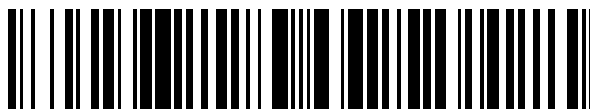


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 779 924**

51 Int. Cl.:

C03C 13/06 (2006.01)
C03C 13/00 (2006.01)
C03C 3/085 (2006.01)
C03C 3/087 (2006.01)
C04B 35/20 (2006.01)
D01F 9/08 (2006.01)
F16L 59/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2014** **PCT/US2014/072018**
87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016** **WO16010579**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2014** **E 14897748 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020** **EP 3169637**

54 Título: **Fibra inorgánica con contracción y resistencia mejoradas**

30 Prioridad:

17.07.2014 US 201462025538 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.08.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ZHAO, DONGHUI;
ZOITOS, BRUCE K.;
ANDREJCAK, MICHAEL J. y
HAMILTON, JASON M.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 779 924 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

Fibra inorgánica con contracción y resistencia mejoradas

5 **Campo técnico**

Se proporciona una fibra inorgánica resistente a altas temperaturas que es útil como material de aislamiento térmico, eléctrico o acústico y que tiene una temperatura de uso de 1260 °C y superior. La fibra inorgánica resistente a altas temperaturas puede fabricarse fácilmente, muestra baja contracción después de la exposición a la temperatura de uso, conserva buena resistencia mecánica después de la exposición a la temperatura de uso y muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.

Antecedentes

15 La industria de materiales aislantes ha determinado que es deseable utilizar fibras en aplicaciones de aislamiento térmico, eléctrico y acústico, que no son duraderas en fluidos fisiológicos, es decir composiciones de fibras que muestran una baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.

20 El documento JP 2002-338300 da a conocer fibras inorgánicas que son solubles en fluidos fisiológicos mientras mantienen la resistencia al calor. Las fibras comprenden MgO, SrO y SiO₂.

El documento JP 2004-036050 se refiere a fibras inorgánicas con buena solubilidad fisiológica y resistencia al calor. Las fibras comprenden MgO, SrO y SiO₂.

25 El documento WO 2015/100320 da a conocer fibras inorgánicas resistentes a altas temperaturas que tienen una temperatura de uso de 1260 °C o superior.

Aunque se han propuesto materiales candidatos, el límite de temperatura de uso de estos materiales no ha sido lo bastante alto para adaptar muchas de las aplicaciones a las que se aplican fibras resistentes a altas temperaturas. Por ejemplo, tales fibras de baja biopersistencia muestran alta contracción a temperaturas de servicio y/o resistencia mecánica reducida cuando se exponen a temperaturas de servicio que oscilan desde 1000 °C a 1400 °C cuando se compara con el rendimiento de fibras cerámicas refractarias.

35 Las fibras resistentes a altas temperaturas, de baja biopersistencia deberían mostrar contracción mínima a las temperaturas de exposición esperadas, y después de exposición prolongada o continua a las temperaturas de uso esperadas, con el fin de proporcionar protección térmica eficaz al artículo que se aísla.

Además de la resistencia a la temperatura tal como se expresa por características de contracción que son importantes en fibras que se usan en aislamiento, se requiere también que las fibras de baja biopersistencia tengan características de resistencia mecánica durante y tras la exposición a la temperatura de uso o de servicio esperada, que permitirán que la fibra mantenga su integridad estructural y características de aislamiento en el uso.

Una característica de la integridad mecánica de una fibra es su friabilidad después del servicio. Cuanto más friable sea una fibra, es decir, cuanto más fácil se aplaste o se desmenuce para obtener un polvo, menos integridad mecánica tiene. En general, las fibras inorgánicas que muestran tanto resistencia a altas temperaturas como baja biopersistencia en fluidos fisiológicos muestran además un alto grado de friabilidad después del servicio. Esto da como resultado una fibra frágil que carece de resistencia o integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de servicio para poder proporcionar la estructura necesaria para realizar su fin de aislamiento. Otras medidas de integridad mecánica de fibras incluyen la resistencia a la compresión y recuperación de compresión.

