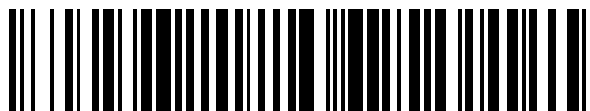


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 624**

51 Int. Cl.:

B32B 29/02	(2006.01)	B32B 7/00	(2009.01)	B32B 5/26	(2006.01)
B32B 18/00	(2006.01)	B32B 7/02	(2009.01)	B32B 5/24	(2006.01)
E04C 2/284	(2006.01)	B32B 7/10	(2006.01)	E04B 1/94	(2006.01)
B32B 5/00	(2006.01)	B32B 9/00	(2006.01)		
B32B 5/02	(2006.01)	B32B 19/00	(2006.01)		
B32B 5/08	(2006.01)	B32B 19/04	(2006.01)		
B32B 5/10	(2006.01)	B32B 19/06	(2006.01)		
B32B 5/16	(2006.01)	B32B 27/00	(2006.01)		
B32B 5/22	(2006.01)	B32B 27/02	(2006.01)		
B32B 5/30	(2006.01)	B32B 3/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2011 PCT/US2011/033440**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2011 WO11133778**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2011 E 11772711 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 2560817**

54 Título: **Material compuesto de aislamiento térmico multicapa**

30 Prioridad:

23.04.2010 US 327257 P

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

20.01.2021

73 Titular/es:

**UNIFRAX I LLC (100.0%)
600 Riverwalk Parkway, Suite 120
Tonawanda, NY 14150, US**

72 Inventor/es:

**FERNANDO, JOSEPH A. y
MILLER, KENNETH B.**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 802 624 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

Material compuesto de aislamiento térmico multicapa

5 Campo técnico

Se divulga un material compuesto de aislamiento térmico de múltiples capas. El material compuesto de aislamiento térmico es adecuado para aplicaciones de aislamiento que implican fuego y otros ambientes de alta temperatura.

10 Antecedentes

Existe una continua necesidad de materiales de protección contra incendios que permitan la disipación del calor y eviten la propagación de las llamas, el humo, los vapores y/o el calor durante un incendio. Se han utilizado diversos materiales para proteger las superficies del calor excesivo y las llamas, incluyendo, entre otros, materiales aislantes, materiales endotérmicos, materiales intumescentes, opacificantes, y los llamados "materiales de superaislamiento".

El documento US 2003/207155 A1 divulga un material de estructura híbrida para uso en aplicaciones de alta temperatura, que comprende una capa aislante cerámica que tiene un espesor de > 1 mm y una baja conductividad térmica $K_{it} < 4$ W/mK, y que tiene una relación conductividad/espesor inferior a 2000 W/m²K, y una capa cerámica estructural de cerámica monolítica o cerámica reforzada, y en la que la capa estructural tiene mayor resistencia mecánica y menor capacidad de temperatura que la capa aislante, y en donde la capa aislante cerámica y la capa cerámica estructural están unidas entre sí. Dicha capa de aislamiento cerámico puede considerarse que representa una capa superaislante.

El uso de materiales aislantes tales como mantas cerámicas o bio-solubles, fieltro o material grueso similar a papel, o mantas y tableros de lana mineral son problemáticos porque los materiales suelen ser muy gruesos y/o pesados. Estos materiales son voluminosos y difíciles de instalar. Además, los materiales aislantes pueden desprenderse de las superficies cuando el calor de un incendio expande o destruye los medios por los que están unidos los materiales aislantes.

Los materiales endotérmicos absorben calor, normalmente liberando agua de hidratación, pasando por un cambio de fase que absorbe calor (es decir, de líquido a gas), o por otro cambio físico o químico donde la reacción requiere que tenga lugar una absorción neta de calor. Los opacificantes infrarrojos, tales como negro de carbono, dióxido de titanio, óxido de hierro o dióxido de circonio, así como mezclas de estos, reducen la contribución de la radiación a la conductividad térmica. Cuando se activan, los materiales endotérmicos y los opacificantes restringen la transferencia de calor y, en consecuencia, mantienen la temperatura de la cara fría más baja de lo que estaría sin tales materiales.

Se sabe cómo proporcionar materiales diseñados para retardar la propagación del fuego y el calor por una reacción endotérmica. Un material de protección contra incendios conocido en forma de tableros semirrígidos o rígidos o secciones moldeadas comprende un material fibroso aislante reactivo endotérmico que comprende (a) una carga endotérmica inorgánica que sufre múltiples reacciones endotérmicas; (b) material de fibra inorgánica; y (c) un aglutinante polimérico orgánico. Otro material conocido comprende un material laminar de protección contra incendios endotérmico, flexible, fibroso, hecho de una composición que comprende (a) una fibra inorgánica refractaria; (b) un aglutinante polimérico orgánico, tal como una resina acrílica; y (c) una carga endotérmica, inorgánica, tal como alúmina trihidrato, que sufre una reacción endotérmica entre aproximadamente 100 °C y 600 °C.

El uso de materiales endotérmicos reduce el problema del espesor inherente a los sistemas de aislamiento, pero la endotermia tiene sus propios problemas. Debido al hecho de que el material tiene moléculas de agua atrapadas en forma seca, el sistema tiende a ser bastante pesado, puede ser difícil de instalar y tener altos costes asociados de mano de obra. Además, una vez instalados, estos sistemas son extremadamente difíciles de quitar y reemplazar para realizar trabajos de mantenimiento o actualizar las redes eléctricas y de comunicación ocultas dentro de una superficie.

Los materiales intumescentes se expanden al menos aproximadamente 1,5 veces su volumen original al calentarse a temperaturas normalmente encontradas en condiciones de incendio, creando una capa de aislamiento que separa el elemento protegido del fuego. Una ventaja importante de los materiales intumescentes es que el material sin reaccionar es delgado y liviano, y más fácil de instalar. Los materiales intumescentes generalmente comprenden una mezcla de fibras inorgánicas resistentes al calor y una sustancia intumescente. En caso de incendio, la presencia de la sustancia intumescente hace que el material intumescente se expanda para formar un sello efectivo contra el paso del fuego y el humo.

El grado en que se expande el material intumescente de protección contra incendios es importante durante un evento de incendio, puesto que el material intumescente de protección contra incendios debe llenar el espacio que está diseñado para ocupar y debe hacerlo a un ritmo rápido. Por consiguiente, la intumescencia a las temperaturas comúnmente encontradas en un evento de incendio, una velocidad de expansión rápida y un alto grado de expansión son propiedades de rendimiento deseables de un material intumescente de protección contra incendios. Un alto grado de expansión asegura que el material intumescente de protección contra incendios se expanda firmemente contra la

periferia de la abertura a sellar, proporcionando así un sello efectivo contra el paso del fuego y el humo.

Es importante en aplicaciones de protección contra incendios que, una vez que el material de protección contra incendios se ha expandido en respuesta a la exposición a temperaturas elevadas durante un incendio, que el material no puede encogerse si se mantiene a temperatura elevada o se expone a ciclos térmicos repetidos de calentamiento y enfriamiento. Debido a las bajas resistencias a la carbonización de los materiales basados en silicato de sodio, la contracción ocurre en ambas situaciones. Por consiguiente, se desean materiales intumescentes que poseen un alto grado de expansión y resistencia a la carbonización para su uso en aplicaciones de protección pasiva contra incendios, y que no exhiben una contracción sustancial tras una exposición prolongada a temperaturas elevadas o ciclos térmicos.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un gráfico que representa la tasa de aumento de temperatura en la superficie del lado frío de las muestras en función del tiempo durante un ensayo de llama.

La FIG. 2 es un gráfico que representa la tasa de aumento de temperatura en la superficie del lado frío de las muestras en función del tiempo durante un ensayo de llama.

Descripción detallada

Se proporciona un material compuesto de aislamiento térmico multicapa que comprende al menos una capa de superaislamiento que comprende un material de superaislamiento que comprende uno o más de un aerogel, microfibras de vidrio o sílice microporosa; y al menos una capa inorgánica de absorción de calor.

De acuerdo con realizaciones ilustrativas adicionales, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa comprende (a) una capa de aislamiento fibrosa que comprende fibras inorgánicas y opcionalmente un aglutinante; (b) al menos una capa de absorción de calor inorgánica adyacente a un lado de la capa de aislamiento fibrosa; y (c) al menos una capa de superaislamiento adyacente al menos a un lado de la capa de absorción de calor o la capa de aislamiento fibrosa.

El material compuesto de aislamiento térmico multicapa puede incluir además una capa de malla que comprende una malla tejida o no tejida, resistente a altas temperaturas, flexible, que está dispuesta alrededor del material compuesto de aislamiento térmico multicapa encapsulando total o parcialmente el material compuesto. La capa de malla puede comprender una malla y un papel resistente a altas temperaturas.

Además se proporciona un método para preparar un material compuesto de aislamiento térmico, multicapa, que comprende proporcionar una primera suspensión acuosa que contiene materiales adecuados para fabricar al menos una capa de superaislamiento; proporcionar una segunda suspensión acuosa que contiene materiales adecuados para fabricar al menos una capa inorgánica de absorción de calor; depositar la primera suspensión sobre un sustrato; eliminar al menos una parte del líquido de la primera suspensión sobre el sustrato para formar una capa de superaislamiento; depositar la segunda suspensión sobre el sustrato para formar una capa inorgánica de absorción de calor en la capa de superaislamiento; eliminar en al menos una parte del líquido de la capa inorgánica de absorción de calor; y secar las capas para formar un material multicapa.

El material puede comprimirse hasta aproximadamente un 200 % para formar un material compuesto comprimido, densificado, que tiene una densidad de aproximadamente 16 (1) a aproximadamente 480,6 kg/m³ (30 lbs/pie cúbico).

