

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 298**

51 Int. Cl.:

**C08J 9/00** (2006.01)  
**C08J 9/30** (2006.01)  
**C04B 26/06** (2006.01)  
**C04B 28/24** (2006.01)  
**C04B 38/00** (2006.01)  
**F16L 59/00** (2006.01)  
**C04B 14/28** (2006.01)  
**C04B 14/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2012 PCT/FR2012/051661**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13007957**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2012 E 12744090 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2731985**

54 Título: **Materiales de aislamiento térmico de alto rendimiento**

30 Prioridad:

**13.07.2011 FR 1156427**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.05.2019**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ISOVER (100.0%)  
18 Avenue d'Alsace  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**GOLETTO, VALÉRIE;  
LOUAPRE, DAVID y  
PARNEIX, CAROLINE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 714 298 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

Materiales de aislamiento térmico de alto rendimiento

La presente invención se refiere a un material de aislamiento térmico de alto rendimiento, su procedimiento de fabricación, así como su utilización en el ámbito de la construcción para aislar las paredes (exteriores o interiores) de los edificios o rellenar los intersticios en los materiales (muros huecos o "cavity walls", canalizaciones, etc.), este material aislante puede presentarse en forma de paneles o eventualmente en forma de granulados, bloques, capas, proyectados, moldeados, etc.

También es siempre importante la demanda de productos de aislamiento rentables, en particular de productos de aislamiento término, ya sea en el mercado de construcciones nuevas o en el de las renovaciones. Además, están creciendo igualmente en una óptica principalmente de desarrollo sostenible las propiedades de aislamiento aumentadas y el respeto por el pliego de condiciones de las obras del edificio, la demanda de productos que ofrecen más comodidad en el uso, de sostenibilidad, ahorro en materias primas, etc. Resulta particularmente ventajoso, en esta investigación de materiales que ofrecen un mejor aislamiento térmico que dichos materiales presenten, asimismo, es decir mejoren, otras propiedades buscadas en la construcción de los edificios, principalmente en materia de aligeramiento de condiciones, de resistencia mecánica, de aislamiento acústico, etc.

Conocemos actualmente una gran variedad de aislante térmicos. De entre los productos más comunes se pueden citar los aislantes fibrosos, a base de fibras naturales o sintéticas como la lana de vidrio o la lana de roca, los aislantes celulares del tipo de polímero expandido como el poliestireno expandido o extruido o las espumas fenólicas o de poliuretano. Los rendimientos térmicos de los materiales aislante esencialmente minerales se traducen en unos valores de conductividad térmica  $\lambda$  habitualmente superiores a 35, en particular del orden de 40 mW/mK., valores que pueden ser más bajos en los aislantes esencialmente orgánicos, por ejemplo, en el caso de los aislantes esencialmente celulares que incorporan un gas de más baja conductividad térmica que el aire, para mejorar los rendimientos térmicos. Un inconveniente de estos materiales sin embargo es la dificultad de conservar el gas en el seno de la matriz a lo largo del tiempo, el material pierde con el envejecimiento una parte de sus rendimientos térmicos. Además, para los aislantes orgánicos, la reacción al fuego es mala debido a su naturaleza.

Se puede asimismo recurrir a materiales en los cuales se haya efectuado un vacío de forma que se formen por ejemplo unos paneles al vacío. Estos aislantes son difíciles de usar porque no se pueden recortar, ni perforar, y pueden sufrir una pérdida progresiva del vacío en caso de larga duración.

Se pueden citar igualmente como aislantes los aerogeles, generalmente en forma de gránulos translúcidos o de polvo, que presentan unos tamaños de grano o gránulos clásicamente del orden de mm, aerogeles particularmente eficientes en términos de aislamiento térmico pero cuyas débiles propiedades mecánicas obligan a utilizarlos con unas protecciones o un agente de reforzamiento, o los aerogeles en el seno de los hilados (o capas) formados de fibras enredadas (mecánicamente resistentes) para los cuales puede ser difícil dar una forma determinadas. Estos aerogeles (en particular de sílice) son difíciles y costosos de obtener a escala industrial, necesitan unas condiciones de secado delicadas y su combinación con otros aislantes para obtener resistencia mecánica o una forma adecuada puede ser compleja. Su uso sigue siendo por lo tanto limitado. Un material de aislamiento térmico a base de un aerogel se describe en el documento WO 2010126792.

Por consiguiente, existe una fuerte demanda para desarrollar unos materiales con buen rendimiento en términos de aislamiento térmico, pero más fáciles y menos costosos de fabricar industrialmente (en particular, productos a partir de materias primas abundantes) que lo aerogeles principalmente. Además de los buenos rendimientos térmicos (mejorados en relación con los productos minerales habituales), es deseable que el producto presente una buena resistencia (principalmente al envejecimiento o en término de resistencia mecánica o, además, química, al fuego, etc....) sin aumentar el peso de su carga. Resultaría igualmente deseable que siguiera siendo fácil de extender cuando se endurece y permita la realización de todas las formas deseables, principalmente el moldeado (o eventualmente por extensión o protección de una capa).

La presente invención alcanza este objetivo y remedia de este modo los inconvenientes vistos anteriormente proponiendo un nuevo material aislante térmico, en particular (por lo menos) en forma de espuma sólida, este material está formado a partir de (de hecho a partir de, o a base de, o formado por) partículas minerales, diferentes de los aerogeles, de (o que presentan una) porosidad sub (o sub-)micrónica (es decir que comprende unos poros de diámetros inferiores a 1  $\mu\text{m}$ ), este material integra (o comprende o combina) dos gamas de porosidades diferentes (o distintas o separadas), del que una primera gama (denominada porosidad en la presente invención), constituida por poros (denominados macroporos) de diámetros ( es decir que presenta una distribución de diámetros) comprendidos entre 10 micras y 3 mm, en particular comprendido entre algunas decenas y algunas centenas de micras (y principalmente entre 10 y 500  $\mu\text{m}$ ), y una segunda gama (denominada de porosidad submicrónica en la presente invención) constituida por poros (denominados submicrónicos) de diámetros (es decir, que presentan una distribución de diámetros) superiores a 4 nm, preferentemente superiores a 5 nm, e inferiores a 1  $\mu\text{m}$ , el volumen poroso de dichos poros submicrónicos por lo menos es de 0,5  $\text{cm}^3/\text{g}$  ( es decir 0,5  $\text{cm}^3$  por gramo de material) y la masa volumétrica (aparente o global, es decir media sobre el conjunto del producto) del material aislante es inferior a 300  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