50 Por tanto, es deseable producir una composición de fibras inorgánicas mejorada que pueda fabricarse fácilmente a partir de una masa fundida que puede fibrizarse de componentes deseados, que muestre baja biopersistencia, baja contracción durante y después de la exposición a temperaturas de servicio de 1260 °C o superiores y, que muestre baja fragilidad después de la exposición a las temperaturas de uso esperadas, y que mantenga la integridad mecánica después de la exposición a temperaturas de uso de 1260 °C o superiores.

Se proporciona una fibra de silicato alcalinotérreo resistente a altas temperaturas que muestra estabilidad térmica mejorada cuando la fibra inorgánica se expone a temperaturas elevadas de 1000 °C a 1500 °C. Se ha encontrado que la adición de cantidades adecuadas de estroncio a una fibra inorgánica de silicato alcalinotérreo reduce la contracción de fibras y mejora la resistencia mecánica más allá de la de los ejemplos sin adiciones de óxido de estroncio. Por tanto, la fibra muestra una baja biopersistencia en soluciones fisiológicas, contracción lineal reducida y resistencia mecánica mejorada después de la exposición a temperaturas de uso esperadas.

65 De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, y de aproximadamente el 1 a aproximadamente el

- De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 72 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 28 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, menos de aproximadamente el 0,3 por ciento en peso de óxido de calcio y un 1,5 por ciento en peso o menos de un modificador de la viscosidad.
- De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 75 a aproximadamente el 80 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 20 a aproximadamente el 25 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio y un modificador de la viscosidad.
- De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 75 a aproximadamente el 80 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 20 a aproximadamente el 25 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, menos del 0,3 por ciento en peso de óxido de calcio y el 1,5 por ciento en peso o menos de un modificador de la viscosidad.
- Sin limitación, y sólo a modo de ilustración, los modificadores de la viscosidad adecuados que pueden incluirse en la composición de fibra inorgánica incluyen óxido de aluminio, óxido de boro y mezclas de óxido de aluminio y óxido de boro.
- De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio y óxido de aluminio como modificador de la viscosidad.
- De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, la fibra inorgánica comprende el producto de fibrización de aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, más del 0 a aproximadamente el 11 por ciento en peso de óxido de zirconio y un modificador de la viscosidad que comprende óxido de aluminio, óxido de boro, o una mezcla de óxido de aluminio y óxido de boro.
- De acuerdo con la presente invención, la fibra inorgánica contiene el 0,3 por ciento en peso o menos de óxido de calcio.
- La fibra inorgánica no contiene sustancialmente óxido de metal alcalino.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, se proporciona una fibra inorgánica resistente a altas temperaturas que muestra una contracción lineal de aproximadamente el 10 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1260 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, y que conserva la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, la fibra inorgánica resistente a altas temperaturas muestra una contracción lineal de aproximadamente el 5 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1260 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, y que conserva la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, la fibra inorgánica resistente a altas temperaturas muestra una contracción lineal de aproximadamente el 4 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1260 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, mantiene la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, se proporciona una fibra inorgánica resistente a altas temperaturas que muestra una contracción lineal de aproximadamente el 10 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1400 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, y que conserva la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, la fibra inorgánica resistente a altas temperaturas muestra una contracción lineal de aproximadamente el 5 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1400 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, y que conserva la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.
- De acuerdo con determinadas realizaciones, la fibra inorgánica resistente a altas temperaturas muestra una contracción lineal de aproximadamente el 4 % o menos cuando se expone a la temperatura de uso de 1400 °C o superior durante 24 horas o durante más tiempo, mantiene la integridad mecánica después de la exposición a la

temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, se proporciona un procedimiento para preparar una fibra inorgánica resistente a altas temperaturas que tiene una temperatura de uso de 1260 °C o superior, que conserva la integridad mecánica después de la exposición a la temperatura de uso, y que muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos. El procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio y de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, y producir fibras a partir de la masa fundida.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, el procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, aproximadamente el 0,3 por ciento en peso o menos de óxido de calcio y el 1,5 por ciento en peso o menos de óxido de aluminio, y producir fibras a partir de la masa fundida.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, el procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio y un modificador de la viscosidad, y producir fibras a partir de la masa fundida.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, el procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, aproximadamente el 0,3 o menos de óxido de calcio y el 1,5 por ciento en peso o menos de un modificador de la viscosidad, y producir fibras a partir de la masa fundida.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, el procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, más del 0 a aproximadamente el 11 por ciento en peso de óxido de zirconio, y un modificador de la viscosidad, y producir fibras a partir de la masa fundida.

De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, el procedimiento para preparar la fibra inorgánica comprende formar una masa fundida con componentes que comprende aproximadamente el 65 a aproximadamente el 86 por ciento en peso de sílice, de aproximadamente el 14 a aproximadamente el 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, aproximadamente el 0,3 por ciento en peso o menos de óxido de calcio, más del 0 a aproximadamente el 11 por ciento en peso de óxido de zirconio y el 1,5 por ciento en peso o menos de un modificador de la viscosidad, y producir fibras a partir de la masa fundida.

Sin limitación, el modificador de la viscosidad que se añade a la masa fundida de componentes para preparar la fibra inorgánica puede seleccionarse del óxido de aluminio, óxido de boro y mezclas de óxido de aluminio y óxido de boro. El modificador de la viscosidad se incluye en la masa fundida de componentes en una cantidad eficaz para hacer que la masa fundida pueda fibrizarse.

También se proporciona un procedimiento de aislamiento término de un artículo con aislamiento fibroso preparado a partir de una pluralidad de las fibras inorgánicas de baja biopersistencia, resistentes a altas temperaturas dadas a conocer en el presente documento de acuerdo con cualquiera de las realizaciones ilustrativas dadas a conocer anteriormente. El procedimiento incluye disponer sobre, en, cerca o alrededor del artículo que va a aislarse térmicamente un material de aislamiento térmico que comprende una pluralidad de las fibras inorgánicas.

También se proporciona un artículo que contiene fibra inorgánica, tal como se ha descrito anteriormente, que comprende al menos uno de fibra suelta, capas, bloques, placas, composiciones de calafateado, composiciones de cemento, revestimientos, fieltros, esteras, composiciones moldeables, módulos, papeles, composiciones bombeables, composiciones de masilla, láminas, mezclas de apisonado, moldes de colada a vacío, cajas de colada a vacío, o materiales textiles tejidos (por ejemplo, trenzados, paños, telas, cuerdas, cintas, manguitos, mechas).

Con el fin de que una composición de vidrio sea un candidato viable para producir un producto de fibra resistente a altas temperaturas satisfactorio, la fibra que va a producirse debe poder fabricarse, debe ser suficientemente soluble (es decir, con baja biopersistencia) en fluidos fisiológicos, y debe poder soportar altas temperaturas con mínima contracción y mínima pérdida de la integridad mecánica durante la exposición a las temperaturas de servicio altas.

La presente fibra inorgánica muestra baja biopersistencia en fluidos fisiológicos. Por “baja biopersistencia” en fluidos fisiológicos se quiere decir que la fibra inorgánica se disuelve al menos parcialmente en tales fluidos, tal como fluido pulmonar simulado, durante ensayos *in vitro*.

La biopersistencia puede someterse a ensayo mediante medición de la velocidad a la que se pierde masa de la fibra (ng/cm²-h) en condiciones que simulan las condiciones de temperatura y productos químicos encontrados en el pulmón humano. Este ensayo consiste en exponer aproximadamente 0,1 g de fibra fibrizada a 50 ml de fluido de pulmón simulado (SLF) durante 6 horas. Todo el sistema de ensayo se mantiene a 37 °C, para simular la temperatura del cuerpo humano.

