reactivos monoméricos, oligómeros y/o resinas poliméricas. Se pulverizan sobre las fibras minerales recién formadas, aún calientes, mediante un anillo pulverizador situado aguas abajo del dispositivo de centrifugación, en las inmediaciones de este último.

Cuando las fibras se recogen y se ensamblan en forma de estera (o *loft*) en la cinta colectora, quedan pegajosas y la película de composición aglutinante que rodea las fibras minerales aún contiene agua.

Solo cuando la estera de lana mineral del tamaño adecuado entra en el horno de curado con temperatura controlada, se completa la evaporación del agua y comienza la reacción de condensación de los reactivos aglutinantes.

Una instalación para fabricar productos aislantes a base de lana mineral unida a aglutinantes orgánicos, que funciona de la manera descrita anteriormente (pulverización de la composición aglutinante sobre las fibras aún calientes, evaporación parcial del agua, formación de una estera de fibras pegajosas, curado de la estera de fibras pegajosas en el horno), comprende necesariamente un sistema para lavar las instalaciones, en particular un sistema para lavar la cámara de formación y la correa colectora. De hecho, la alta adherencia de las fibras encoladas, que aún están húmedas, transportadas en una corriente de aire caliente entre el dispositivo de fibrización y la cinta transportadora, provoca la suciedad de las paredes de la cámara de formación, la cinta transportadora y el dispositivo de succión que se encuentra debajo de ella.

El agua de lavado se recicla en un circuito cerrado, se filtra, neutraliza y se reutiliza para la fabricación de soluciones aglutinantes y para el lavado de los equipos de producción. El sistema de lavado de las instalaciones de producción y el reciclaje del agua de lavado en un circuito cerrado representan una fracción importante de los costos de inversión y operación de una instalación de producción de productos aislantes a base de lana mineral aglomerada.

La presente invención tiene como objetivo proponer un método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico que no comprenda una etapa durante la cual las fibras minerales encoladas mediante una composición aglutinante, parcialmente secas y pegajosas, se transporten mediante una corriente de aire entre el dispositivo de fibrización y la zona para formar una estera.

En el método para fabricar productos aislantes de la presente invención, el aglutinante no se aplica a fibras minerales recién formadas aún calientes, sino a fibras minerales a temperatura ambiente (es decir, en equilibrio térmico con el entorno circundante).

Los inventores presentaron una solicitud de patente francesa (FR2.000.151) el 9 de enero de 2020, que aún no se había publicado en el momento de la presentación de la presente solicitud, para un método que comprende la aplicación de una composición aglutinante acuosa a fibras minerales a temperatura ambiente, secar la composición aglutinante acuosa a una temperatura moderada y luego fijar los reactivos del aglutinante mediante reticulación térmica.

El método de la presente invención no consiste en aplicar una solución acuosa de un aglutinante termoendurecible reactivo a las fibras minerales que se van a unir, sino en fijar partículas sólidas de reactivos termoendurecibles sobre las fibras minerales, también denominadas en lo sucesivo «partículas aglutinantes». Las partículas sólidas de los reactivos termoendurecibles están en forma de un polvo que fluye libremente, en otras palabras, las partículas aglutinantes no son pegajosas y, por lo tanto, no se adhieren espontáneamente a las fibras. Si las partículas aglutinantes se mezclaran simplemente con fibras minerales, las partículas atravesarían la red de fibras y se acumularían, bajo el efecto de la gravedad, en ciertas áreas del producto.

Por lo tanto, los inventores se encontraron con la dificultad de fijar estas partículas de aglutinante a las fibras minerales para obtener una distribución regular de las partículas de aglutinante en la mezcla de fibra/partículas con el objetivo

de distribuir el aglutinante de la manera más uniforme posible en el producto aislante final, asegurando propiedades mecánicas uniformes.