El producto según la invención comprende de este modo dos porosidades/dos tipos de poros (se diferencian significativamente por su tamaño (se observan en este caso dos distribuciones de tamaños de poros alrededor de dos picos distintos), calificado en este caso por su diámetro), los poros de una categoría (como los poros submicrónicos) están presentes entre los poros de otra categoría (tales como los macroporos). De forma general y ventajosa, solo dos porosidades/tipos de poros están presentes en el producto, sin embargo, no se excluye que el producto pueda comprender más de dos porosidades/tipos de poros (principalmente alrededor de los picos de distribución diferentes). Se calcula el diámetro que permite calificar los poros submicrónicos, como se explica a continuación, a partir de las medidas de volúmenes porosos por porosimetría con intrusión de mercurio, con la ayuda de la ecuación de Washburn, el diámetro de los macroporos se mide por microscopía electrónica de barrido (SEM) o por tomografía X.

El producto presenta unos poros (y está formado por partículas que presentan poros) submicrónicos de diámetros superiores a 4 nm, generalmente superiores a 5 nm, principalmente superiores a 7 nm y en particular superiores a 10 nm e inferiores a 1  $\mu\text{m}$  (los diámetros varían dentro de estos límites según las partículas minerales iniciales utilizadas, principalmente según su naturaleza y su superficie específica, la distribución de diámetros que pueden además ser más o menos estrechos o apretados alrededor de un pico). Como se ha indicado anteriormente, los macroporos son de diámetros (es decir presentan una distribución de diámetros) entre 10 micras y 3 mm, ventajosamente superiores a 50  $\mu\text{m}$  incluso superiores a 100  $\mu\text{m}$ , y ventajosamente inferiores a 500  $\mu\text{m}$ , incluso inferiores a 300  $\mu\text{m}$ .

Ventajosamente las partículas minerales citadas anteriormente son a base de óxidos (di o tetra) de silicio y/o de sus derivados (sales, ésteres), en particular que integran unos metales alcalinotérreos (Ca, Mg) o no (Al), principalmente estas partículas son (por lo menos uno de los materiales siguientes o del tipo siguiente): de sílice, un silicato (en particular silicato de metal alcalino o de metal alcalinotérreo y preferiblemente que presentan calcio y/o magnesio) y/o una arcilla, y/o las partículas minerales citadas anteriormente son a base de dolomitas (de fórmula general  $\text{AB}(\text{CO}_3)_2$  en la que A puede ser un átomo de calcio, de bario y/o de estroncio, y B puede ser hierro, magnesio, zinc y/o manganeso) y/o carbonatos, en particular calcomagnesianos (a base de calcio y/o de magnesio), como se describe con más detalle posteriormente.

Preferentemente, el volumen poroso para los poros submicrónicos varía de 0,5 a 3  $\text{cm}^3/\text{g}$ , principalmente entre 0,5 y 3  $\text{cm}^3/\text{g}$ , y el volumen poroso para los microporos es superior a 1  $\text{cm}^3/\text{g}$  (es decir, 1  $\text{cm}^3$  por gramo de material), preferiblemente superior a 3  $\text{cm}^3/\text{g}$ , y que en particular varía de 5 a 15  $\text{cm}^3/\text{g}$ . El volumen poroso para los poros submicrónicos ( $V_{\text{sm}}$ ) se determina por porosimetría de mercurio realizada por unos aparatos de referencia Pascal 140 y Pascal 440 comercializados por la empresa Thermo Scientific, y se considera como igual al volumen acumulado de mercurio en los poros para unas presiones de mercurio superiores a 1,47 MPa (presión calculada por la ecuación Washburn -Washburn, 1921- para un diámetro de poro de 1 micra) y yendo principalmente hasta 400 MPa con los aparatos citados anteriormente, se supone que los poros son cilíndricos, suponiendo la tensión de superficie de mercurio igual a 480  $\text{din}/\text{cm}$  y el ángulo de contacto partículas minerales/mercurio igual a 140 °, el volumen poroso es entonces en  $\text{cm}^3$  por gramo de material. El volumen poroso de los macroporos ( $V_{\text{m}}$ ) se determina por la fórmula:

$$V_{\text{m}} = 1/\rho_{\text{a}} - 1/\rho_{\text{s}} - V_{\text{sm}}$$

siendo  $\rho_{\text{a}}$  la masa volumétrica aparente del producto (correspondiente a la relación de su masa con su volumen), siendo  $1/\rho_{\text{a}}$  el volumen específico del material, siendo  $1/\rho_{\text{s}}$  la masa volumétrica del esqueleto (parte del producto ocupada por la materia densa/sin poros), (mayoritariamente) mineral, medida con un picnómetro de helio (norma ASTM-“standard test method for true specific gravity of refractory materials by gas-comparison pycnometer”, siendo  $1/\rho_{\text{s}}$  por ejemplo del orden de 2000  $\text{kg}/\text{m}^3$  para la sílice, la masa volumétrica puede estar por lo tanto dividida por un factor del orden de 10 entre la masa volumétrica inicial de las partículas y la del material final, esta disminución resulta principalmente de la formación de espuma y del aire producido por este hecho a una tasa de por lo menos 65% en volumen para obtener el producto según la invención), y siendo  $1/\rho_{\text{s}}$  el volumen específico del esqueleto.

El volumen poroso total ( $V_{\text{p}} = V_{\text{m}} + V_{\text{sm}}$ ) del material aislante térmico según la invención es ventajosamente superior a 1,5  $\text{cm}^3/\text{g}$ , y preferentemente comprendido entre 5,5 y 18  $\text{cm}^3/\text{g}$ .

El material aislante térmico según la invención se presenta en forma de una espuma sólida (generalmente rígida) de (o a base de) partículas minerales porosas, diferentes de los aerogeles y se obtiene en particular a partir de una mezcla de por lo menos los elementos siguientes: una espuma acuosa o agua, unas partículas minerales de porosidad submicrónica (la(s) mencionada(s) en la definición anterior de la invención), generalmente incorporadas a la espuma o al agua en forma de una dispersión/suspensión, dichas partículas que presentan (inicialmente, tal como se introducen en la mezcla) una superficie específica S superior a 5  $\text{m}^2/\text{g}$  (la superficie específica se da en  $\text{m}^2$  por gramo de partícula(s)), la mezcla puede comprender además en caso necesario, un aglutinante orgánico y/ o un aglutinante mineral, y/o un surfactante, y/o un agente porógeno, y/o unas fibras (o refuerzos), etc. como se ha explicado anteriormente.