Después de que se haya expuesto el SLF a la fibra, se recoge y se analiza para determinar constituyentes de vidrio usando espectroscopia de plasma acoplado de manera inductiva. Una muestra de SLF “en blanco” se mide también y se usa para corregir elementos presentes en el SLF. Una vez que se han obtenido estos datos, es posible calcular la tasa a la que la fibra ha perdido masa durante el intervalo de tiempo del estudio. Las fibras son significativamente menos biopersistentes que la fibra cerámica refractaria normal en fluido de pulmón simulado.

La “viscosidad” se refiere a la capacidad de una masa fundida de vidrio de resistir el esfuerzo cortante o por cizallamiento. La relación de viscosidad-temperatura es crítica para determinar si es posible fibrizar una composición de vidrio dada. Una curva de viscosidad óptima tendría una baja viscosidad (5-50 poise) a la temperatura de fibrización y aumentaría gradualmente a medida que disminuye la temperatura. Si la masa fundida no es suficientemente viscosa (es decir demasiado fina) a la temperatura de fibrización, el resultado es una fibra corta, delgada, con una alta proporción de material no fibrizado (desfibrizado). Si la masa fundida es demasiado viscosa a la temperatura de fibrización, la fibra resultante será extremadamente gruesa (alto diámetro) y corta.

La viscosidad depende de la química de masa fundida, que se ve afectada además por elementos o componentes que actúan como modificadores de la viscosidad. Los modificadores de la viscosidad permiten que las fibras se soplen o se hilen a partir de la masa fundida de fibras. Es deseable, sin embargo, que tales modificadores de la viscosidad, o bien mediante el tipo o la cantidad, no impacten de manera adversa en la solubilidad, resistencia a la contracción o resistencia mecánica de la fibra soplada o hilada.

Un enfoque para someter a ensayo si una fibra de una composición definida puede fabricarse fácilmente en un nivel de calidad aceptable es determinar si la curva de viscosidad de la química experimental coincide con aquella de un producto conocido que puede fibrizarse fácilmente. Los perfiles de viscosidad-temperatura pueden medirse en un viscosímetro, que puede funcionar a temperaturas elevadas. Además, un perfil de viscosidad adecuado puede deducirse mediante experimentación rutinaria, examinando la calidad de las fibras (índice, diámetro, longitud) producida. La forma de la curva de viscosidad frente a la temperatura para una composición de vidrio es representativa de la facilidad con la que una masa fundida fibrizará y por tanto, de la calidad de la fibra resultante (que afecta, por ejemplo, el contenido de material no fibroso de la fibra, diámetro de la fibra y longitud de la fibra). Los vidrios generalmente tienen baja viscosidad a altas temperaturas. A medida que la temperatura disminuye, aumenta la viscosidad. El valor de la viscosidad a una temperatura dada variará como función de la composición, así como la inclinación global de la curva de viscosidad frente a temperatura. La presente composición de masa fundida de fibras tiene un perfil de viscosidad de una fibra que puede fabricarse fácilmente.

La contracción lineal de una fibra inorgánica es una buena medida de la estabilidad dimensional de una fibra a altas temperaturas o de su rendimiento a una temperatura de servicio o de uso particular continua. Las fibras se someten a ensayo para determinar la contracción mediante el moldeo de las mismas para dar una estera y punzonado con aguja de la estera de manera conjunta para dar una capa de aproximadamente 4-10 libras por pie cúbico de densidad y un espesor de aproximadamente 1 pulgada. Tal almohadilla se corta en piezas de 3 pulgadas x 5 pulgadas y se insertan pasadores de platino en la cara del material. La distancia de separación de estos pasadores se mide entonces cuidadosamente y se registra. La almohadilla se coloca entonces en un horno, se aumenta la temperatura y se mantiene a la temperatura durante un periodo de tiempo fijado. Tras el calentamiento, la separación del pasador se mide de nuevo para determinar la contracción lineal que ha experimentado la almohadilla.