Las solicitudes internacionales WO2017/036.838 y WO2017/08.639 describen un método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral en donde las partículas aglutinantes a base de carbohidratos simplemente se mezclan con fibras de lana mineral, calentándose luego la mezcla bajo compresión. Los productos obtenidos tienen altas densidades, del orden de 500 kg/m^3, y altos niveles de aglutinante, del orden del 10 % en peso. Sin embargo, el método descrito en estas solicitudes no es aplicable a productos aislantes de menor densidad, por ejemplo, solo unas pocas decenas de kg por metro cúbico. En una mezcla física de partículas y fibras de baja densidad, las partículas tienden, bajo el efecto de la fuerza gravitacional, a atravesar la red de fibras minerales de baja densidad y a acumularse en las capas inferiores de la mezcla.

Los medios que han encontrado los inventores para superar esta dificultad son simples, económicos y efectivos y, además, no presentan ningún problema ecológico y/o de salud para el personal de la fábrica. De hecho, los inventores han descubierto que era suficiente humedecer ligeramente las fibras minerales antes de ponerlas en contacto con las partículas aglutinantes, de modo que la película delgada de líquido, generalmente agua o un líquido acuoso, depositada en la superficie de las fibras retiene las partículas aglutinantes y evita que se acumulen en las áreas inferiores de la mezcla, incluso si esta última es de baja densidad. Simplemente es necesario garantizar que la cantidad de líquido humidificador no sea demasiado grande para evitar la disolución de las partículas en la película líquida.

Por lo tanto, la presente invención se refiere a un método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico en donde las partículas de aglutinante se ponen en contacto con fibras minerales previamente humidificadas, antes de calentar la mezcla obtenida de ese modo a una temperatura suficiente para hacer que los reactivos del aglutinante reaccionen y, por lo tanto, formen un aglutinante insoluble e infusible.

La invención se refiere más particularmente a un método de fabricación de productos aislantes a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico, que comprende las siguientes etapas sucesivas:

(a) proporcionar una lana mineral,

(b) humidificar la lana mineral,

(c) poner las fibras de lana mineral humidificadas en contacto con partículas de aglutinante que comprenden una mezcla de reactivos termoendurecibles,

(d) dar forma a la mezcla de lana mineral y partículas aglutinantes, y

(e) calentar la mezcla moldeada a una temperatura y durante un período suficientes para permitir la condensación de los reactivos y la formación de un producto aislante a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico insoluble e infusible.

La lana mineral proporcionada en la etapa (a) es preferiblemente lana mineral virgen, es decir, lana mineral que consiste en fibras de vidrio o roca obtenidas mediante un método de centrifugación de vidrio fundido o roca fundida, denominado fibrización. Las fibras de lana mineral virgen no tienen aglutinante orgánico en su superficie.

La lana mineral proporcionada en la etapa (a) también puede ser lana mineral reciclada, es decir, lana mineral cuyas fibras llevan un aglutinante orgánico termoestable en su superficie.

Naturalmente, la lana mineral proporcionada en la etapa (a) también puede ser una mezcla de lana mineral virgen y lana mineral reciclada.

La lana mineral proporcionada se encuentra generalmente a temperatura ambiente, es decir, en equilibrio térmico con su entorno.

Se recomienda proceder, antes de la etapa de humidificación, a abrir las escamas o terrones de lana mineral. Esta etapa de apertura tiene la función de separar las fibras entre sí, de individualizarlas para hacerlas más accesibles a las partículas aglutinantes aplicadas en la etapa (c). La etapa de apertura se puede implementar, por ejemplo, cardando por medio de un dispositivo apropiado conocido en el estado de la técnica. En una realización particularmente preferida del método de la invención, se usa un medio neumático para la apertura de las fibras minerales, por ejemplo, una corriente rápida de aire, que circula preferiblemente en una cámara de turbulencia. De hecho, los inventores han observado que la apertura de las escamas de fibras de lana mineral al pasar a través de una cámara de turbulencia neumática permitía ventajosamente desenmarañar las fibras al tiempo que limitaba su rotura tanto como fuera posible. Por lo tanto, el producto aislante final contiene fibras más largas que las obtenidas después de la utilización de un medio de desenmarañado mecánico y, por lo tanto, se mejora su rendimiento mecánico.