De acuerdo con realizaciones adicionales, un método para elaborar un material compuesto de aislamiento térmico multicapa comprende proporcionar una pluralidad de capas que comprenden (a) al menos una capa de superaislamiento y (b) al menos una capa de absorción de calor inorgánica, y (iii) opcionalmente una capa de malla; disponer las capas en un material compuesto multicapa; y opcionalmente encapsular la pila de capas. De acuerdo con otras realizaciones, el método comprende (a) proporcionar una pila de capas que comprenden al menos una capa de aislamiento fibrosa, al menos una capa de absorción de calor inorgánica, y al menos una capa de superaislamiento y (b) encapsular al menos parcialmente las capas apiladas con una malla.

Además, se proporciona un método para aislar o proteger térmicamente un artículo del fuego que comprende poner en contacto al menos una parte de un artículo con un material compuesto de aislamiento térmico multicapa, comprendiendo el material compuesto (a) al menos una capa de absorción de calor inorgánica y (b) al menos una capa de superaislamiento dispuesta en al menos un lado del material compuesto adyacente a la capa de absorción de calor, y (c) opcionalmente una capa de malla. El artículo a proteger puede estar parcial o totalmente encapsulado por el material compuesto de aislamiento térmico multicapa.

Además, se proporciona un método para aislar o proteger térmicamente un artículo del fuego que comprende poner en contacto al menos una parte de un artículo con un material compuesto de aislamiento térmico multicapa, el material compuesto comprende (a) una capa de aislamiento fibrosa que comprende fibras inorgánicas; (b) al menos una capa de absorción de calor inorgánica dispuesta en un lado de la capa de aislamiento fibrosa; (c) al menos una capa de

superaislamiento dispuesta en al menos un lado del material compuesto adyacente a la capa de absorción de calor o la capa de aislamiento fibrosa; y (d) opcionalmente una capa de malla que comprende una malla tejida o no tejida resistente a altas temperaturas, flexible, dispuesta alrededor del material compuesto de aislamiento térmico multicapa. El artículo a proteger puede estar parcial o totalmente encapsulado por el material compuesto aislante térmico multicapa.

El material compuesto de aislamiento térmico multicapa puede comprender una capa de aislamiento fibrosa que comprende fibras inorgánicas y opcionalmente un aglutinante, al menos una capa de absorción de calor inorgánica que está dispuesta en un lado de la capa de aislamiento fibrosa, y al menos una capa de superaislamiento que está dispuesta en al menos un lado del material compuesto adyacente a la capa de absorción de calor o la capa de aislamiento fibrosa.

En ciertas realizaciones, el material compuesto incluye además una capa de malla que comprende una malla tejida o no tejida, resistente a altas temperaturas, flexible, que está dispuesta alrededor del material compuesto de aislamiento térmico multicapa encapsulando total o parcialmente el material compuesto. La capa de malla puede comprender una capa delgada de material resistente a altas temperaturas tal como una fibra cerámica o papel o fieltro basado en fibra biosoluble que está laminado o unido de otra manera a una malla de refuerzo.

Se apilan varias capas y, opcionalmente, se usa una malla para encapsular al menos parcialmente las capas apiladas. Las múltiples capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa pueden fijarse opcionalmente entre sí con al menos uno de un adhesivo, unión con aguja o costuras.

De acuerdo con ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa comprende (a) una capa de aislamiento fibrosa que comprende de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de aglutinante y de más de 0 a aproximadamente 100 por ciento en peso de fibra inorgánica; (b) al menos una capa de absorción de calor inorgánica que comprende al menos una de una capa endotérmica o una capa intumescente, la capa endotérmica comprende de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de aglutinante, de aproximadamente 0 a aproximadamente 90 por ciento en peso de fibra inorgánica, y más de 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de carga endotérmica, o la capa intumescente comprende más de 0 a aproximadamente 90 por ciento en peso de fibra inorgánica, más de 0 a aproximadamente un 50 por ciento en peso de sustancia intumescente, de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización, y de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 por ciento en peso de aglutinante, la al menos una capa de absorción de calor inorgánica dispuesta en un lado de la capa de aislamiento fibrosa; (c) una capa de superaislamiento dispuesta en al menos un lado del material compuesto adyacente a la capa de absorción de calor o la capa de aislamiento fibrosa, y (d) opcionalmente una capa de malla adyacente a una de las capas del material compuesto multicapa o dispuesta alrededor de la capa térmica multicapa aislamiento material compuesto que encapsula parcial o totalmente el material compuesto.

De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras inorgánicas que pueden usarse para preparar la capa de aislamiento fibrosa comprenden, sin limitación, al menos una de fibras inorgánicas biosolubles resistentes a altas temperaturas, fibras inorgánicas convencionales resistentes a altas temperaturas, o mezclas de las mismas.

Con fines ilustrativos pero no limitativos, las fibras inorgánicas resistentes al calor convencionales adecuadas que pueden usarse para preparar la capa de aislamiento fibrosa, así como otras capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa incluyen fibras cerámicas refractarias, fibras de silicato alcalinotérmico, fibras de lana mineral, fibras de sílice de vidrio lixiviadas, fibra de vidrio, fibras de vidrio y mezclas de las mismas.

En ciertas realizaciones, las fibras de lana mineral incluyen, sin limitación, al menos una de fibras de lana de roca, fibras de lana de escoria, fibras de basalto, fibras de lana de vidrio y fibras diabásicas. Las fibras de lana mineral se pueden formar a partir de basalto, escorias industriales de fundición y similares, y normalmente comprenden sílice, calcia, alúmina y/o magnesia. Las fibras de lana de vidrio generalmente están hechas de una mezcla fundida de arena y materiales de vidrio reciclados. Las fibras de lana mineral pueden tener un diámetro de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 μm , en algunos casos de aproximadamente 5 a aproximadamente 6 μm .

De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras inorgánicas resistentes a altas temperaturas que pueden usarse para preparar las capas compuestas de aislamiento térmico multicapa incluyen, sin limitación, fibras policristalinas con alto contenido de alúmina, fibras cerámicas refractarias tales como fibras de aluminosilicato, fibras de alúmina-magnesia-sílice, fibras de caolín, fibras de silicato alcalinotérmico tales como fibras de calcia-magnesia-sílice y fibras de sílice-magnesia, fibras de vidrio S, fibras de vidrio S2, fibras de vidrio E, fibras de cuarzo, fibras de sílice, fibras de sílice de vidrio lixiviadas, fibra de vidrio o mezclas de las mismas.

La fibra cerámica refractaria (RCF) normalmente comprende alúmina y sílice y, en ciertas realizaciones, la fibra de aluminosilicato puede comprender de aproximadamente 45 a aproximadamente 60 por ciento en peso de alúmina y de aproximadamente 40 a aproximadamente 55 por ciento en peso de sílice. Las fibras RCF son un producto de fibrización que puede soplarse o hilarse a partir de una masa fundida de los materiales componentes. La RCF puede comprender adicionalmente el producto de fibrización de alúmina, sílice y circonia, en ciertas realizaciones en las

cantidades de aproximadamente 29 a aproximadamente 31 por ciento en peso de alúmina, de aproximadamente 53 a aproximadamente 55 por ciento en peso de sílice, y de aproximadamente 15 a aproximadamente 17 por ciento en peso de circonia. La longitud de la fibra RCF, en ciertas realizaciones, está en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 6,5 mm, normalmente menos de aproximadamente 5 mm, y el intervalo promedio de diámetro de fibra es de aproximadamente 0,5 µm a aproximadamente 14 µm.

De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras inorgánicas resistentes al calor que se utilizan para preparar las diversas capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa comprenden fibras cerámicas. Sin limitación, las fibras cerámicas adecuadas incluyen fibras de alúmina, fibras de alúmina-sílice, fibras de alúmina-circonia-sílice, fibras de circonia-sílice, fibras de circonia y fibras similares. Unifrax I LLC (Niagara Falls, Nueva York) comercializa una fibra cerámica de aluminosilicato útil con la marca registrada FIBERFRAX. Las fibras cerámicas FIBERFRAX® comprenden el producto de fibrización de una masa fundida que comprende aproximadamente 45 a aproximadamente 75 por ciento en peso de alúmina y aproximadamente 25 a aproximadamente 55 por ciento en peso de sílice. Las fibras FIBERFRAX® exhiben temperaturas de funcionamiento de hasta aproximadamente 1540 °C y un punto de fusión de hasta aproximadamente 1870 °C. Las fibras FIBERFRAX® se forman fácilmente en hojas y papeles resistentes a altas temperaturas. En ciertas realizaciones, la fibra de aluminosilicato puede comprender de aproximadamente 40 a aproximadamente 60 por ciento de Al_2O_3 y de aproximadamente 60 por ciento en peso a aproximadamente 40 por ciento en peso de SiO_2 y, en algunas realizaciones, de aproximadamente 47 a aproximadamente 53 por ciento en peso de alúmina y de aproximadamente 47 a aproximadamente 53 por ciento en peso de sílice. Las fibras FIBERFRAX® están hechas de fibra vítrea de aluminosilicato a granel que tiene aproximadamente 50/50 de alúmina/sílice y una relación de fibra/partícula redondeada grande de 70/30. Aproximadamente un 93 por ciento en peso de este producto de papel es fibra cerámica/partículas redondeadas grandes, estando el 7 por ciento restante en forma de aglutinante de látex orgánico. Las fibras cerámicas refractarias FIBERFRAX® pueden tener un diámetro promedio de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 12 micrómetros.