En un ensayo de este tipo, la longitud y la anchura de las piezas de fibra se midieron cuidadosamente y la almohadilla se colocó en un horno y se llevó a una temperatura de 1260 o 1400 °C durante 24. Tras enfriamiento, las dimensiones laterales se midieron y se determinó la contracción lineal mediante comparación “antes” y “después” de las mediciones. Si la fibra está disponible en forma de capa, las mediciones pueden realizarse directamente sobre la capa sin la necesidad de formar una almohadilla.

La integridad mecánica es también una propiedad importante puesto que la fibra debe soportar su propio peso en cualquier aplicación y también debe poder resistir la abrasión debido al aire o gas en movimiento. Las indicaciones de la integridad de la fibra y la resistencia mecánica se proporcionan mediante observaciones visuales y táctiles, así como también la medición mecánica de estas propiedades de fibras después de exponerse a la temperatura de servicio. La capacidad de la fibra para mantener su integridad después de la exposición a la temperatura de uso puede medirse también mecánicamente sometiendo a ensayo la resistencia a la compresión y la recuperación de

compresión. Estos ensayos miden, respectivamente, cómo de fácil puede deformarse la almohadilla y la cantidad de resiliencia (o recuperación de compresión) que la almohadilla muestra después de una compresión del 50 %. Las observaciones visuales y táctiles indican que la presente fibra inorgánica permanece intacta y mantiene su forma después de la exposición a una temperatura de uso de al menos 1260 o 1400°C.

De acuerdo con determinadas realizaciones, la fibra inorgánica de baja contracción, resistente a altas temperaturas comprende el producto de fibrización de una masa fundida que contiene óxido de magnesio y sílice como constituyentes primarios. Las fibras inorgánicas de baja biopersistencia se preparan mediante procedimientos de fabricación de vidrio estándar y fibra cerámica. Las materias primas, tal como sílice, cualquier fuente adecuada de óxido de magnesio tal como enstatita, forsterita, óxido de magnesio, magnesita, magnesita calcinada, zirconato de magnesio, periclasa, esteatita o talco. El estroncio puede incluirse en la masa fundida de fibras como SrO y/o SrCO₃. Si se incluye óxido de zirconio en la masa fundida de fibras, cualquier fuente adecuada de óxido de zirconio tal como baddeleyita, zirconato de magnesio, zirconio u óxido de zirconio, se introduce en un horno adecuado en el que se funden y se soplan usando una boquilla de fibrización, o hilado, o bien en un modo discontinuo o un modo continuo.

La fibra inorgánica que comprende el producto de fibrización de óxido de magnesio y sílice se refiere a una fibra de "silicato de magnesio". La fibra inorgánica de baja contracción, resistente a alta temperatura también comprende un componente de materia prima que lleva óxido de estroncio como parte de la química de masa fundida de fibras.

De acuerdo con la presente invención, la fibra inorgánica tiene un diámetro promedio superior a 2 µm.

De acuerdo con determinadas realizaciones, la presente fibra inorgánica muestra baja contracción y buena resistencia mecánica a temperaturas de aproximadamente 1100 °C a aproximadamente 1500 °C, y baja biopersistencia.

De acuerdo con determinadas realizaciones, la presente fibra inorgánica muestra baja contracción y buena resistencia mecánica a temperaturas de aproximadamente 1260 °C a aproximadamente 1500 °C, y baja biopersistencia.

De acuerdo con determinadas realizaciones, la presente fibra inorgánica muestra baja contracción y buena resistencia mecánica a temperaturas de aproximadamente 1260 °C a aproximadamente 1400 °C, y baja biopersistencia.