La etapa (b) de humidificación de la lana mineral puede, en principio, implementarse por cualquier medio apropiado que permita depositar una cantidad controlada de agua en forma de una película delgada sobre la superficie de las fibras. De este modo, es posible, por ejemplo, exponer la lana mineral a vapor de agua caliente, condensándose este vapor de agua al contacto con las fibras a temperatura ambiente. También es posible contemplar la exposición de la lana mineral a un aerosol de agua, por ejemplo, una neblina o un aerosol acuoso.

Por lo general, no se recomienda sumergir la lana mineral en agua o en una solución o dispersión acuosa porque esto depositaría cantidades excesivamente altas de agua sobre las fibras, lo que podría disolver las partículas de aglutinante.

Debe garantizarse que la lana mineral humidificada comprenda, cuando se pone en contacto con las partículas aglutinantes, preferiblemente del 0,2 al 1,5 % en peso, más preferiblemente del 0,3 al 1,2 %, en particular del 0,4 al 1,0 % en peso de agua, expresándose estos porcentajes en relación con la lana mineral seca.

Cuando en esta solicitud se hace referencia a la humidificación de la lana mineral, por lo general se refiere a la aplicación de agua sin otros aditivos. Sin embargo, es posible contemplar la aplicación de soluciones o dispersiones acuosas que contengan, por ejemplo, agentes de acoplamiento, una fase oleosa dispersa (agente antipolvo) o incluso agentes bactericidas, tensioactivos, colorantes u otros aditivos conocidos.

De lo anterior se deduce que el método de la presente invención no incluye una etapa destinada a reforzar la unión mecánica entre las fibras minerales mediante el enmarañado de las fibras minerales; Por lo tanto, el método según la invención no incluye una etapa de punción antes o después de la etapa de humidificación o incluso antes o después de la etapa de poner las fibras humidificadas en contacto con las partículas aglutinantes.

La etapa (c) de poner las fibras minerales humidificadas en contacto con las partículas aglutinantes se lleva a cabo ventajosamente usando un mezclador neumático, preferiblemente usando una corriente de aire comprimido que pasa a través de una cámara de turbulencia, en donde se introducen, preferiblemente de forma continua, las partículas aglutinantes. Naturalmente, la corriente de aire comprimido que transporta las fibras y las partículas durante la fase de mezcla (etapa (c)) debe estar a una temperatura relativamente baja, preferiblemente inferior o igual a la temperatura ambiente, para no evaporar totalmente el agua de humidificación. La temperatura de la corriente de aire está comprendida ventajosamente entre 10 y 25 °C, en particular entre 15 y 20 °C.

Se pueden contemplar otros medios para poner las partículas en contacto con la lana mineral. Así, es posible, por ejemplo, rociar una fina capa de lana mineral humidificada uniformemente con una «lluvia» de partículas, generada por una malla vibratoria por debajo de la cual pasa la capa de lana mineral. Alternativamente, el cardado de la lana mineral humidificada se puede llevar a cabo bajo una malla vibratoria a través de la cual pasa un flujo constante de partículas aglutinantes.

Estos dos últimos modos de aplicar las partículas a la lana mineral humidificada pueden, por supuesto, ir seguidos de una etapa de agitación en una cámara de turbulencia neumática.

Los inventores se sorprendieron al descubrir que, a pesar de la presencia simultánea de fibras, agua y partículas aglutinantes solubles en agua, las fibras húmedas en cuya superficie se inmovilizan las partículas no se adhieren entre sí y, en particular, no ensucian la cámara de turbulencia neumática utilizada para agitar, siempre que se controle la cantidad de agua utilizada para humedecer las fibras.