La invención se refiere a una espuma (sólida, al contrario que la “espuma acuosa” usada para obtenerla) destinada al aislamiento térmico, dicha espuma (que forma el producto citado anteriormente según la invención) está formada

por partículas minerales porosas, diferentes de los aerogeles (esta espuma se califica como “espuma de partículas minerales”) e integra dos gamas de porosidades diferentes, una primera gama de (macro) poros de diámetro comprendido entre 10 micras y 3 milímetros, y una segunda gama de poros submicrónicos de diámetros superiores a 4 nm e inferiores a 1 micra y cuyo volumen poroso es de por lo menos de 0,5 cm<sup>3</sup>/g, la densidad aparente de la espuma es inferior a 300 kg/m<sup>3</sup>.

La creación de esta porosidad submicrónica (o volumen poroso en escala submicrónica) que atrapa aire en una estructura (una espuma) que presenta ya unos (macro)poros (esta macroporosidad procede de la espuma acuosa y corresponde a las burbujas de aire introducidas, el tamaño de las burbujas y macroporos sensiblemente esféricos resultantes son relativamente regulares, con una distribución más o menos estrecha o apretada en particular entre 50 μm y 500 μm, como ya se ha indicado), y en las zonas (o “muros”) entre dichos (macro)poros, mejora los rendimientos térmicos del producto, dando de este modo un producto comparativamente más ligero debido a la presencia de estos poros adicionales, esta porosidad adicional en los muros de la espuma es aportada principalmente por la porosidad intraparticular (inicialmente presente en las partículas utilizadas y resultante generalmente de su síntesis), y resultante igualmente del apilamiento de estas partículas porosas para constituir los muros de la espuma. Las espumas obtenidas según la invención presentan unas propiedades de aislamiento térmico mejoradas en relación con unas espumas inorgánicas más clásicas de la misma densidad, o en relación con unos aislantes celulares orgánicos normales de tipo poliestireno, a pesar de ser (más) económicos y de seguir siendo ligeros, y a pesar de presentar una mejor resistencia al envejecimiento y al fuego que los productos orgánicos con unos rendimientos de aislamientos térmicos equivalentes. Dichos materiales/espumas son también compatibles para su uso como material de relleno, que, para un uso en superficie, principalmente en la fachada.

Los rendimientos térmicos del aislante según la invención se traducen en unos valores de conductividad térmica λ (global) inferiores a 40 mW/mK, principalmente comprendidas entre 20 y 40 mW/mK aproximadamente, en particular inferiores a 35 mW/mK, y preferentemente inferiores a 30 mW/mK aproximadamente, disminuyendo notablemente hasta 25 mW/mK, incluso menos (los rendimientos térmicos son mejores en cuanto a la conductividad térmica es baja). La conductividad térmica λ (en W/mK) representa la cantidad de calor que pasa a través del aislante (de un metro de espesor, por m<sup>2</sup> y cuando la diferencia de temperatura entre las dos caras es de 1°K). Los valores de conductividad térmica λ (comparados a presión y temperatura idénticas, en particular, a presión atmosférica (1 bar) y temperatura ambiente se miden en el campo de la invención con un flujómetro de la serie HFM 436 de la empresa NETZSCH™ siguiendo los protocolos establecidos por las normas ASTM C518 e ISO 8301. La temperatura de caracterización es del orden de 25 °C, y las mediciones se realizan a presión atmosférica, la precisión de las mediciones se estima al 5 %.

A título comparativo, el aumento de rendimiento en materia de conductividad térmica para el producto según la invención puede ser de por lo menos 20 o 25 % (menos en conductividad térmica) en relación con una espuma sólida similar (mineral y de la misma densidad) pero obtenida sin las partículas porosas y que no presenta el doble de porosidad (pero únicamente los microporos), por ejemplo en relación con una espuma de vidrio obtenido principalmente a partir de vidrio que se ha fundido y después se ha introducido en un horno para espumado, como se ilustra posteriormente en los ejemplos comparativos.

El producto de la invención es mucho más fácil de obtener que los aerogeles (los cuales debido a su carácter hidrófobo no permiten obtener verdaderamente espuma y no generan el doble de porosidad como se define según la invención), obtenidos partiendo de precursores/materias primas y llevando a cabo una reacción química para formar la sustancia mineral que las forma (mientras que en el caso del producto según la invención, la sustancia mineral utilizada-las partículas minerales (diferentes de los aerogeles por lo tanto)- ya está formada y simplemente se le da forma sin recurrir a unos tratamientos que tienen como objetivo degradarla (trituration, etc.) o modificar su composición química, como aparece en el procedimiento según la invención explicado a continuación). La estructura porosa del producto según la invención y/o dicho producto se forma de este modo ventajosamente sin reacción química ni alteración como las citadas anteriormente. Se puede hacer la misma observación comparando estructuras o espumas meso- o nanoporosas existentes en otros ámbitos o aplicaciones (por ejemplo, utilizados para unos tamicos moleculares y obtenidas por ejemplo a través de sol-gel a partir de precursores), que, con especificidades y restricciones diferentes, resultan habitualmente de reacciones químicas o de operaciones mecánicas de degradación. El producto según la invención se obtiene por un procedimiento más simple y económico de a la hora de ponerlo en práctica.

La masa volumétrica aparente del material (o producto o espuma) según la invención es inferior a 300 kg/m<sup>3</sup>, y depende de la formulación (cantidad de agua, naturaleza y tasas de aditivos, del pH...) así como de las condiciones de espumado (tiempo de espumado, velocidad de agitación, geometría de la cuba y pala). La masa volumétrica se determina mediante la relación entre la masa de un volumen dado del material con dicho volumen. Preferentemente, la masa volumétrica es inferior o igual a 200 kg/m<sup>3</sup>, en particular inferior a 130 kg/m<sup>3</sup>, ventajosamente inferior a 120 kg/m<sup>3</sup>, incluso inferior a 100 kg/m<sup>3</sup> e incluso inferior a 80 kg/m<sup>3</sup>.