De acuerdo con determinadas realizaciones, la presente fibra inorgánica muestra baja contracción y buena resistencia mecánica a temperaturas de aproximadamente 1400 °C a aproximadamente 1500 °C, y baja biopersistencia.

Además de óxido de magnesio, sílice y óxido de estroncio, la fibra de silicato de magnesio que contiene una adición de óxido de estroncio puede contener impureza de óxido de calcio. La fibra contiene menos del 0,3 por ciento en peso de óxido de calcio.

Las fibras de silicato de magnesio que contienen una adición de óxido de estroncio deseada muestran una contracción lineal después de la exposición a una temperatura de servicio de 1400 °C durante 24 horas de aproximadamente el 10 por ciento o menos. En otras realizaciones, las fibras de silicato de magnesio que contienen una adición de óxido de estroncio deseada muestran una contracción lineal después de la exposición a una temperatura de servicio de 1400 °C durante 24 horas de aproximadamente el 5 por ciento o menos. En otras realizaciones, las fibras de silicato de magnesio que contienen una adición de óxido de estroncio deseada muestran una contracción lineal después de la exposición a una temperatura de servicio de 1400 °C durante 24 horas de aproximadamente el 4 por ciento o menos.

Las fibras de silicato de magnesio que contienen una adición de óxido de estroncio deseada son útiles para aplicaciones de aislamiento térmico a temperaturas de servicio o de funcionamiento continuo de al menos 1260 °C o superiores. De acuerdo con determinadas realizaciones, las fibras de silicato de magnesio que contienen óxido de estroncio son útiles para aplicaciones de aislamiento térmico a temperaturas de servicio o de funcionamiento continuo de al menos 1400 °C y se ha encontrado que las fibras de silicato de magnesio que contienen la adición de óxido de estroncio no funden hasta que se exponen a una temperatura de 1500 °C o superior.

Las fibras inorgánicas pueden prepararse mediante técnicas de soplado de fibras o de hilado de fibras. Una técnica de soplado de fibras adecuada incluye las etapas de mezclar las materias primas de partida que contienen óxido de magnesio, sílice, óxido de estroncio, modificador de la viscosidad y opcionalmente óxido de zirconio de manera conjunta para formar una mezcla de material de componentes, introducir la mezcla de material de componentes en un recipiente o contenedor adecuado, fundir la mezcla de material de componentes para la descarga a través de una boquilla adecuada y soplar un gas de alta presión encima del flujo descargado de mezcla de material de componentes fundida para formar las fibras.

Una técnica de hilado de fibras adecuada incluye las etapas de mezclar las materias primas de partida de manera

conjunta para forma una mezcla de material de componentes, introducir la mezcla de material de componentes en un recipiente o contenedor adecuado, fundir la mezcla de material de componentes para la descarga a través de una boquilla adecuada encima de ruedas de hilado. La corriente fundida entonces cae en cascada sobre las ruedas, revistiendo las ruedas y lanzándose fuera a través de fuerzas centrípetas, formando de ese modo fibras.

En algunas realizaciones, la fibra se produce a partir de una masa fundida de materiales de partida sometiendo la corriente fundida a un chorro de aire de alta presión/alta velocidad o vertiendo la masa fundida sobre ruedas de hilado rápido e hilado de fibra de manera centrífuga. El óxido de estroncio se proporciona como aditivo a la masa fundida, y una fuente adecuada del material de partida de óxido de estroncio se añade simplemente en la cantidad apropiada a las materias primas que se funden.

La adición de un óxido de estroncio como componente de las materias primas que se fibrizan da como resultado una disminución de la contracción lineal de la fibra resultante después de la exposición a la temperatura de uso.