La etapa (d) de dar forma a la lana mineral se lleva a cabo preferiblemente mediante moldeo y/o compresión. El molde usado para moldear los productos debe estar hecho de un material capaz de soportar la temperatura de la etapa de termoendurecimiento. También debe tener una estructura que permita que el aire caliente del horno de curado penetre fácilmente en el producto moldeado. El molde puede consistir, por ejemplo, en una malla metálica con forma de caja. La caja de malla metálica se llena preferiblemente con un volumen de lana mineral termoendurecible suelta que es mayor que su capacidad y luego se cierra con una cubierta de malla metálica. De este modo, la lana mineral se comprime más o menos según el exceso de volumen de llenado. Este exceso de volumen de llenado de la caja con lana mineral termoendurecible está comprendido, por ejemplo, entre el 10 % y el 150 %, preferiblemente entre el 15 y el 100 % y, en particular, entre el 20 y el 80 %.

Cuando el método de la presente invención es un método continuo, la conformación de la lana mineral se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante compresión mediante un rodillo ubicado en la entrada del horno de curado sobre un transportador, siendo la relación de compresión preferiblemente entre el 20 y el 70 %, en particular entre el 30 y el 60 %.

La etapa de endurecer la lana mineral moldeada calentándola a una temperatura durante el tiempo suficiente para permitir que los componentes del aglutinante se condensen (polimerización/reticulación) y se forme un aglutinante insoluble se lleva a cabo en condiciones que son familiares para un experto en la materia. Cuando el método es un método continuo, el horno de curado es ventajosamente idéntico al horno de una línea para fabricar productos aislantes de la técnica anterior, en donde se hace pasar aire comprimido muy caliente a través de la estera de lana mineral.

La temperatura de calentamiento de la etapa (e) está comprendida ventajosamente entre 130 °C y 240 °C, preferiblemente entre 180 °C y 230 °C, en particular entre 190 °C y 220 °C. El tiempo de calentamiento está comprendido ventajosamente entre 30 segundos y 15 minutos, preferiblemente entre 1 minuto y 10 minutos, en particular entre 2 y 8 minutos.

Es fácil ajustar la densidad y el espesor de los productos aislantes a base de lana mineral obtenida mediante el método de la presente invención variando la velocidad de compresión de la lana mineral termoendurecible durante la etapa de curado. Los productos aislantes tienen generalmente una densidad comprendida entre 4 y 70 kg/m^3, preferiblemente entre 5 y 60 kg/m^3, en particular entre 6 y 45 kg/m^3.

Su espesor está comprendido generalmente entre 20 mm y 500 mm, ventajosamente entre 40 mm y 300 mm, preferiblemente entre 50 mm y 200 mm, y en particular entre 60 mm y 150 mm.

Tienen un contenido de aglutinante, medido por la pérdida por ignición, comprendido entre el 3 y el 9 %, preferiblemente entre el 4 y el 8 %, idealmente entre el 4,5 y el 7 %.

Los aglutinantes que se pueden usar en la presente invención incluyen todas las mezclas de reactivos orgánicos, sólidos a temperatura ambiente, capaces de reaccionar a alta temperatura para formar un sistema polimérico reticulado, insoluble e infusible.

Esta definición excluye las resinas de fenol formaldehído (resoles) que son líquidas a temperatura ambiente, pero puede incluir ciertas resinas epoxídicas de novolaca que son sólidas a temperatura ambiente.

En una realización ventajosa de la invención, las partículas aglutinantes comprenden al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos el 70 % en peso, e idealmente al menos el 90 % en peso de reactivos de base biológica, renovables a corto plazo, es decir, que no provienen de la industria petrolera.

Estos reactivos de base biológica se eligen en particular entre sacáridos, productos de hidrogenación de sacáridos y ácidos policarboxílicos de base biológica, que son sólidos a temperatura ambiente.

Preferiblemente comprenden al menos un azúcar y/o azúcar hidrogenado y ácido cítrico.