La fibra resistente a altas temperaturas, incluyendo fibras cerámicas, que son útiles en el material compuesto de aislamiento térmico multicapa incluyen las formadas a partir de basalto, escorias industriales de fundición, alúmina, circonia, silicatos de circonia, cromo, circonio y aluminosilicatos modificados con calcio y similares, así como fibras cerámicas de óxido policristalino tales como mullita, alúmina, aluminosilicatos con alto contenido de alúmina, aluminosilicatos, titanía, óxido de cromo y similares. En ciertas realizaciones, las fibras son refractarias. Cuando la fibra cerámica es un aluminosilicato, la fibra puede contener entre aproximadamente 55 y aproximadamente 98 % de alúmina y entre aproximadamente 2 y aproximadamente 45 % de sílice, en ciertas realizaciones con una relación de alúmina a sílice entre 70 y 30 y 75 y 25. Las fibras cerámicas refractarias de óxido policristalino adecuadas y los métodos para producir las mismas están contenidos en las Patentes de EE. UU. N.º 4.159.205 y 4.277.269, que se incorporan en el presente documento por referencia. Las fibras cerámicas de mullita policristalina FIBERMAX® están disponibles en Unifrax I LLC (Niagara Falls, Nueva York) en forma de manta, tapete o papel.

La alúmina/sílice FIBERMAX® comprende de aproximadamente 40 por ciento en peso a aproximadamente 60 por ciento en peso de Al_2O_3 y de aproximadamente 60 por ciento en peso a aproximadamente 40 por ciento en peso de SiO_2 . La fibra puede comprender aproximadamente 50 por ciento en peso de Al_2O_3 y aproximadamente 50 por ciento en peso de SiO_2 . La fibra de vidrio de alúmina/sílice/magnesia normalmente comprende de aproximadamente 64 por ciento en peso a aproximadamente 66 por ciento en peso de SiO_2 , de aproximadamente 24 por ciento en peso a aproximadamente 25 por ciento en peso de Al_2O_3 , y de aproximadamente 9 por ciento en peso a aproximadamente 10 por ciento en peso de MgO. La fibra de vidrio E normalmente comprende de aproximadamente 52 por ciento en peso a aproximadamente 56 por ciento en peso de SiO_2 , de aproximadamente 16 por ciento en peso a aproximadamente 25 por ciento en peso de CaO, de aproximadamente 12 por ciento en peso a aproximadamente 16 por ciento en peso de Al_2O_3 , de aproximadamente 5 por ciento en peso a aproximadamente 10 por ciento en peso de B_2O_3 , hasta aproximadamente 5 por ciento en peso de MgO, hasta aproximadamente 2 por ciento en peso de óxido de sodio y óxido de potasio y cantidades traza de óxido de hierro y fluoruros, con una composición típica de 55 por ciento en peso de SiO_2 , 15 por ciento en peso de Al_2O_3 , 7 por ciento en peso de B_2O_3 , 3 por ciento en peso de MgO, 19 por ciento en peso de CaO y trazas de los materiales mencionados anteriormente.

En ciertas realizaciones, se pueden usar fibras de silicato alcalinotérreo biosolubles tales como fibras de silicato de calca-magnesia o fibras de silicato de magnesio para preparar las capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa.

El término fibra inorgánica "biosoluble" se refiere a fibras inorgánicas que son solubles o que pueden descomponerse de otra manera en un medio fisiológico o en un medio fisiológico simulado, tales como fluido pulmonar simulado. La solubilidad de las fibras puede evaluarse midiendo la solubilidad de las fibras en un medio fisiológico simulado a lo largo del tiempo. Un método para medir la biosolubilidad (es decir, la no durabilidad) de las fibras en medios fisiológicos se divulga en la Patente de EE. UU. N.º 5.874.375 cedida a Unifrax I LLC, que se incorpora en el presente documento por referencia. Otros métodos son adecuados para evaluar la biosolubilidad de las fibras inorgánicas. De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras inorgánicas biosolubles exhiben una solubilidad de al menos 30 ng/cm²-h cuando se expone como una muestra de 0,1 g a un flujo de 0,3 ml/min de fluido pulmonar simulado a 37 °C. De acuerdo con otras realizaciones, las fibras inorgánicas biosolubles pueden exhibir una solubilidad de al menos 50 ng/cm²-h, o al menos

100 ng/cm²-h, o al menos 1000 ng/cm²-h cuando se exponen como una muestra de 0,1 g a un flujo de 0,3 ml/min de fluido pulmonar simulado a 37 °C.

5 Sin limitación, los ejemplos adecuados de fibras de silicato alcalinotérreo biosolubles que se pueden usar para preparar las capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa incluyen las fibras divulgadas en las Patentes de EE. UU. N.º 6.953.757, 6.030.910, 6.025.288, 5.874.375, 5.585.312, 5.332.699, 5.714.421, 7.259.118, 7.153.796, 6.861.381, 5.955.389, 5.928.075, 5.821.183 y 5.811.360.

10 Las fibras de silicato alcalinotérreo biosolubles resistentes a altas temperaturas son normalmente fibras inorgánicas amorfas que pueden formarse en estado fundido y pueden tener un diámetro promedio en el intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 µm y, en ciertas realizaciones, en el intervalo de aproximadamente 2 a 4 µm. Si bien no se requiere específicamente, las fibras pueden beneficiarse, como se sabe bien en la técnica.

15 De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras de silicato alcalinotérreo biosolubles pueden comprender el producto de fibrización de una mezcla de óxidos de magnesio y sílice. Estas fibras se denominan comúnmente fibras de silicato de magnesio. Las fibras de silicato de magnesio generalmente comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 60 a aproximadamente 90 por ciento en peso de sílice, de más de 0 a aproximadamente 35 por ciento en peso de magnesia y 5 por ciento en peso o menos de impurezas. De acuerdo con ciertas realizaciones, las
 20 fibras de silicato alcalinotérreo comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 65 a aproximadamente 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente 14 a aproximadamente 35 por ciento en peso de magnesia, de 0 a aproximadamente 7 por ciento en peso de circonia y 5 por ciento en peso o menos de impurezas. De acuerdo con otras realizaciones, las fibras de silicato alcalinotérreo comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 70 a aproximadamente 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente 14 a aproximadamente 30 por ciento en peso de magnesia y 5 por ciento en peso o menos de impurezas. Unifrax I LLC (Niagara Falls, Nueva York)
 25 comercializa una fibra de silicato de magnesio adecuada con la marca registrada ISOFRAX. Las fibras ISOFRAX® disponibles en el mercado generalmente comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 70 a aproximadamente 80 por ciento en peso de sílice, aproximadamente 18 a aproximadamente 27 por ciento en peso de magnesia y 4 por ciento en peso o menos de impurezas. Las fibras de silicato alcalinotérreo ISOFRAX® pueden tener un diámetro promedio de aproximadamente 1 micrómetro a aproximadamente 3,5 micrómetros; en algunas
 30 realizaciones, de aproximadamente 2 a aproximadamente 2,5 micrómetros.

De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras de silicato alcalinotérreo biosolubles pueden comprender
 35 alternativamente el producto de fibrización de una mezcla de óxidos de calcio, magnesio y sílice. Estas fibras se denominan comúnmente fibras de calcia-magnesia-sílice. De acuerdo con ciertas realizaciones, las fibras de calcia-magnesia-silicato comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 45 a aproximadamente 90 por ciento en peso de sílice, de más de 0 a aproximadamente 45 por ciento de calcia, de más de 0 a aproximadamente 35 por ciento en peso de magnesia y 10 por ciento en peso o menos de impurezas. Las fibras útiles de silicato de calcia-magnesia están disponibles en el mercado en Unifrax I LLC (Niagara Falls, Nueva York) con la marca registrada
 40 INSULFRAX. Las fibras INSULFRAX® generalmente comprenden el producto de fibrización de aproximadamente 61 a aproximadamente 67 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente 27 a aproximadamente 33 por ciento en peso de calcia, y de aproximadamente 2 a aproximadamente 7 por ciento en peso de magnesia. Otras fibras adecuadas de calcia-magnesia-silicato están disponibles en el mercado en Thermal Ceramics (Augusta, Georgia) con las denominaciones comerciales SUPERWOOL® 607 y SUPERWOOL® 607 MAX y SUPERWOOL® HT. Las fibras
 45 SUPERWOOL® 607 comprenden de aproximadamente 60 a aproximadamente 70 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente 25 a aproximadamente 35 por ciento en peso de calcia, y de aproximadamente 4 a aproximadamente 7 por ciento en peso de magnesia, y cantidades traza de alúmina. Las fibras SUPERWOOL® 607 MAX comprenden de aproximadamente 60 a aproximadamente 70 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente 16 a aproximadamente 22 por ciento en peso de calcia, y de aproximadamente 12 a aproximadamente 19 por ciento en peso de magnesia, y cantidades traza de alúmina. Las fibras SUPERWOOL® HT comprenden aproximadamente
 50 74 por ciento en peso de sílice, aproximadamente 24 por ciento en peso de calcia y cantidades traza de magnesia, alúmina y óxido de hierro.

De acuerdo con ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa puede comprender
 55 opcionalmente otras fibras inorgánicas no respirables conocidas (fibras inorgánicas secundarias) tales como fibras de sílice, fibras de sílice lixiviadas (a granel o troceadas continuas), fibras de vidrio S, fibras de vidrio S2, fibras de vidrio E, fibras de fibra de vidrio, fibras minerales continuas troceadas (incluyendo, pero sin limitación, fibras de basalto o diabásicas) y combinaciones de las mismas y similares, adecuadas para las aplicaciones de temperatura particulares deseadas.

60 Las fibras inorgánicas secundarias están disponibles en el mercado. Por ejemplo, las fibras de sílice se pueden lixiviar utilizando cualquier tecnología conocida en la técnica, tal como sometiendo las fibras de vidrio a una solución ácida u otra solución adecuada para extraer los óxidos no silíceos y otros componentes de las fibras. Puede encontrarse un proceso para fabricar fibras de vidrio lixiviadas en la Patente de EE. UU. N.º 2.624.658 y en la publicación de solicitud de patente europea n.º 0973697.

65 Los ejemplos de fibras de sílice adecuadas incluyen aquellas fibras de vidrio lixiviadas disponibles de BelChem Fiber

Materials GmbH, Alemania, con la marca registrada BELCOTEX y de Hitco Carbon Composites, Inc. de Gardena, California, con la marca registrada REFRASIL, y de Polotsk-Steklovolokno, República de Bielorrusia, con la denominación PS-23(R).