Además del compuesto que lleva óxido de estroncio, la viscosidad de la masa fundida de material de componentes puede controlarse opcionalmente mediante la presencia de modificadores de la viscosidad, en una cantidad suficiente para proporcionar la fibrización requerida para las aplicaciones deseadas. Los modificadores de la viscosidad pueden estar presentes en las materias primas que suministran los componentes principales de la masa fundida, o puede añadirse, al menos en parte, de manera separada. El tamaño de partícula deseado de las materias primas se determina mediante condiciones de calentamiento en horno, que incluyen tamaño de horno (SEF), velocidad de vertido, temperatura de fusión, tiempo de residencia y similar.

La fibra puede fabricarse con la tecnología de fibrización existente y formarse en formas de producto de aislamiento térmico múltiple, que incluye pero no se limita a fibras voluminosas, capas que contienen fibra, placas, papeles, fieltros, esteras, blocks, módulos, revestimientos, cementos, composiciones moldeables, composiciones bombeables, masillas, cuerdas, trenzados, empaquetadura de algodón, textiles (tal como paños, cintas, forrado, cordón, hilos, etc...), moldes de colada a vacío y composites. La fibra puede usarse en combinación con materiales convencionales utilizados en la producción de capas que contienen fibra, moldes de colada a vacío y materiales compuestos, tal como un sustituto para fibras cerámicas refractarias convencionales. La fibra puede usarse sola o en combinación con otros materiales, tal como aglutinantes y similares, en la producción de papel y fieltro que contienen fibra.

La fibra puede fundirse fácilmente mediante métodos de calentamiento en horno de vidrio convencionales, puede fibrizarse mediante equipo de fibrización RCF estándar y es soluble en fluidos corporales simulados.

Se proporciona también un procedimiento de aislamiento de un artículo usando un aislamiento térmico que contiene las fibras de silicato de magnesio dadas a conocer. El procedimiento de aislamiento de un artículo incluye disponer sobre, en, cera o alrededor del artículo que va a aislarse un material de aislamiento térmico que contiene las fibras de silicato de magnesio que contienen una adición de óxido de estroncio deseada.

Las fibras inorgánicas resistentes a altas temperaturas pueden fabricarse fácilmente a partir de una masa fundida que tiene una viscosidad adecuada para el soplado o hilado de fibra, son no duraderas en fluidos fisiológicos, muestran buena resistencia mecánica hasta la temperatura de servicio, muestran excelente contracción lineal hasta 1400 °C y superior y viscosidad mejorada para la fibrización.

Ejemplos

Los siguientes ejemplos se exponen para describir realizaciones ilustrativas de las fibras de silicato de magnesio que contienen adición de óxido de estroncio en mayor detalle y para ilustrar los procedimientos de preparación de las fibras inorgánicas, preparación de artículos de aislamiento térmico que contienen las fibras y utilización de las fibras como aislamiento térmico. Sin embargo, los ejemplos no deberían interpretarse como limitativos de la fibra, los artículos que contienen fibra o los procesos de fabricación o uso de las fibras como aislamiento térmico de ninguna manera.

Contracción lineal

Una almohadilla de contracción se preparó cosiendo una estera de fibras usando un banco de agujas de enfieltado. Una pieza de ensayo de 7,5 cm x 12,5 cm (3 pulgadas x 5 pulgadas) se cortó a partir de la almohadilla y se usó en el ensayo de contracción. La longitud y la anchura de la almohadilla de ensayo se midieron cuidadosamente. La almohadilla de ensayo se colocó entonces en un horno y se llevó hasta una temperatura de 1400 °C durante 24 horas. Tras el calentamiento durante 24 horas, la almohadilla de ensayo se retiró del horno de ensayo y se enfrió. Después del calentamiento, la longitud y la anchura de la almohadilla de ensayo se midieron de nuevo. La contracción lineal de la almohadilla de ensayo se determinó mediante comparación de las mediciones dimensionales "antes" y "después".