El material según la invención es mayoritariamente (con por lo menos el 80% en peso, incluso 90 %), incluso únicamente, mineral/inorgánico (las materias orgánicas eventualmente presentes pueden ser, si es necesario, un aglutinante orgánico, un injerto orgánico, etc.), lo que permite asegurar principalmente una buena resistencia al fuego. El material está formado además esencialmente (con por lo menos el 80% en peso, incluso 90 %), por unas

partículas minerales descritas anteriormente en una estructura de espuma. Estas partículas minerales pueden presentar diferentes formas (redondeadas, estrellas, placas, etc.), son sólidas y porosas, están formadas por moléculas inorgánicas, principalmente a base de óxido(s), y se utilizan directamente para formar el producto sin modificación de su fórmula.

5 Las partículas minerales están generalmente (inicialmente) en forma de polvo, cuya granulometría varía ventajosamente de 1  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$  de diámetro medio D50, este diámetro se mide por análisis granulométrico por difracción láser según la norma ISO 13320-1:2000 principalmente, el polvo se puede poner en dispersión, si es necesario, principalmente en agua (también se puede añadir aceite principalmente, por ejemplo para un efecto surfactante y de consolidación, y/o un aglutinante principalmente) y se utiliza (o se incorpora) en forma de dicha  
10 dispersión para formar el producto según la invención. Preferentemente, el tamaño de las partículas (D50) es inferior a 100  $\mu\text{m}$ , en particular inferior a 10  $\mu\text{m}$ .

La superficie específica inicial S de estas partículas minerales es superior a 5  $\text{m}^2/\text{g}$ , en particular superior a 10  $\text{m}^2/\text{g}$ , y ventajosamente superior a 20  $\text{m}^2/\text{g}$ , más particularmente superior a 30  $\text{m}^2/\text{g}$ , principalmente superior a 50  $\text{m}^2/\text{g}$ . Ventajosamente, incluso es superior a 60  $\text{m}^2/\text{g}$ , preferiblemente superior a 70  $\text{m}^2/\text{g}$ , más ventajosamente superior a 80  $\text{m}^2/\text{g}$ , y de forma incluso más preferida superior a 90  $\text{m}^2/\text{g}$ , incluso a 100  $\text{m}^2/\text{g}$ . Preferiblemente igualmente (estas partículas son generalmente y ventajosamente hidrófilos para poder ser dispersados en agua sin la adición de componente o agente surfactante para ello), es inferior a 500  $\text{m}^2/\text{g}$ , en particular inferior a 300  $\text{m}^2/\text{g}$ , principalmente inferior a 250  $\text{m}^2/\text{g}$  (para evitar una degradación de los rendimientos térmicos debido a dicho carácter hidrófilo).  
15

Las superficies específicas, expresadas en  $\text{m}^2/\text{g}$ , se miden por adsorción de nitrógeno (teoría de la adsorción múltiple de los gases con la ayuda de determinaciones de Brunauer, Emmett y Teller – método BET) conforme a la norma ISO 9277:2010.  
20

Preferiblemente, la sustancia mineral que forma las partículas minerales se selecciona de entre por lo menos una de las sustancias siguientes: por lo menos una sílice, en particular amorfa, como una sílice precipitada, una sílice pirogenizada, un humo de sílice, por lo menos un carbonato (en particular, carbonato de calcio o carbonato de magnesio, este carbonato es generalmente un carbonato de síntesis), por lo menos un silicato (en particular silicato de calcio) y/o por lo menos una arcilla.  
25

En una primera realización de la invención, las partículas minerales se seleccionan de entre los silicatos y/o los carbonatos, en particular los silicatos y/o los carbonatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, y preferentemente seleccionados de entre los compuestos calcomagnesianos, como silicatos y/o carbonatos de calcio y/o de magnesio. Los poros submicrónicos en el producto de la invención formados a partir de dichas partículas presentan en particular un diámetro comprendido entre 10 nm y 1  $\mu\text{m}$  (es decir que cada poro de esta categoría presenta un diámetro comprendido en esta gama, la distribución del conjunto de los diámetros de estos poros es más o menos estrecha o apretada) en particular entre 100 nm y 1  $\mu\text{m}$ , principalmente entre 500 nm y 1  $\mu\text{m}$ .  
30

En una segunda realización de la invención, las partículas minerales son unas partículas de sílice, el material de aislamiento térmico según la invención es entonces una espuma de sílice. Preferentemente, es una sílice amorfa (incorporada principalmente en forma de polvo de sílice). Los poros submicrónicos en el producto según la invención formados a partir de dichas partículas presentan en particular un diámetro inferior a 300 nm.  
35

Si fuera necesario, también es posible combinar varios tipos de partículas minerales porosas (por ejemplo, de utilizar conjuntamente unas partículas de sílice y unas partículas de carbonatos para formar el producto según la invención).

40 Además de las partículas minerales, el material según la invención se forma a partir de agua o una fase acuosa (no se excluye, la presencia de otro medio igualmente, por ejemplo de aceite y/o alcohol, principalmente glicerol), medio(s) en donde se encuentran o se incorporan las partículas minerales, y que hacen formar espuma (método denominado de “espuma directa” según la invención), y/o está formado por una espuma acuosa ya formada, en la que se añaden las partículas (principalmente en forma de dispersión, generalmente acuosa) (método denominado de “incorporación” según la invención). Por “espuma acuosa”, se entiende todo de tipo de espuma obtenida por un apilamiento desordenado de burbujas de gas en una fase acuosa. Este líquido de aspecto jabonoso o la fase acuosa de partida todavía no espumosa en la que se encuentran las partículas antes de la formación de la espuma, comprenden generalmente por lo menos un compuesto surfactante.  
45

Como surfactante (o agente espumante), se puede utilizar, en particular con las partículas minerales de tipo carbonato, silicato, arcilla o sílice, o por lo menos un (sal de) surfactante aniónico, en particular seleccionado de entre uno de los compuestos siguientes de fórmula general:  $\text{R-X}^-$ ,  $\text{Y}^+$ , para el que R es una cadena alifática de 10 a 24 átomos de carbono,  $\text{X}^-$  es un grupo que presenta una carga negativa (grupo carboxilato, sulfato, sulfonato, etc.) e  $\text{Y}^+$  es un contra ión seleccionado de entre los grupos amonio, sodio y potasio, por ejemplo unas sales de carboxilatos que presentan de 12 a 24 átomos de carbono seleccionados principalmente de entre las sales de miristato, de palmitato, de estearato, de oleato, o de la base conjugada del ácido behénico, o de unos carboxilatos derivados del tratamiento de los ácidos grasos del sebo, o incluso de otras bases conjugadas de ácidos grasos como por ejemplo los jabones/geles de ducha que comprenden unos ácidos grasos obtenidos de fuentes naturales como el sebo, el aceite de coco, etc, por ejemplo unos surfactantes como el estearato de amonio, etc.  
50  
55