- 5 Generalmente, las fibras de vidrio lixiviadas tendrán un contenido de sílice de al menos 67 por ciento en peso. En ciertas realizaciones, las fibras de vidrio lixiviadas contienen al menos 90 por ciento en peso, y en algunas de estas, de aproximadamente 90 por ciento en peso a menos de 99 por ciento en peso de sílice. Las fibras también están sustancialmente libres de partículas redondeadas grandes.
- 10 El diámetro de fibra promedio de estas fibras de vidrio lixiviadas puede ser mayor que al menos aproximadamente 3,5 micrómetros, y a menudo mayor que al menos aproximadamente 5 micrómetros. Como promedio, las fibras de vidrio suelen tener un diámetro de aproximadamente 9 micrómetros, hasta aproximadamente 14 micrómetros. Por lo tanto, estas fibras de vidrio lixiviadas no son respirables.
- 15 Las fibras BELCOTEX® son pre-hilos de fibra corta, de tipo convencional. Estas fibras tienen una finura promedio de aproximadamente 550 tex y generalmente están hechas de ácido silícico modificado por alúmina. Las fibras BELCOTEX® son amorfas y generalmente contienen aproximadamente 94,5 de sílice, aproximadamente 4,5 por ciento de alúmina, menos de 0,5 por ciento de óxido de sodio y menos de 0,5 por ciento de otros componentes. Estas fibras tienen un diámetro de fibra promedio de aproximadamente 9 micrómetros y un punto de fusión en el intervalo de 1500° a 1550 °C. Estas fibras son resistentes al calor a temperaturas de hasta 1100 °C, y generalmente están libres de partículas redondeadas grandes y aglutinantes.
- 20

Las fibras REFRASIL®, como las fibras BELCOTEX®, son fibras de vidrio lixiviadas amorfas con alto contenido de sílice para proporcionar aislamiento térmico para aplicaciones en el intervalo de temperatura de 1000° a 1100 °C. Estas fibras tienen entre aproximadamente 6 y aproximadamente 13 micrómetros de diámetro y tienen un punto de fusión de aproximadamente 1700 °C. Las fibras, después del lixiviado, normalmente tienen un contenido de sílice de aproximadamente 95 por ciento en peso. La alúmina puede estar presente en una cantidad de aproximadamente 4 por ciento en peso, con otros componentes presentes en una cantidad de 1 por ciento o menos.

25

30 Las fibras PS-23® de Polotsk-Steklovolokno son fibras de vidrio amorfas con alto contenido de sílice y son adecuadas para aislamiento térmico para aplicaciones que requieren resistencia a al menos aproximadamente 1000 °C. Estas fibras tienen una longitud de fibra en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 mm y un diámetro de fibra de aproximadamente 9 micrómetros. Estas fibras, como las fibras REFRASIL®, tienen un punto de fusión de aproximadamente 1700 °C.

35

En ciertas realizaciones, las fibras inorgánicas resistentes a altas temperaturas pueden comprender una fibra de alúmina/sílice/magnesia, tal como el vidrio S-2 de Owens Corning, Toledo, Ohio. La fibra de vidrio S-2 de alúmina/sílice/magnesia normalmente comprende de aproximadamente 64 por ciento en peso a aproximadamente 66 por ciento en peso de SiO₂, de aproximadamente 24 por ciento en peso a aproximadamente 25 por ciento en peso de Al₂O₃, y de aproximadamente 9 por ciento en peso a aproximadamente 11 por ciento en peso de MgO. Las fibras de vidrio S2 pueden tener un diámetro promedio de aproximadamente 5 micrómetros a aproximadamente 15 micrómetros; en algunas realizaciones, de aproximadamente 9 micrómetros.

40

La fibra de vidrio E normalmente comprende de aproximadamente 52 por ciento en peso a aproximadamente 56 por ciento en peso de SiO₂, de aproximadamente 16 por ciento en peso a aproximadamente 25 por ciento en peso de CaO, de aproximadamente 12 por ciento en peso a aproximadamente 16 por ciento en peso de Al₂O₃, de aproximadamente 5 por ciento en peso a aproximadamente 10 por ciento en peso de B₂O₃, hasta aproximadamente 5 por ciento en peso de MgO, hasta aproximadamente 2 por ciento en peso de óxido de sodio y óxido de potasio y cantidades traza de óxido de hierro y fluoruros, con una composición típica de 55 por ciento en peso de SiO₂, aproximadamente 15 por ciento de peso de Al₂O₃, aproximadamente 7 por ciento en peso de B₂O₃, aproximadamente 3 por ciento en peso de MgO, aproximadamente 19 por ciento en peso de CaO y trazas hasta aproximadamente 0,3 por ciento en peso de los otros materiales mencionados anteriormente.

45

50

El material compuesto puede incluir, además, uno o más aglutinantes en cada una de las capas respectivas. Opcionalmente, la capa de aislamiento fibrosa incluye un aglutinante. Los aglutinantes adecuados incluyen aglutinantes orgánicos, aglutinantes inorgánicos y mezclas de estos dos tipos de aglutinantes. De acuerdo con ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa incluye uno o más aglutinantes orgánicos. Los aglutinantes orgánicos pueden proporcionarse como un sólido, un líquido, una solución, una dispersión, un látex o una forma similar. El aglutinante orgánico puede comprender un aglutinante termoplástico o termoestable, que después del curado es un material flexible. Los ejemplos de aglutinantes orgánicos adecuados incluyen, pero sin limitación, látex acrílico, látex (met)acrílico, copolímeros de estireno y butadieno, vinilpiridina, acrilonitrilo, copolímeros de acrilonitrilo y estireno, cloruro de vinilo, poliuretano, copolímeros de acetato de vinilo y etileno, poliamidas, siliconas y similares. Otros aglutinantes de resina incluyen resinas termoestables flexibles, de baja temperatura, tales como poliésteres insaturados, resinas epoxi y ésteres de polivinilo (tales como acetato de polivinilo o látex de polivinilbutirato). De acuerdo con ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa utiliza un aglutinante de resina acrílica.

55

60

65

- 5 El aglutinante orgánico puede incluirse en la capa de aislamiento fibrosa en una cantidad de 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso, en ciertas realizaciones de aproximadamente 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso, y en otras realizaciones de aproximadamente 0 a aproximadamente 10 por ciento en peso, basado en el peso total de la capa.
- 10 La capa puede incluir fibras aglutinantes poliméricas en lugar de, o además de, un aglutinante resinoso o líquido. Estas fibras aglutinantes poliméricas, si están presentes, pueden usarse en cantidades que varían de más de 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso, en otras realizaciones de más de 0 a aproximadamente 10 por ciento en peso, y en realizaciones adicionales de aproximadamente 0 a aproximadamente 5 por ciento en peso, basado en el 100 por ciento en peso del material compuesto total, para ayudar a unir las fibras entre sí. Ejemplos adecuados de fibras aglutinantes incluyen fibras de alcohol polivinílico, fibras de poliolefina tales como polietileno y polipropileno, fibras acrílicas, fibras de poliéster, fibras de acetato de etilvinilo, fibras de nailon y combinaciones de las mismas.
- 15 Los disolventes para los aglutinantes, si son necesarios, pueden incluir agua o un disolvente orgánico adecuado, tal como acetona, para el aglutinante utilizado. La resistencia de la solución del aglutinante en el disolvente (si se usa) puede determinarse mediante métodos convencionales basados en la carga de aglutinante deseada y la trabajabilidad del sistema aglutinante (viscosidad, contenido de sólidos, etc.).
- 20 La capa de aislamiento fibrosa del material compuesto de aislamiento térmico multicapa también puede incluir un aglutinante inorgánico además o en lugar del aglutinante orgánico. En el caso de que se incluya un aglutinante inorgánico en el material compuesto de aislamiento térmico multicapa, el aglutinante inorgánico puede incluir, pero sin limitación, sílice coloidal, alúmina coloidal, circonia coloidal y mezclas de las mismas, silicato de sodio y arcillas, tales como bentonita, hectorita, caolinita, montmorillonita, atapulgita, saponita o sepiolita, y similares.
- 25 El aglutinante inorgánico puede incluirse opcionalmente en la capa de aislamiento fibrosa en una cantidad de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso, y en otras realizaciones de 0 a aproximadamente 25 por ciento en peso, basado en el peso total de la capa de aislamiento fibrosa, comprendiendo el resto fibra inorgánica.
- 30 Se puede incluir opcionalmente un opacificante en la capa de aislamiento fibrosa en una cantidad de aproximadamente 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso, de aproximadamente 0 a aproximadamente 10 por ciento en peso, o de aproximadamente 0 a aproximadamente 5 por ciento en peso, basado en el peso total de la capa de aislamiento fibrosa, comprendiendo el resto fibra inorgánica y opcionalmente un aglutinante.
- 35 En ciertas realizaciones, la capa de aislamiento fibrosa puede tomar la forma de una manta aislante, fieltro, material similar al papel, estera u hoja. Se pueden incluir aditivos conocidos adicionales para proporcionar características deseables, tales como resistencia al fuego o llama, resistencia al moho, resistencia a plagas, propiedades mecánicas y similares.
- 40 En ciertas realizaciones, la capa inorgánica de absorción de calor comprende al menos una de una capa intumesciente o una capa endotérmica.
- 45 De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa inorgánica de absorción de calor es una capa endotérmica que comprende fibras inorgánicas, un aglutinante, una carga endotérmica inorgánica y, opcionalmente, un opacificante. En ciertas realizaciones, la capa endotérmica puede comprender de aproximadamente 0 a menos de aproximadamente 50 por ciento en peso de aglutinante; de 0 a aproximadamente 90 por ciento en peso de fibra inorgánica; de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de carga endotérmica, y opcionalmente de aproximadamente 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso de opacificante, basado en el peso total de la capa endotérmica.
- 50 En ciertas realizaciones, la capa endotérmica comprende aproximadamente 5 por ciento en peso de aglutinante, aproximadamente 85 por ciento en peso de fibra inorgánica, aproximadamente 5 por ciento en peso de carga endotérmica, y opcionalmente aproximadamente 5 por ciento en peso de opacificante, basado en el peso total de la capa endotérmica.
- 55 Las fibras inorgánicas resistentes al calor adecuadas que pueden usarse en la capa endotérmica incluyen, sin limitación, fibras cerámicas refractarias, fibras de silicato alcalinotérreo, fibras de lana mineral, fibras de sílice de vidrio lixiviadas, fibra de vidrio, fibras de vidrio y mezclas de las mismas, como se ha descrito anteriormente en relación con la capa de aislamiento fibrosa.
- 60 La capa endotérmica puede incluir además uno o más aglutinantes. Los aglutinantes adecuados incluyen aglutinantes orgánicos, aglutinantes inorgánicos y mezclas de estos dos tipos de aglutinantes. En ciertas realizaciones, el aglutinante puede estar incluido en la capa endotérmica en una cantidad de aproximadamente 0 a menos de aproximadamente 50 por ciento en peso de aglutinante; o aproximadamente 5 por ciento en peso, basado en el peso total de la capa endotérmica, comprendiendo el resto de 0 a aproximadamente 90 por ciento en peso de fibra inorgánica y de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de carga endotérmica. Sin limitación,
- 65