La reacción entre los sacáridos y/o los productos de hidrogenación de sacáridos y el ácido policarboxílico se cataliza ventajosamente mediante un catalizador, particularmente mediante hipofosfito de sodio (SHP), también presente en las partículas aglutinantes.

Los sistemas aglutinantes termoendurecibles para lana mineral basados en sacáridos reductores, sacáridos no reductores y/o azúcares hidrogenados y ácidos policarboxílicos se describen en detalle en las solicitudes internacionales WO2009/080.938, WO2010/029.266, WO2013/014.399, WO2013/021.112 y WO2015/132.518 a nombre del solicitante.

Los reactivos de base biológica comprenden al menos el 70 % en peso, preferiblemente al menos el 80 % e idealmente al menos el 90 % en peso de azúcares hidrogenados y ácido cítrico.

Los reactivos de base biológica también pueden ser, por ejemplo, reactivos de la reacción de Maillard que comprenden, por un lado, azúcares reductores y, por otro lado, un reactivo amínico o que contiene nitrógeno, particularmente una sal de amonio de un ácido carboxílico, un ácido mineral, tal como el ácido sulfúrico o fosfórico, o un ácido organofosfónico u organosulfónico. Dichos aglutinantes se conocen, por ejemplo, por las solicitudes WO2007/014236, WO2009/019.232 y WO2012/037.451.

Ventajosamente, *cada* partícula aglutinante contiene *todos los* reactivos orgánicos, de base biológica o no, necesarios para formar una red reticulada de aglutinante orgánico. En otras palabras, es preferible no mezclar simplemente varios polvos, cada uno de los cuales comprende un único tipo de reactivo, por ejemplo, un polvo de azúcar con un polvo de ácido cítrico y un polvo de hipofosfito de sodio, sino usar un polvo en donde los diferentes reactivos y catalizadores estén íntimamente mezclados, a nivel molecular, dentro de la misma partícula aglutinante. Un polvo de este tipo que contiene todos los reactivos en cada una de las partículas que lo constituyen se puede preparar, por ejemplo, mediante liofilización o mediante secado por pulverización de una solución acuosa de los reactivos aglutinantes y catalizadores. Se prefieren los polvos formados mediante secado por pulverización a los obtenidos mediante liofilización porque estos últimos pueden disolverse con demasiada facilidad en la película de agua sobre la superficie de las fibras de lana mineral. Además, a escala industrial, el secado por pulverización es considerablemente más fácil de llevar a cabo y menos caro.

Ejemplo

Se prepara un polvo que contiene un 45,7 % en peso de maltitol, un 49,5 % de ácido cítrico y un 4,76 % de hipofosfito de sodio secando por pulverización una solución acuosa. El polvo aglutinante resultante no es pesado y fluye libremente.

Las escamas de fibras de vidrio recuperadas de la etapa de conformación de un método de producción para soplar lana mineral se someten a una etapa de apertura (desenmarañado) durante 5 minutos en una cámara de turbulencia neumática a escala de laboratorio.

La humidificación de la lana mineral así desenmarañada se lleva a cabo inyectando vapor de agua caliente (100 °C) mediante un limpiador a vapor (Hoover SCD 1600) en la cámara de turbulencia utilizada para el desenmarañado. A escala de laboratorio, los inventores usaron un balde de agua de plástico con un orificio en el lateral (orificio de inyección de vapor) y cerrado por una malla.

Se comprueba pesando, antes y después de la humidificación, que la cantidad de agua fijada en las fibras minerales esté comprendida entre el 0,2 y el 1,5 %.

Luego se añaden 80 g de fibras minerales humidificadas a 4 g del aglutinante en polvo, y luego se mezclan durante 5 minutos en una cámara de turbulencia que funciona con aire comprimido seco a temperatura ambiente.