Según las sustancias minerales utilizadas (por ejemplo en el caso de los carbonatos), se puede igualmente o alternativamente utilizar por lo menos una sal de surfactante catiónico seleccionada de entre por ejemplo las sales de alquiltrimetil amonio que contienen un grupo alquilo que presenta de 10 a 22 átomos de carbono, en particular de entre por lo menos uno de los compuestos siguientes: el bromuro (o cloruro) de dodeciltrimetilamonio, el bromuro (o cloruro) de tetradeciltrimetilamonio, el bromuro (o cloruro) de hexadeciltrimetilamonio, el bromuro (o cloruro) de octadeciltrimetilamonio, el bromuro (o cloruro) de cetiltrimetilamonio, el cloruro de cetilbenzildimetilamonio, el bromuro de cetiltriethylmetilamonio, el cloruro de tallowtrimetilamonio, etc.

En el caso de la utilización de un surfactante aniónico y de un surfactante catiónico conjuntamente, la preparación de una espuma acuosa se puede realizar por ejemplo como se describe en la solicitud WO96/25475 o a partir de los conjuntos bicomponentes comercializados por la empresa Allied Foan (referenciados por ejemplo : 425A y 510B), constituidos por una primera mezcla acuosa que contiene un agente surfactante aniónico y por segunda mezcla acuosa que comprende un surfactante catiónico y un látex, etc.

Se puede asimismo utilizar como surfactante(s) uno o varios zwitteriones. De entre los zwitteriones, se pueden citar principalmente unos aminoácidos o derivados, unas moléculas sintetizadas a partir de aminoácidos, etc.

Generalmente, la mezcla (para la obtención del material aislante o la mezcla de partículas) o la (fase acuosa que produce la) espuma acuosa comprende menos del 5 %, ventajosamente menos del 2 %, incluso menos del 1 % de surfactante preferentemente aniónico y/o zwitterión (es).

Se puede, asimismo, principalmente de forma conjunta a la utilización de un agente surfactante, utilizar un agente porógeno en la mezcla. El término "porógeno" en la presente invención designa cualquier sustancia apta para generar la porosidad en el núcleo de un material con la ayuda de un tratamiento posterior a la inserción de dicho agente en el material para eliminar dicho agente por lo menos parcialmente. La adición de los agentes porógenos permite si es necesario un aumento suplementario del volumen poroso. Los agregados de sustancia mineral se estructuran alrededor de los agentes porógenos, la supresión de dichos agentes que implica la formación de la porosidad de forma controlada.

La proporción ponderal de la sustancia mineral en relación con el agente porógeno es por ejemplo de 0,2 a 3, principalmente de 0,7 a 2,5. Por lo menos 10 % (en peso), principalmente por lo menos 30 %, en particular por lo menos 50 %, y preferentemente por lo menos 90 % del agente porógeno se suprime, por ejemplo, por calcinación o lavado, en el momento de la fabricación del producto aislante (en particular después de la formación de la espuma rígida).

Ventajosamente, el agente porógeno está formado por un material cuya temperatura de calcinación es inferior a la temperatura de fusión y/o sinterización de la sustancia mineral en la cual está englobado. En el caso de las sílices precipitadas, la temperatura de calcinación del porógeno debe por ejemplo ser inferior a 700 °C.

El agente porógeno es por ejemplo a base/con forma de partículas, generalmente esféricas, de por lo menos un material orgánico, por ejemplo, un polímero, principalmente en forma coloidal. Puede ser por ejemplo por lo menos una partícula orgánica, constituida por (co)polímeros de bloques anfífilos o estereoregulares que comprenden unos bloques AB o ABA (A representa un bloque hidrófilo como el óxido de polietileno o el ácido poliacrílico y B un bloque hidrófobo como el poliestireno, el óxido de polipropileno, el poliisopreno o la polivinilpiridina). Se puede tratar también de partículas de almidón y/o de sales inorgánicas, del tipo NaCl (incorporadas en la mezcla acuosa que contiene si es necesario un cosolvente, como el etanol, las sales inorgánicas se eliminan después mediante el lavado). Preferentemente, se trata de partícula(s) de látex y/o de dispersión coloidal de polímero(s) y/o de partícula(s) constituida(s) por macromolécula(s), seleccionada(s) de entre la(s) que producen más bien esferas. El látex puede comprender principalmente: un (co)polímero de tipo vinílico, ventajosamente de tipo acrílico y/o derivado de ácido carboxílico, un copolímero de cloruro de vinilo y de olefina, silanizada o no, etc. Se puede tratar de un látex comercial como el poliuretano Baybond XP 2602 comercializado por la empresa Bayer, de un látex en forma de cera de polietileno oxidada o no, eventualmente con un copolímero acrílico (como los comercializados por Rohm and Haas y de la empresa Dow Chemical), de un copolímero estirenoacrílico o cualquier acrílico obtenido por polimerización radicalaria en emulsión o dispersión (los comercializados por la empresa BASF en la gama Acronal ®), etc. Preferentemente, se trata de por lo menos un copolímero acrílico hidrodispersible (como los comercializados en la referencia Neocryl ® por la empresa DSM, como el Neocryl ® XK-52, el Neocryl ® BT 21 o el Neocryl ® BT 100). El(los) látex utilizado(s) como porógeno(s) tiene ventajosamente una temperatura de transición vítrea T<sub>g</sub> superior a 50 °C, principalmente entre 50 y 200 °C, en particular entre 70 y 170 °C.

Los porógenos se pueden utilizar en emulsión o dispersión, su tasa másica está por ejemplo comprendida entre 5 y 75 %, principalmente entre 20 y 60 %, incluso entre 30 y 50 % en peso total de la emulsión o de la dispersión.

La mezcla (para la obtención del material aislante/ de la espuma o la mezcla de partículas) puede igualmente comprender por lo menos un aglutinante orgánico y/o mineral, utilizado, por ejemplo, para permitir la unión de las partículas entre ellas y/o la unión de las partículas al resto de la estructura del material.