un ejemplo de un aglutinante adecuado es HyCar® 26083 Latex disponible de Noveon, Inc.

5 En ciertas realizaciones, la carga endotérmica puede seleccionarse entre alúmina trihidrato y carbonato de magnesio, y otros materiales inorgánicos hidratados, incluidos cementos, borato de cinc hidratado, sulfato de calcio (también conocido como yeso), fosfato de magnesio y amonio, hidróxido de magnesio y mezclas de los mismos. La relación en peso de carga endotérmica a fibra inorgánica está en el intervalo de aproximadamente 0,25:1 a aproximadamente 30:1.

10 En ciertas realizaciones, el material endotérmico se activa para mantener la temperatura de la cara fría significativamente por debajo de lo que estaría sin el material endotérmico. En ciertas realizaciones, un opacificante seleccionado de dióxido de titanio, óxido de titanio y hierro, silicato de circonio y óxido de hierro, y opcionalmente se añade para mantener baja la temperatura de la cara fría al restringir la transferencia de calor.

15 En ciertas realizaciones, la capa inorgánica que absorbe el calor puede ser una capa intumesciente que comprende fibras inorgánicas resistentes al calor, una sustancia intumesciente, un aglutinante, opcionalmente un potenciador de la resistencia a la carbonización y opcionalmente un opacificante.

20 De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumesciente comprende de 0 a aproximadamente 90 por ciento en peso de fibra inorgánica, de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de sustancia intumesciente, de aproximadamente 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso de aglutinante, y de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización.

25 De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumesciente comprende de aproximadamente 15 a aproximadamente 50 por ciento en peso de fibra inorgánica resistente al calor, de aproximadamente 20 a aproximadamente 50 por ciento en peso de sustancia intumesciente, de aproximadamente 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso de aglutinante orgánico, y opcionalmente de aproximadamente 0 a aproximadamente 50 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización.

30 En ciertas realizaciones, la capa intumesciente puede comprender aproximadamente 35 por ciento en peso de fibra inorgánica, aproximadamente 30 por ciento en peso de sustancia intumesciente, aproximadamente 30 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización y aproximadamente 5 por ciento en peso de aglutinante.

35 Las fibras inorgánicas resistentes al calor adecuadas que pueden usarse para preparar la capa intumesciente incluyen, sin limitación, fibras cerámicas refractarias, fibras de silicato alcalinotérreo, fibras de lana mineral, fibras de sílice de vidrio lixiviadas, fibra de vidrio, fibras de vidrio y mezclas de las mismas, como se ha descrito anteriormente en relación con la capa de aislamiento fibrosa y la capa endotérmica.

40 En ciertas realizaciones, la sustancia intumesciente que se puede usar para preparar la capa intumesciente incluye, sin limitación, vermiculita no expandida, grafito expansible, perlita, hidrobiotita, mica de harinas tetrasilícicas que se hinchan en agua, o mezclas de las mismas. La capa intumesciente puede incluir una mezcla de más de un tipo de material intumesciente. De acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas, la sustancia intumesciente utilizada para preparar la capa intumesciente comprende grafito expansible.

45 En ciertas realizaciones, el material intumesciente de protección contra incendios incorpora adicionalmente opcionalmente una cantidad efectiva de un material que mejora la resistencia a la carbonización. Sin limitación, el material que mejora la resistencia a la carbonización comprende silicatos de metales alcalinos, sílices coloidales, alúmina coloidal, ácidos inorgánicos y fosfatos. De acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas, el material potenciador de la resistencia a la carbonización comprende un silicato de metal alcalino, tal como silicato de sodio.

50 En ciertas realizaciones, la capa intumesciente incluye un aglutinante o mezcla de más de un tipo de aglutinante. Los aglutinantes adecuados incluyen aglutinantes orgánicos, aglutinantes inorgánicos y mezclas de estos dos tipos de aglutinantes. De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumesciente incluye uno o más aglutinantes orgánicos. Los aglutinantes orgánicos pueden proporcionarse como un sólido, un líquido, una solución, una dispersión, un látex o una forma similar. El aglutinante orgánico puede comprender un aglutinante termoplástico o termoestable, que después del curado es un material flexible. Los ejemplos de aglutinantes orgánicos adecuados incluyen, pero sin limitación, látex acrílico, látex (met)acrílico, copolímeros de estireno y butadieno, vinilpiridina, acrilonitrilo, copolímeros de acrilonitrilo y estireno, cloruro de vinilo, poliuretano, copolímeros de acetato de vinilo y etileno, poliamidas, siliconas y similares. Otras resinas incluyen resinas termoestables flexibles, de baja temperatura, tales como poliésteres insaturados, resinas epoxis y ésteres de polivinilo. De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumesciente utiliza un aglutinante de látex acrílico.

65 En ciertas realizaciones, el aglutinante orgánico puede incluirse en la capa intumesciente en una cantidad de 2 a aproximadamente 20 por ciento en peso, o de aproximadamente 3 a aproximadamente 15 por ciento en peso, de aproximadamente 5 a aproximadamente 10 por ciento en peso, o de aproximadamente 2 a aproximadamente 8 por ciento en peso, basado en el peso total del material intumesciente.

- De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumescente puede incluir fibras aglutinantes poliméricas en lugar de, o en combinación con, el aglutinante resinoso o líquido. Estas fibras aglutinantes poliméricas pueden usarse en cantidades que varían de más de 0 a aproximadamente 20 por ciento en peso, de aproximadamente 1 a aproximadamente 15 por ciento en peso, y de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 por ciento en peso, basado en el 100 por ciento en peso de la composición total. Ejemplos adecuados de fibras aglutinantes incluyen fibras de alcohol polivinílico, fibras de poliolefina tales como polietileno y polipropileno, fibras acrílicas, fibras de poliéster, fibras de acetato de etilvinilo, fibras de nailon y combinaciones de las mismas.
- De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumescente también puede incluir un aglutinante inorgánico además del aglutinante orgánico. En el caso de que se incluya un aglutinante inorgánico en el material compuesto, el aglutinante inorgánico puede seleccionarse de alúmina coloidal, sílice coloidal, circonia coloidal y mezclas de las mismas, así como silicato de sodio y arcillas, como se ha descrito anteriormente en relación con la capa de aislamiento fibrosa.
- De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumescente comprende aproximadamente 20 a aproximadamente 50 por ciento en peso de grafito expansible, de aproximadamente 15 a aproximadamente 50 por ciento en peso de fibras resistentes al calor, de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización y de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 por ciento en peso de aglutinante orgánico.
- De acuerdo con otras realizaciones, la capa intumescente comprende aproximadamente 20 a aproximadamente 50 por ciento en peso de grafito expansible, de aproximadamente 15 a aproximadamente 50 por ciento en peso de fibras resistentes al calor, de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 por ciento en peso de silicato de sodio como potenciador de la resistencia a la carbonización, y de aproximadamente 2 a aproximadamente 20 por ciento en peso de aglutinante orgánico de látex acrílico.
- De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumescente comprende aproximadamente 30 por ciento en peso de grafito expansible, aproximadamente 35 por ciento en peso de fibras resistentes al calor, aproximadamente 30 por ciento en peso de potenciador de la resistencia a la carbonización y aproximadamente 5 por ciento en peso de aglutinante orgánico.
- De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa intumescente comprende aproximadamente 30 por ciento en peso de grafito expansible, aproximadamente 35 por ciento en peso de fibras cerámicas como fibras resistentes al calor, aproximadamente 30 por ciento en peso de silicato de sodio como potenciador de la resistencia a la carbonización y aproximadamente 5 por ciento en peso de látex acrílico como aglutinante orgánico.
- La expresión "capa de superaislamiento" se refiere a una capa de aislamiento que tiene una conductividad térmica más baja en comparación con la capa de aislamiento fibrosa. Los materiales de superaislamiento, tales como Excelfrax® basado en microfibra de vidrio disponible de Unifrax Corp., Alemania y los materiales de sílice microporosos tales como Excelfrax® y WDS, tienen una conductividad térmica extremadamente baja y exhiben características aislantes superiores, dando como resultado un ahorro significativo de espacio, peso y energía, mientras se mantiene el rendimiento térmico. Debido a su capacidad para minimizar la transferencia de calor por conducción (sólido y gas), convección y radiación, los materiales de superaislamiento proporcionan estabilidad térmica y un mayor nivel de eficiencia térmica en comparación con los materiales aislantes más tradicionales.
- De acuerdo con otras realizaciones, se puede usar un material de aerogel como material de superaislamiento. El material de aerogel se puede proporcionar en forma de una manta o lámina flexible. Sin limitación, los aerogeles adecuados están disponibles en el mercado de Cabot Corporation (Boston, Massachusetts) con la denominación Nanogel Airgel, y de Aspen Aerogels, Inc. (Northborough, Massachusetts) con las denominaciones Pyrogel XTF y Cryogel Z.
- Cuanto menor sea la conductividad térmica, más efectivo será el aislamiento. Los materiales de superaislamiento, tales como EXCELFRACT 550 basado en microfibra disponible de Unifrax y materiales de sílice microporosos, se distinguen por su conductividad térmica extremadamente baja. En materiales aislantes porosos, el calor se transfiere por conducción a través de la estructura de material sólido, el gas intermedio y por radiación térmica. Los opacificantes infrarrojos que comprenden, por ejemplo, óxidos o carburos activos infrarrojos, difunden o absorben la radiación térmica en el sistema de aislamiento.
- El término "microporoso" se refiere a materiales porosos o celulares en los que el tamaño de las células o huecos es menor que el camino libre medio de una molécula de aire en NTP, es decir, del orden de 100 nm o menos. Tales materiales microporosos exhiben una transferencia de calor muy baja por conducción de aire (es decir, colisiones entre moléculas de aire). Tales materiales microporosos incluyen aerogel, es decir, un gel en el que la fase líquida ha sido reemplazada por una fase gaseosa de manera que se evite la contracción que ocurriría si el gel se secase directamente de un líquido. Se obtienen estructuras similares por precipitación controlada de la solución, la temperatura y el pH se controlan durante la precipitación para obtener un precipitado reticular abierto. Otras estructuras reticulares abiertas equivalentes incluyen tipos pirógenos (ahumados) y electrotérmicos en los que una proporción sustancial de las partículas tiene un tamaño de partícula final inferior a 100 nm.