Se obtienen así fibras de lana mineral ligeramente húmedas que tienen partículas de polvo aglutinante en su superficie. La verificación mediante microscopía óptica (Keyence VHZ 2000) muestra que las partículas aglutinantes son visibles. No se disuelven en la película de agua.

La lana mineral se introduce luego en una caja de malla metálica y se comprime ligeramente. El conjunto se hornea durante 15 minutos en un horno de aire caliente con temperatura controlada a 215 °C.

El producto aislante de lana mineral tiene una densidad de 28 kg/m^3 y un contenido de aglutinante (pérdida por ignición) del 5,4 %. Tiene una resistencia a la compresión igual de 3,7 ± 0,72 kPa (con una deformación del 10 %).

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar productos aislantes a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico, que comprende las siguientes etapas sucesivas:

(a)proporcionar una lana mineral,
(b)humidificar la lana mineral,
(c)poner las fibras de lana mineral humidificadas en contacto con partículas de aglutinante que comprenden una mezcla de reactivos termoendurecibles,
(d)dar forma a la mezcla de lana mineral y partículas aglutinantes, y
(e)calentar la mezcla moldeada a una temperatura y durante un período suficientes para permitir la condensación de los reactivos y la formación de un producto aislante a base de lana mineral unida por un aglutinante orgánico insoluble e infusible.

2. El método según la reivindicación 1, caracterizado porque la lana mineral proporcionada en la etapa (a) es lana mineral virgen o lana mineral reciclada, o una mezcla de lana mineral virgen y lana mineral reciclada.

3. El método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el producto aislante a base de lana mineral obtenido en la etapa (e) tiene una densidad comprendida entre 4 y 70 kg/m^3, preferiblemente entre 5 y 60 kg/m^3, en particular entre 6 y 45 kg/m^3.

4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el producto aislante a base de lana mineral obtenido en la etapa (e) tiene un contenido de aglutinante, determinado por la pérdida por ignición, comprendido entre el 3 y el 9 %, preferiblemente entre el 4 y el 8 %, e idealmente entre el 4,5 y el 7 %.

5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende además, antes de la etapa (b), una etapa de apertura de las fibras, preferiblemente cardando o haciendo pasar lana mineral a través de una cámara de turbulencia.

6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa (b) de humidificación de la lana mineral se lleva a cabo exponiendo la lana mineral a vapor de agua o a un aerosol de agua.

7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la lana mineral humidificada comprende, cuando se pone en contacto con las partículas aglutinantes, del 0,2 al 1,5 % en peso, preferiblemente del 0,3 al 1,2 %, en particular del 0,4 al 1,0 % en peso de agua.

8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa (c) de poner las fibras minerales humidificadas en contacto con las partículas aglutinantes se lleva a cabo usando un mezclador neumático, preferiblemente usando una corriente de aire comprimido que pasa a través de una cámara de turbulencia.

9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las partículas aglutinantes comprenden al menos el 50 % en peso, preferiblemente al menos el 70 % en peso, e idealmente al menos el 90 % en peso de reactivos de base biológica.

10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los reactivos de base biológica se seleccionan entre sacáridos, productos de hidrogenación de sacáridos y ácidos policarboxílicos de base biológica.

11. El método según la reivindicación 9, caracterizado porque los reactivos de base biológica comprenden al menos un azúcar y/o azúcar hidrogenado y ácido cítrico.

12. El método según la reivindicación 11, caracterizado porque los reactivos de base biológica comprenden al menos el 70 % en peso, preferiblemente al menos el 80 %, e idealmente al menos el 90 % en peso de azúcares hidrogenados y ácido cítrico.

13. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la etapa (d) de dar forma a la lana mineral se lleva a cabo moldeando y/o comprimiendo la lana mineral.

14. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura de calentamiento de la etapa (e) está comprendida entre 130 °C y 240 °C, preferiblemente entre 180 °C y 230 °C.

15. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque no incluye una etapa destinada a reforzar el aglutinante mecánico entre las fibras minerales mediante el enmarañado de las fibras minerales.