El aglutinante puede ser ventajosamente un látex (principalmente seleccionado esta vez de entre los que tienen tendencia a formar unas películas, este aglutinante que permite principalmente reforzar la espuma), en particular una

emulsión o dispersión acuosa de una o varias sustancias polímeros naturales o sintéticas, generalmente termoplásticas. Este aglutinante látex tiene preferencialmente una temperatura de transición vítrea Tg inferior a 50 °C, en particular entre -50 °C y 25 °C, preferentemente entre -20 °C y 10 °C, preferentemente entre -10 °C y 0 °C y tiene preferentemente una temperatura de filmificación inferior a la temperatura ambiente, en vistas a obtener la resistencia buscada para los materiales aislantes a aplicar sobre un soporte en el ámbito de la construcción de edificios principalmente. El látex puede contener un (co)polímero de tipo vinílico (por ejemplo a base de acetato de vinilo, en particular de homopolímero de poliacetato de vinilo, o de copolímero de acetato de vinilo y de ácido y/o éster (met)acrílico, maleico, de olefina y/o de cloruro de vinilo, o a base de copolímero cloruro de vinilo/etileno), o de tipo acrílico (principalmente un copolímero acrilonitrilo/éster acrílico, o estireno/ácido o éster acrílico silanizado y/o derivado de ácido carboxílico). El látex puede ser principalmente copolímero estireno-acrílico o cualquier acrílico. Estos látex son por ejemplo los comercializados por la empresa BASF en la gama referenciada por la denominación Acronal®, en particular Acronal® S 400.

Se puede asimismo añadir otros aditivos (principalmente en la mezcla de partículas o la mezcla utilizada para obtener la espuma/el producto según la invención o en la espuma, acuosa o de partículas), como unos agentes reológicos (plastificante, como la glicerina, etc), unos agentes de superficie, unos agentes de retención del agua (como la gelatina o la glicerina, etc..), unos opacificantes (por ejemplo aluminio o grafito como opacificante infrarrojo), unas cargas minerales, o de otros materiales que refuerzan la resistencia mecánica (fibras de vidrio u orgánicas, silicato, piedra de yeso, cemento, aglutinantes orgánicos de tipo látex como se ha explicado anteriormente, etc..., o limitando la contracción de la espuma o la desproporción de las burbujas y reduciendo su tamaño (el espumado se realiza por ejemplo bajo una atmósfera de perfluorohexano), etc..

Principalmente, el material aislante térmico según la invención se puede preparar a partir de por lo menos los elementos siguientes, en las cantidades expresadas en porcentaje ponderal en relación con la masa total de la mezcla: de 40 a 95 % de agua, de 5 a 60 % de partículas minerales y de 0 a 15 % de aditivo(s) (aglutinante, opacificante, agente hidrófobo, surfactante, porógeno, etc...).

La presente invención hace posible de este modo la fabricación de una gran variedad de materiales altamente aislantes a base de diferentes partículas minerales y si fuera necesario de diferentes aditivos, para cubrir un amplio abanico de las aplicaciones de aislamiento principalmente en el ámbito de la construcción.

La invención tiene asimismo como objeto un procedimiento de fabricación del material aislante térmico descrito anteriormente, que comprende las etapas siguientes:

- por lo menos una etapa de preparación de una mezcla (o conjunto), generalmente acuoso (dispersión, en particular suspensión en agua), de partículas minerales de superficie específica S superior a 5 m<sup>2</sup>/g y que presenta un volumen poroso de por lo menos 0,5 cm<sup>3</sup>/g en la gama de porosidad comprendida entre nm y 1 micra;

- por lo menos una etapa de preparación de una espuma (acuosa (o húmeda)) que incluye dichas partículas (a partir de la mezcla de partículas indicadas anteriormente y/o por incorporación de dicha mezcla de partículas en una espuma acuosa formada separadamente)

- por lo menos una etapa de formación (generalmente para formar un monolito y/o una capa), principalmente por moldeado o vertido o proyección (sobre una superficie o pared) de dicha espuma;

- por lo menos una etapa de secado (dejando que se seque o secándolo) por lo menos parcial de la espuma o del material obtenido de este modo.

Se pueden utilizar diversos métodos para la realización de la espuma acuosa que comprende las partículas /la mezcla acuosa de las partículas, por ejemplo:

- por espumado directo: es decir mediante la introducción de un gas en la mezcla de partículas por diversos métodos como: la agitación mecánica, el burbujeo de un gas, por ejemplo a través de un sinterizado (placa porosa a través de la cual se puede hacer pasar el gas para generar la espuma), el burbujeo in situ de un gas disuelto (por ejemplo el pentano) o de una gas por reacción química, principalmente por descomposición (por ejemplo de peróxido de hidrógeno en agua y dióxígeno), etc. y/o

- por incorporación: es decir, la incorporación de la mezcla de partículas en una espuma acuosa ya preformada (o inversamente la incorporación de la espuma acuosa a la mezcla de partículas), dicha espuma se prepara por ejemplo por espumado con ayuda de una dispersión (generalmente acuosa) en la cual se introduce un gas por uno de los métodos anteriores,

el espumado mismo se hace generalmente en presencia de por lo menos un surfactante (añadido en la mezcla de partículas en el caso del espumado directo, o el surfactante está presente en la dispersión que se hace espumar para formar la espuma acuosa en el caso de la incorporación).

Se pueden además añadir en la mezcla unas partículas y/o en la espuma acuosa diferentes aditivos como unos agentes porógenos, unos aglutinantes orgánicos o inorgánicos, unos agentes reológicos (plastificante), unos

agentes de superficie, etc.

5 La etapa de formación puede comprender unas operaciones de vertido o moldeado de la espuma que comprende las partículas en unas cavidades de forma o sección apropiada(s) o de proyección de la espuma sobre una superficie o pared. El término moldeado debe ser tomado en el sentido amplio y engloba cualquier forma de conformación, como el vertido en un molde abierto, la extrusión a través de red u recorte del extrudido, etc, el secado es generalmente posterior a la puesta en forma.

El procedimiento según la invención puede asimismo incluir si fuera necesario, después del secado:

- eventualmente por lo menos una etapa de tratamiento térmico que permite la consolidación de materiales y/o la eliminación si fuera necesario del agente porógeno.
- 10 - eventualmente por lo menos una etapa de hidrofobación del material obtenido.