5 En ciertas realizaciones, la capa de superaislamiento puede incluir al menos un material de una clase de materiales disponibles como láminas flexibles delgadas que exhiben baja conductividad térmica y son sustancialmente no intumescentes. La expresión "material sustancialmente no intumescente" se define como un material que no se expande más allá del coeficiente de expansión térmica para el material. En ciertas realizaciones, la capa de superaislamiento es una capa de aislamiento microporosa que comprende una capa lámina flexible delgada que exhibe conductividad térmica extremadamente baja.

10 En ciertas realizaciones, la capa de superaislamiento puede comprender aislamiento de sílice microporosa Excelfrax® disponible de Unifrax I LLC (Niagara Falls, Nueva York) que comprende óxidos inorgánicos, principalmente sílice pirógena, con silicatos y opacificantes.

15 En ciertas realizaciones, la capa de superaislamiento microporosa comprende óxido metálico finamente dividido y un opacificante, esto es, un material que minimiza la radiación infrarroja; y opcionalmente fibra inorgánica de refuerzo. La capa de superaislamiento, en su forma preinstalada, puede sellarse en una película polimérica, tal como polietileno, aunque la película puede seleccionarse por economía y funcionalidad en lugar de por composición.

20 De acuerdo con ciertas realizaciones, el óxido metálico finamente dividido puede comprender al menos una de sílices pirógenas, sílices térmicas, sílices precipitadas con bajo contenido alcalino, sílice pirógena, aerogeles de dióxido de silicio, óxidos de aluminio y mezclas de los mismos. En una realización, el óxido metálico finamente dividido comprende sílice pirógena. El óxido metálico finamente dividido puede tener una superficie específica BET de aproximadamente 50 a aproximadamente 700 m²/g, o de aproximadamente 70 a aproximadamente 400 m²/g.

25 De acuerdo con ciertas realizaciones, el opacificante puede comprender al menos uno de ilmenita, dióxido de titanio, óxidos mixtos de hierro (II)/hierro (III), dióxido de cromo, óxido de circonio, dióxido de manganeso, óxido de hierro, rutilo, silicato de circonio, carburo de silicio, y mezclas de los mismos. El opacificante puede tener un tamaño de partícula en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 10 micrómetros.

30 En ciertas realizaciones, la fibra de refuerzo de la capa de superaislamiento puede comprender una amplia familia de materiales. La familia de materiales incluye cualquier fibra inorgánica capaz de proporcionar la estructura necesaria para retener las partículas microporosas en una unidad cohesiva. En algunas realizaciones, la fibra de refuerzo se selecciona del grupo que consiste en silicato de aluminio, silicato de magnesio, lana de roca, o combinaciones de las mismas. En ciertas realizaciones, la fibra de refuerzo de la capa de superaislamiento puede comprender al menos una de fibras de vidrio o fibras de cuarzo textiles, tales como fibras resistentes a altas temperaturas que tienen un contenido de SiO₂ superior al 60 % en peso, y en algunas realizaciones superior al 90 % en peso, fibras de sílice, fibras textiles hechas de vidrio R, fibras textiles hechas de vidrio S2, fibras textiles hechas de vidrio ECR, y fibras hechas de silicato de aluminio.

40 En ciertas realizaciones, una capa de superaislamiento adecuada puede comprender al menos una lámina disponible en el mercado de Porextherm GmbH (Kempten, Alemania), que comprende 55 % en peso de sílice altamente dispersa HDK N25 (BET 280 m²/g), 40 % en peso de silicato de circonio, 5 % de fibras textiles de vidrio (contenido de silicio >92 %) con una densidad de 320 kg/m³ y un espesor de 10 mm. Esta hoja es sustancialmente incompresible.

45 En ciertas realizaciones, aislamiento WDS® Flexible Contour, disponible de Wacker Chemie GmbH (Kempten, Alemania). El aislamiento microporoso WDS® Flexible Contour (WDS) es un material a modo de ejemplo que comprende aproximadamente 50 % de sílice, aproximadamente 45 % de silicato de circonio y aproximadamente 5 % de otros materiales, incluidas las fibras de vidrio de refuerzo, puede usarse como una capa de superaislamiento que exhibe baja conductividad térmica en un material delgado de baja densidad. Sin limitación, WDS® Flexible Contour se produce comercialmente en 3 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm y 20 mm de espesor. Microtherm (Alcoa, Tennessee) dispone de un material de superaislamiento microporoso similar.

55 En ciertas realizaciones, se dispone malla orgánica o inorgánica, tejida o no tejida, alrededor del material compuesto de aislamiento térmico multicapa encapsulando parcial o totalmente el material compuesto, o puede aplicarse adyacente a al menos una superficie del material compuesto de aislamiento térmico multicapa, para conferir fuerza adicional, resistencia a la abrasión y al desgarro, y resistencia al agrietamiento para ciertas aplicaciones. En ciertas realizaciones, la malla envuelve o envuelve parcial o sustancialmente totalmente el material compuesto, abarcando todas las capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa, para que el material compuesto pueda ser manipulado, cortado e instalado correctamente. Un beneficio adicional es la minimización de la transferencia de calor durante los ensayos de fuego. La malla puede ser un material tejido o no tejido hecho de fibras. La malla puede ser de fibra de vidrio, tejido de nailon o poliéster. Los materiales de malla adecuados también incluyen, pero sin limitación, fibras de sílice, fibras cerámicas refractarias (RCF), fibras minerales, fibras solubles o cualquier otro tipo de fibras inorgánicas resistentes al fuego.

65 El espesor promedio de la malla puede variar. El espesor promedio de la malla puede variar de aproximadamente 5 a aproximadamente 2000 micrómetros, o de aproximadamente 100 a aproximadamente 1000 micrómetros. La capa de malla es ligera, fuerte, y al menos relativamente no inflamable.

- En ciertas realizaciones, la capa de malla se puede adherir opcionalmente a las capas del material compuesto. En ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa se puede termosellar con un adhesivo para envolver o encapsular total o parcialmente las capas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa.
- 5 El adhesivo puede contener opcionalmente aditivos ignífugos convencionales, y opcionalmente puede estar asociado con una malla de refuerzo, que en algunas realizaciones comprenden una fibra de vidrio, tejido de nailon o poliéster en al menos un lado del material compuesto. La malla puede estar dispuesta dentro de la capa adhesiva, o puede estar en la superficie del adhesivo.
- 10 En ciertas realizaciones destinadas a aplicaciones de bloqueo de fuego, se puede usar una capa relativamente delgada de material que bloquee el fuego, tal como una fibra cerámica o papel a base de fibra bio-soluble o fieltro laminado en una malla de refuerzo para envolver el material compuesto de aislamiento térmico multicapa expansible para que se pueda manipular, cortar e instalar fácilmente. La malla y la capa de bloqueo de fuego pueden recubrirse con un adhesivo termoplástico o termoactivado para adherir la capa de malla/bloqueo de fuego al material compuesto
- 15 multicapa. En una realización alternativa no destinada a aplicaciones de bloqueo de fuego, el material de bloqueo de fuego puede ser reemplazado por una capa de material que es relativamente de alta resistencia y preferiblemente resistente a las llamas, pero sin propiedades de bloqueo de fuego. También puede reforzarse con una malla y adherirse al material compuesto.
- 20 El material compuesto de aislamiento térmico multicapa se puede producir de cualquier manera conocida en la técnica para formar materiales en forma de lámina. Por ejemplo, se pueden usar procesos convencionales de fabricación de papel, ya sea a mano o máquina, para preparar el material compuesto de aislamiento térmico multicapa. Se puede emplear un molde manual, una máquina de papel Fourdrinier o una máquina de papel rotoformadora para hacer el material compuesto de aislamiento térmico multicapa.
- 25 En ciertas realizaciones, el material compuesto de aislamiento térmico multicapa puede prepararse combinando y mezclando los ingredientes de cada capa respectiva, tal como formando una suspensión acuosa de los ingredientes de formulación para cada capa. La suspensión puede flocularse con un agente floculante y productos químicos de ayuda para la retención del drenaje. La mezcla o suspensión floculada para cada una de las capas respectivas se moldea o coloca en una máquina de fabricación de papel para formar una lámina u hoja multicapa de papel que contiene fibra. La hoja se deshidrata y se seca mediante secado al aire o secado en horno. Para una descripción más detallada de las técnicas convencional de fabricación de papel empleadas, véase la Patente de EE. UU. N.º 3.458.329, cuya divulgación se incorpora en el presente documento por referencia.
- 30 Como alternativa, las láminas u hojas se pueden formar colando al vacío la suspensión con un equipo convencional. De acuerdo con este método, la suspensión de componentes se deposita en húmedo sobre una banda permeable. Se aplica un vacío a la banda para extraer la mayor parte de la humedad de la suspensión, formando así una hoja húmeda. Las láminas u hojas húmedas se secan, normalmente en un horno. La lámina se puede hacer pasar a través de un conjunto de rodillos para comprimir la lámina antes del secado. Las capas resultantes se apilan una encima de la otra en el orden indicado. Opcionalmente, las capas resultantes se unen o adhieren entre sí. El material compuesto de aislamiento térmico multicapa se envuelve o encapsula parcial o sustancialmente por la capa de malla para mantener unido el material compuesto. Las múltiples capas del material compuesto pueden estar opcionalmente pegadas, cosidas o unidas de alguna manera.
- 35 Independientemente de cuál de las técnicas descritas anteriormente se emplee, el material de la hoja puede cortarse o hendirse, tal como por troquelado o corte, para formar láminas de formas y tamaños exactos con tolerancias reproducibles.
- 40 Se pueden producir materiales compuestos resilientes en una gama de espesores. Las láminas que tienen un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 150 mm son especialmente útiles en aplicaciones de cortafuegos. Las láminas compuestas de menor espesor se pueden apilar para producir material más grueso según lo requiera una aplicación determinada. Las variaciones en la composición de las hojas conducen a cambios en su densidad en el intervalo de aproximadamente 0,04 gramos/cm³ a aproximadamente 0,25 gramos/cm³.
- 45 En algunas otras realizaciones, un método para elaborar un material compuesto de aislamiento térmico multicapa comprende (a) proporcionar una pila de capas que comprende una capa de aislamiento fibrosa, al menos una capa de absorción de calor inorgánica y al menos una capa de superaislamiento; (b) opcionalmente pegar la pila de capas junto con al menos uno de un adhesivo, unión o costura con aguja; y (c) opcionalmente al menos encapsular parcialmente las capas apiladas con una capa de malla de refuerzo.
- 50
- 55

60 Ejemplos

- Los siguientes ejemplos pretenden simplemente ejemplificar adicionalmente realizaciones ilustrativas del material compuesto de aislamiento térmico multicapa y el proceso para preparar el material compuesto. Debe entenderse que
- 65 estos ejemplos son solo ilustrativos y no deben considerarse como limitativos del material compuesto de aislamiento térmico multicapa reivindicado, el proceso para preparar el material compuesto de aislamiento térmico multicapa, los

productos que incorporan el material compuesto de aislamiento térmico multicapa, o los procesos para usar el material compuesto de aislamiento térmico multicapa.

Se utilizaron varios ejemplos de materiales de protección contra incendios conocidos disponibles en el mercado con fines de ensayo como controles contra las muestras de la invención. Se apilan y centran múltiples capas unas con otras. Las múltiples capas pueden estar opcionalmente pegadas, unidas, cosidas o pegadas de otra manera entre sí. Opcionalmente, se utiliza una capa de malla para encapsular al menos parcialmente las capas apiladas.

Ej. Comparativo 1 ("C1") = dos capas de 5,08 cm (2 pulgadas), manta Insulfrax® de densidad 8 PCF de Unifrax 1 LLC (identificada como "Control 6/3" en las FIGs. 1 y 2) apiladas una encima de la otra y opcionalmente unidas o adheridas juntas.

Ej. Comparativo 2 ("C2") = dos capas de material intumescente de 1,27 cm (0,5 pulgadas) (identificado como "Sistema intumescente" en las Figs. 1 y 2) apiladas una encima de la otra y opcionalmente unidas o adheridas juntas.

Ej. Comparativo 3 ("C3") = dos capas de 3,81 cm (1,5 pulgadas), manta Insulfrax® de 6 PCF de Unifrax 1 LLC (identificada como "2 capas, 3,81 cm (1,5") 6pcf en las Figs. 1 y 2), apiladas una encima de la otra y opcionalmente unidas o adheridas juntas.

Ej. Comparativo 4 ("C4") = dos capas de 3,81 cm (1,5 pulgadas), manta Insulfrax® de 6 PCF de Unifrax 1 LLC apiladas una encima de la otra y opcionalmente unidas o adheridas juntas y encapsuladas con una malla aislante ignífuga de 1 mm de espesor (identificada como "Malla de fibra nueva/baja emisividad" en la Fig. 2).

Ej. Comparativo 5 ("C5") = dos capas de 5,08 cm (2 pulgadas), manta Insulfrax® de densidad 8 PCF de Unifrax 1 LLC (identificada como "Control 6/15" en las FIGs. 1 y 2) apiladas una encima de la otra y opcionalmente unidas o adheridas juntas.

Ej. Inventivo 1

Se preparó una muestra del material compuesto de aislamiento térmico multicapa para el ensayo apilando una capa, de 6 mm de espesor, de aislamiento microporoso disponible en el mercado como Excelfrax de Unifrax en la cara caliente, y una capa, de 12 mm de espesor, de material intumescente disponible en el mercado como Graphite HF de Asbury Graphite. Este material se identifica como "Excelfrax/Graphite HF" en la Fig. 2. Este espécimen no se encapsuló con una malla resistente al fuego. Se espera que la encapsulación con el material de malla mejore aún más el rendimiento, es decir, baje la temperatura de la cara fría.

Ensayo de resistencia a la llama

El Ej. Inventivo 1 y el Ej. Comparativo C1-C5 se evaluaron para determinar la resistencia al fuego. La resistencia a la llama del material compuesto de aislamiento térmico multicapa se evaluó usando un ensayo de llama de acuerdo con ASTM 2336. Los ensayos de llama se realizaron en un horno de ensayo a gas de 61 cm x 61 cm (24"x24") y se ensayaron usando la curva de calor E2336 (1.093 °C (2000 °F) durante 30 minutos). Los tamaños de muestra fueron de 45,7 cm x 55,9 cm (18"x22") para ensayos de pared lateral y 61 cm x 61 cm (24"x 24") para ensayos de techo.

La FIG. 1 representa la tasa de aumento de la temperatura en la superficie del lado frío de las muestras analizadas en función del tiempo durante un ensayo de llama. Los resultados muestran que el material compuesto multicapa funcionó mejor en ensayos de llama en comparación con las mantas aislantes de solo fibra de doble capa. La muestra de material compuesto de la invención mantuvo una temperatura mucho más baja durante un tiempo significativamente más largo que las muestras de control. Los mejores resultados, es decir, el aumento más bajo de la temperatura de la cara fría, se observaron cuando la capa endotérmica se colocó en el lado sin fuego del artículo a proteger.

La FIG. 2 representa la tasa de aumento de la temperatura en la superficie del lado frío de las muestras analizadas en función del tiempo durante un ensayo de llama. Los resultados muestran que el material compuesto multicapa funcionó mejor en ensayos de llama en comparación con las mantas aislantes de solo fibra de doble capa. Los mejores resultados, es decir, el aumento más bajo de la temperatura de la cara fría, se observaron con el material compuesto Excelfrax CF/Graphite HF. Este sistema no estaba encapsulado con una malla resistente al fuego. Se espera que la encapsulación con el material de malla mejore aún más el rendimiento, es decir, baje la temperatura de la cara fría.

El presente material compuesto de múltiples capas para aislamientos térmicos o materiales compuestos de protección contra incendios tiene múltiples capas que opcionalmente se fijan de alguna manera, son delgadas y livianas durante el manejo y la instalación y pueden expandirse al espesor final en caso de incendio y aumento de temperatura. Los materiales compuestos de múltiples capas tienen una conductividad térmica muy baja. Debido a que el presente material compuesto de múltiples capas tiene un espesor reducido en comparación con los sistemas de aislamiento disponibles en el mercado, es duradero, más fácil de manipular y requiere menos espacio, mano de obra y tiempo de instalación que las capas separadas. Debido a la facilidad de manejo e instalación, el presente material compuesto de

múltiples capas es adecuado para aplicaciones de aislamiento de conductos y tuberías, así como residuos peligrosos, explosivos y aplicaciones de aislamiento químico de contenedores. El material de protección contra incendios es particularmente útil como material de protección contra incendios en áreas de espacio limitado tal como estructuras de fuselaje.