15 El material aislante térmico obtenido es sólido (y generalmente rígido) y multi- (en particular bi-) poroso. Generalmente se presenta (está concebido concebido) en forma de un panel cuyo espesor es de por lo menos 5 mm. También se puede obtener en forma de por lo menos una capa aplicada por ejemplo sobre una placa de yeso), o el material todavía en estado húmedo se puede impregnar o extender sobre un velo (por ejemplo, no tejido...), o el material puede estar asociado a una matriz de fibras u otra capa, etc.

La presente invención se refiere asimismo a la utilización del material aislante/de la espuma según la invención en el dominio de la construcción, para aislar principalmente unas paredes de edificio.

La presente invención y sus ventajas se comprenderán mejor tras la lectura de los ejemplos descritos a continuación, a título ilustrativo y no limitante:

#### 20 Ejemplo 1

En este ejemplo, se fabrica una espuma de carbonato de calcio como la siguiente:

25 Se han dispersado en 25 g de agua, 6,25 g de un carbonado comercializado por empresa Solvay bajo la referencia Social 31 con la ayuda de una pala IKA (agitador de hélice), después se añaden a esta dispersión 1,11 g de un látex (aglutinante orgánico) comercializado por la empresa BASF bajo la referencia Acronal S400. Se ha homogeneizado la mezcla con la ayuda de una pala IKA a la velocidad de 200 rpm.

En un segundo recipiente, se ha preparado una espuma acuosa a partir de dos soluciones de surfactantes comercializados por la empresa Allied Foam bajo las referencias AFT 425 A y AFT 510B y compuestos como sigue:

- referencia AFT 425A constituida por (porcentajes ponderales):
- Mezcla de surfactantes catiónicos que pertenecen a la clase de los alquilos de cadena larga: 50-60 %
- 30 - Mezcla de surfactantes fenoxilo no iónico: 10-20 %
- Etanol: 5-8 %
- Agua: 12-35 %
- referencia AFT 510B constituida por:
- Mezcla de polímeros acrílicos: 25-35 %
- 35 - Mezcla de surfactantes aniónicos que pertenecen a la clase de los ácidos grasos: 15-30 %
- Agua: 35-60 %

40 Se extraen 10 g de AFT 425A, a los cuales se añaden 100 g de agua. Se hace espumar la mezcla por acción mecánica con la ayuda de un robot de cocina de la marca Kenwood durante 3 minutos a velocidad máxima. Se ha añadido a continuación bajo agitación en aproximadamente 1 minuto 20 g de la solución AFT 510B se ha mezclado el conjunto durante 2 minutos 30 a una velocidad máxima con la ayuda del robot de cocina.

Para preparar la espuma de carbonato, se han extraído 1,5 gr de la espuma líquida resultante que se ha introducido con la espátula en la dispersión acuosa a base de carbonato de calcio y de Acronal S400. Se ha homogeneizado el conjunto con ayuda de la pala IKA a la velocidad de 200 rpm.

45 La espuma húmeda se ha vertido a continuación en un molde de teflón y se ha colocado en la estufa a 40 °C durante 48 horas.

El producto según la invención obtenido, que presenta las dos gamas de porosidades según la invención (en

particular unos macroporos de diámetros comprendidos entre 10  $\mu\text{m}$  y 3 mm, y unos poros submicrónicos de diámetros superiores a 4 nm e inferiores a 1 micra) y que encierra más del 65% de aire en volumen, se ha caracterizado según los procedimientos mencionados anteriormente en el texto, los valores obtenidos son los siguientes:

- 5 - Masa volumétrica: 127  $\text{kg/m}^3$ ;
- Volumen poroso de los macroporos de diámetros comprendidos entre 10 micrones y 3 mm: por lo menos 5,15  $\text{cm}^3/\text{g}$ ;
- Volumen poroso de los poros submicrónicos de diámetros comprendidos entre 4 nm y 1  $\mu\text{m}$ : 0,84  $\text{cm}^3/\text{g}$ ;
- Conductividad térmica: 33,7  $\text{mW/mK}$  +/- 10 %.
- 10 Los valores indicados muestran que el material inorgánico aislante térmico obtenido presentaba una baja masa volumétrica al mismo tiempo que una porosidad con dos tipos de porosidades, cuyos poros presentan un diámetro comprendido entre 4 nm y 1 micra, y presentaba unos rendimientos térmicos particularmente ventajosos.

Ejemplo 2:

En este ejemplo, hemos fabricado una espuma de sílice como sigue:

- 15 Se ha dispersado en el agua sílice precipitada comercializada por la empresa Rhodia bajo la referencia Tixosil T365 (de diámetro medio D50 del orden de 3,5 micras y de superficie específica del orden de 130  $\text{m}^2/\text{g}$ ), después hemos añadido a esta dispersión un surfactante aniónico amonio poliacrilato comercializado por la empresa Zschimmer and Schwartz bajo la referencia Schaüfungsmittel W53FL, unos agentes de retención de agua (en el presente ejemplo: gelatina y glicerina, la glicerina desempeña también el papel de plastificante) y un aglutinante mineral (aquí silicato de sodio) antes de agitar mecánicamente con la ayuda de un mezclador de modo que el volumen de la espuma húmeda obtenido de este modo sea igual a aproximadamente 3 veces el volumen inicial de la dispersión no espumada.

La composición de la mezcla es la siguiente (expresada en porcentajes ponderales): agua: 73,4 %; sílice precipitada: 18,2 %; silicato de sodio 2,6 %; gelatina: 3,2 %, glicerina 0,5 % y un agente surfactante: 1,9 %.

- 25 La espuma húmeda de sílice se ha vertido después en el molde de teflón y se ha colocado en la estufa a una temperatura inferior a 25°C y al 80% de humedad relativa durante 3 días. Una vez seca, la espuma o pasta se sometió a una pérdida de masa de aproximadamente el 80%, se endureció, presentándose bajo la forma de un sólido. El monolito se colocó a continuación en una caja cerrada que contiene hexametildisilazano (HMDS) como agente hidrófobo (este compuesto se ha comercializado bajo la referencia 52619 de la marca Fluka por la empresa Sigma- Aldrich) durante 4 horas a 80 °C.