- 5
- Mientras que el material compuesto de aislamiento térmico multicapa y el proceso para preparar el mismo se han descrito en conexión con diversas realizaciones ilustrativas, debe entenderse que pueden usarse otras realizaciones similares o pueden hacerse modificaciones y adiciones a las realizaciones descritas para realizar la misma función divulgada aquí sin alejarse de las mismas. Las realizaciones descritas anteriormente no están necesariamente en la alternativa, ya que pueden combinarse diversas realizaciones para proporcionar las características deseadas. Por
- 10
- tanto, el proceso y el material compuesto de aislamiento térmico multicapa no deben limitarse a una sola realización, sino en su lugar considerarse comprendidos dentro del ámbito y el alcance de conformidad con la redacción de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un material compuesto de aislamiento térmico multicapa que comprende:
- 5 al menos una capa de superaislamiento que comprende un material de superaislamiento que comprende uno o más de un aerogel, microfibras de vidrio o sílice microporosa; y al menos una capa inorgánica de absorción de calor.
2. El material compuesto de la reivindicación 1 que comprende:
- 10 al menos una capa de superaislamiento; al menos una capa de aislamiento fibrosa que comprende fibras inorgánicas; y al menos una capa inorgánica de absorción de calor.
3. El material compuesto de la reivindicación 1, que comprende además una capa de malla dispuesta adyacente a una o más de las capas del material compuesto, o dispuesta alrededor del material compuesto de aislamiento térmico multicapa encapsulando parcial o totalmente el material compuesto.
4. El material compuesto de la reivindicación 1, en donde la capa absorbente de calor inorgánica comprende uno o ambos de (i) al menos una de una capa intumesciente o (ii) al menos una capa endotérmica.
5. El material compuesto de la reivindicación 2, en donde (i) las fibras inorgánicas comprenden al menos una de las fibras inorgánicas biosolubles resistentes a altas temperaturas, fibras inorgánicas convencionales resistentes a altas temperaturas, o mezclas de las mismas, y (ii) en donde las fibras inorgánicas convencionales resistentes a altas temperaturas comprenden al menos una de fibras cerámicas refractarias, fibras de silicato alcalinotérmico, fibras de lana mineral, fibras de vidrio, fibras de sílice, fibras de sílice de vidrio lixiviadas, fibra de vidrio o mezclas de las mismas.
- 25 6. El material compuesto de la reivindicación 4, en donde la capa endotérmica comprende del 0 a menos del 50 por ciento en peso de aglutinante; del 0 al 90 por ciento en peso de fibra inorgánica; del 0 al 50 por ciento en peso de carga endotérmica, y opcionalmente del 0 al 20 por ciento en peso de opacificante, basado en el peso total de la capa endotérmica.
- 30 7. El material compuesto de la reivindicación 4, en donde la capa endotérmica comprende el 5 por ciento en peso de aglutinante, el 85 por ciento en peso de fibra inorgánica, el 5 por ciento en peso de carga endotérmica y opcionalmente el 5 por ciento en peso de opacificante, basado en el peso total de la capa endotérmica.
- 35 8. El material compuesto de la reivindicación 7, en donde la carga endotérmica comprende alúmina trihidrato, cementos hidratados de carbonato de magnesio, borato de cinc hidratado, sulfato de calcio, fosfato de magnesio y amonio, hidróxido de magnesio o mezclas de los mismos.
- 40 9. El material compuesto de la reivindicación 8, en donde la relación en peso de la carga endotérmica a la fibra inorgánica está en el intervalo de 0,25:1 a 30:1.
10. El material compuesto de la reivindicación 1, en donde la capa de superaislamiento comprende óxido metálico finamente dividido y un opacificante, opcionalmente fibras inorgánicas de refuerzo y, opcionalmente un aglutinante.
- 45 11. El material compuesto de la reivindicación 10, en donde (i) el óxido metálico finamente dividido comprende al menos uno de sílice microporosa, microfibras de vidrio, sílices pirógenas, sílices térmicas, sílices precipitadas con bajo contenido alcalino, aerogeles de dióxido de silicio, óxidos de aluminio pirógenos, óxidos de aluminio térmicos, óxidos de aluminio precipitados con bajo contenido alcalino, aerogeles de óxido de aluminio, o mezclas de los mismos, y (ii) el opacificante comprende al menos uno de ilmenita, dióxido de titanio, óxidos mixtos de hierro (II)/hierro (III), dióxido de cromo, óxido de circonio, dióxido de manganeso, óxido de hierro, rutilo, silicato de circonio, carburo de silicio, o mezclas de los mismos.
- 50 12. El material compuesto de la reivindicación 1, en donde la capa de superaislamiento tiene al menos una de las siguientes propiedades:
- 55 (i) una capacidad calorífica específica de 0,8 kJ/kgK para temperaturas de 20 °C a 800 °C;
- (ii) un módulo de elasticidad mayor de 3 MPa para tensiones menores de 0,02, y tiene una densidad aparente mayor o igual a 260 kg/m³;
- 60 (iii) una conductividad térmica inferior a 0,055 W/mK para temperaturas medias inferiores a 1000 °C; y
- (iv) una densidad aparente entre 25 kg/m³ y 500 kg/m³.
13. El material compuesto de la reivindicación 1, en donde la capa de aislamiento fibrosa y la capa de absorción de calor inorgánica comprenden cada una un opacificante.
- 65

14. Un método para preparar el material compuesto de aislamiento térmico multicapa de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, comprendiendo el método:

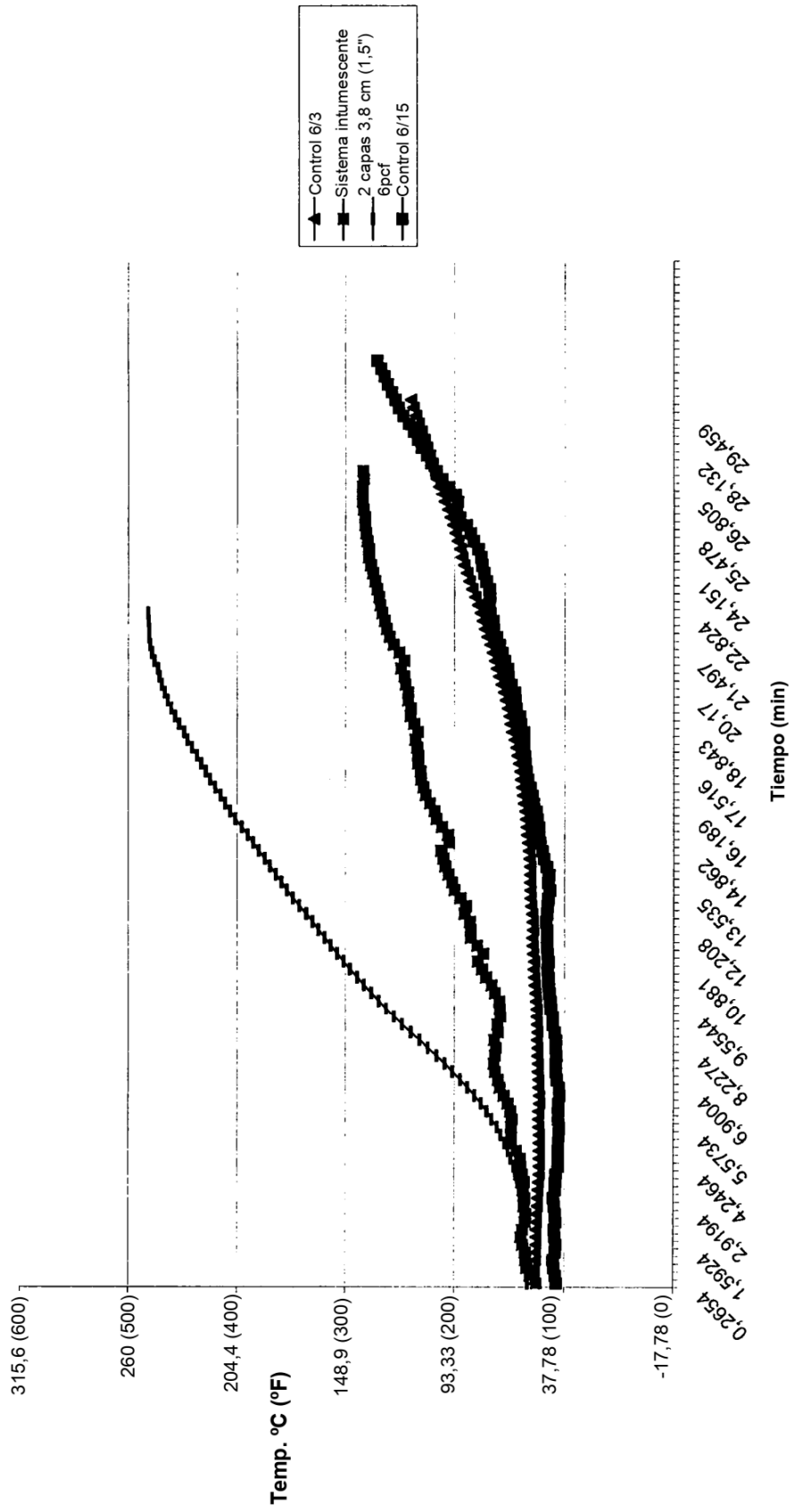
- 5 proporcionar una primera suspensión acuosa que contiene materiales adecuados para fabricar al menos una capa de superaislamiento;
proporcionar una segunda suspensión acuosa que contiene materiales adecuados para fabricar al menos una capa inorgánica de absorción de calor;
depositar la primera suspensión sobre un sustrato;
10 eliminar al menos una parte del líquido de la primera suspensión sobre el sustrato para formar una capa de superaislamiento;
depositar la segunda suspensión sobre el sustrato para formar una capa inorgánica de absorción de calor sobre la capa de superaislamiento;
eliminar al menos una parte del líquido de la capa inorgánica de absorción de calor; y
15 secar las capas para formar un material multicapa.

15. Un método para preparar el material compuesto de aislamiento térmico multicapa de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, comprendiendo el método:

- 20 proporcionar una pluralidad de capas que comprenden (a) al menos una capa de superaislamiento y (b) al menos una capa inorgánica de absorción de calor, y (iii) opcionalmente una capa de malla;
organizar las capas en un material compuesto multicapa; y
opcionalmente encapsular la pila de capas.

- 25 16. Un método para aislar o proteger térmicamente un artículo del fuego que comprende poner en contacto al menos una parte de dicho artículo o encapsular dicho artículo con el material compuesto de aislamiento térmico multicapa de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, comprendiendo dicho material compuesto (a) al menos una capa de absorción de calor inorgánica y (b) al menos una capa de superaislamiento dispuesta en al menos un lado del material compuesto adyacente a la capa de absorción de calor.

1.093 °C (2.000 °F) durante 30 minutos



1.093 °C (2.000 °F) durante 30 minutos