El producto obtenido presenta las dos gamas de porosidades según la invención (en particular unos macroporos de diámetros comprendidos entre 10  $\mu\text{m}$  y 3 mm, y unos poros submicrónicos de diámetros superiores a 4 nm e inferiores a 1 micron) y que encierra más del 65% de aire en volumen se caracterizó posteriormente según los procedimientos mencionados anteriormente en el texto, los valores obtenidos eran los siguientes:

- 35 - Masa volumétrica: 200  $\text{kg/m}^3$ ;
- Volumen poroso de los macroporos de diámetros comprendidos entre 10 micrones y 3 mm: por lo menos 3,3  $\text{cm}^3/\text{g}$ ;
- Volumen poroso de los poros submicrónicos de diámetros comprendidos entre 4 nm y 1  $\mu\text{m}$ : 1,25  $\text{cm}^3/\text{g}$ ;
- Conductividad térmica: 36  $\text{mW/mK}$ .

La precisión de las medidas se estima al 5 %.

- 40 Los valores indicados muestran que el material inorgánico aislante térmico obtenido presentaba una baja masa volumétrica al mismo tiempo que una porosidad importante con dos tipos de porosidades, cuyos poros presentan un diámetro comprendido entre 4 nm y 1 micrón, y presentaba unos rendimientos térmicos ventajosas.

Ejemplo comparativo

- 45 En este ejemplo, se han medido las características de una espuma de vidrio comercializada bajo la referencia Foam Glas S3 por la empresa Foamglas building. Esta espuma es puramente mineral y presenta unas masas volumétricas del mismo orden que las de los productos según la invención. Sin embargo, a diferencia de los productos según la invención, sólo presenta una gama de porosidad (macroporos de diámetros superiores a 10  $\mu\text{m}$ ). Los valores obtenidos son los siguientes:

- Masa volumétrica: 130  $\text{kg/m}^3$ ;

- Volumen poroso de los macroporos de diámetros superiores a 10 micrones: 7,2 cm<sup>3</sup>/g;
- Conductividad térmica: 45 mW/mK.

La precisión de las medidas se estima al 5 %.

5 Se ha observado que, a masa volumétrica equivalente, las propiedades de aislamiento térmico del producto según la invención son mucho mejores que las de una espuma "monoporosa" como la del ejemplo presente (ver en comparación del ejemplo 1 según la invención).

Los productos según la invención son particularmente adecuados para el aislamiento térmico en particular en el ámbito de la construcción para aislar las paredes (exteriores o interiores) de los edificios.

**REIVINDICACIONES**

1. Material aislante térmico, en particular en forma de una espuma sólida, formado a partir de partículas minerales, diferentes de los aerogeles, de porosidad submicrónica, este material integra dos gamas de porosidades diferentes, de las cuales una primera gama constituida por macroporos de diámetros comprendidos entre 10 micrones y 3 mm, y una segunda gama constituida por poros submicrónicos de diámetros superiores a 4 nm e inferiores a 1  $\mu\text{m}$ , el volumen poroso de dichos poros submicrónicos es de por lo menos de 0,5  $\text{cm}^3/\text{g}$ , la masa volumétrica del material aislante es inferior a 300  $\text{kg}/\text{m}^3$ .
2. Material aislante térmico según la reivindicación 1, caracterizado por que es mayoritariamente inorgánico.
3. Material aislante térmico según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que se obtiene a partir de la mezcla de por lo menos los elementos siguientes: una espuma acuosa o agua, unas partículas minerales de porosidad submicrónica, generalmente incorporadas a la espuma o al agua en forma de una dispersión/suspensión, dichas partículas presentan una superficie específica S superior a 5  $\text{m}^2/\text{g}$ , y si fuera el caso un aglutinante orgánico y/o un aglutinante mineral, y/o un surfactante y/o unos refuerzos.
4. Material aislante térmico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las partículas minerales son a base de óxidos de sílice y/o sus derivados, en particular que integran metales alcalinotérreos o no, principalmente estas partículas son sílice, un silicato, y/o una arcilla, y/o las partículas minerales son a base de dolomitas y/o carbonatos.
5. Material aislante térmico según la reivindicación 4, caracterizado por que las partículas minerales son unos silicatos o carbonatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo, preferentemente seleccionado entre los calco-magnesianos.
6. Material aislante térmico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el volumen poroso para los poros submicrónicos varía de 0,5 a 3  $\text{cm}^3/\text{g}$  y el volumen poroso para los macroporos es superior a 1  $\text{cm}^3/\text{g}$ , preferiblemente superior a 3  $\text{cm}^3/\text{g}$ , y en particular varía de 5 a 15  $\text{cm}^3/\text{g}$ .
7. Material aislante térmico según la reivindicación 3, caracterizado por que la mezcla incorpora igualmente por lo menos un agente porógeno.
8. Material aislante térmico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que presenta una conductividad térmica inferior a 40  $\text{mW}/\text{mK}$ , en particular inferior a 35  $\text{mW}/\text{mK}$ , y preferentemente inferior a 30  $\text{mW}/\text{mK}$ .
9. Uso del material según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 para el aislamiento térmico de edificios.
10. Procedimiento de fabricación del material aislante térmico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas siguientes:
  - por lo menos una etapa de preparación de una mezcla de partículas minerales de superficie específica S superior a 5  $\text{m}^2/\text{g}$  y que presenta un volumen poroso de por lo menos 0,5  $\text{cm}^3/\text{g}$  en la gama de porosidad comprendida entre 4 nm y 1 micra;
  - por lo menos una etapa de realización de una espuma que incluye dichas partículas;
  - por lo menos una etapa de formación principalmente por moldeado, proyección o vertido de dicha espuma;
  - por lo menos una etapa de secado por lo menos parcial de la espuma o del material obtenido de este modo.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que se añade a la mezcla de partículas o a la espuma acuosa por lo menos un aditivo como un agente porógeno, un surfactante, un aglutinante orgánico o inorgánico, un agente reológico, un agente de superficie y/o unos refuerzos.
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, caracterizado por que incluye después del secado:
  - eventualmente por lo menos una etapa de tratamiento térmico que permite la consolidación del material y/ o la eliminación si fuera necesario del agente proógeno, y/o
  - eventualmente por lo menos una etapa de hidrofobación.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que la realización de la espuma acuosa que incluye las partículas se realiza por espumado directo, o por incorporación de la mezcla de partículas a una espuma acuosa ya formada.