Se preparó una segunda almohadilla de contracción de una manera similar a la dada a conocer para la primera

almohadilla de contracción. Sin embargo, la segunda almohadilla de contracción se colocó en un horno y se llevó hasta una temperatura de 1260 °C durante 24 horas. Después de calentar durante 24 horas, la almohadilla de ensayo se retiró del horno del ensayo y se enfrió. Después de enfriar, se midieron de nuevo la longitud y la anchura de la almohadilla de ensayo. La contracción lineal de la almohadilla de ensayo se determinó mediante comparación de las mediciones dimensionales “antes” y “después”.

Recuperación de compresión

La capacidad de las fibras inorgánicas para conservar la resistencia mecánica después de la exposición a una temperatura de uso se evaluó mediante un ensayo de recuperación de compresión. La recuperación de compresión es una medida del rendimiento mecánico de una fibra inorgánica en respuesta a la exposición de la fibra a una temperatura de uso deseada durante un periodo de tiempo dado. La recuperación de compresión se mide quemando las almohadillas de ensayo fabricadas a partir del material de fibra inorgánica hasta la temperatura de ensayo durante el periodo de tiempo seleccionado. Las almohadillas de ensayo quemadas se comprimieron después de esto hasta la mitad de su espesor original y se dejaron recuperar. La cantidad de recuperación se mide como porcentaje de recuperación del espesor comprimido de la almohadilla. La recuperación de compresión se midió después de la exposición a temperaturas de uso de 1260 °C durante 24 horas, y 1400 °C durante 24 horas. De acuerdo con determinadas realizaciones ilustrativas, las almohadillas de ensayo fabricadas a partir de las fibras inorgánicas muestran una recuperación de compresión de al menos el 10 por ciento.

Disolución de fibras

La fibra inorgánica es no duradera o no biopersistente en fluidos fisiológicos. Por “no duradera” o “no biopersistente” en fluidos fisiológicos se quiere decir que la fibra inorgánica se disuelve o se descompone al menos parcialmente en tales fluidos, tal como fluido de pulmón simulado, durante ensayos in vitro descritos en el presente documento.

El ensayo de biopersistencia mide la velocidad a la que la masa se ha perdido de la fibra (ng/cm²-h) en condiciones que simulan las condiciones de temperatura y productos químicos encontrados en el pulmón humano. En particular, las fibras muestran baja biopersistencia en fluido de pulmón simulado con un pH de 7,4.

Para medir la velocidad de disolución de las fibras en fluido de pulmón simulado, aproximadamente se colocan 0,1 g de fibra en un tubo de centrifugación de 50 ml que contiene fluido de pulmón simulado que se ha calentado hasta 37 °C. Éste se coloca entonces en una incubadora agitadora durante 6 horas y se agita en 100 ciclos por minuto. En la conclusión del ensayo, el tubo se centrifugó y la solución se vertió en una jeringa de 60 ml. La solución se fuerza entonces a través de un filtro de 0,45 µm para retirar cualquier material particulado y se somete a ensayo para determinar constituyentes de vidrio usando el análisis de espectroscopía de plasma acoplado inductivamente. Este ensayo puede realizarse usando o bien una solución de pH cercana al neutro o una solución ácida. Aunque no existen patrones de velocidad de disolución específicos, las fibras con valores de disolución en exceso de 100 ng/cm² h se consideran indicativas de una fibra no biopersistente.

La tabla I muestra los compuestos químicos de masa fundida de fibras para diversas muestras de fibra comparativas e inventivas.

TABLA I

Muestra	% en peso de SiO ₂	% en peso de MgO	% en peso de Al ₂ O ₃	% en peso de CaO	% en peso de Fe ₂ O ₃	% en peso de SrO
C1	55	0	45	0	0	0
C2	78	20	1,4	0,39	0,17	0
3	77,89	19,61	1,4	0,14	0,12	0,80
4	77,89	19,61	1,4	0,14	0,12	0,80
5	78,24	18,27	1,35	0,14	0,09	1,85
6	78,24	18,27	1,35	0,14	0,09	1,85
7	76,96	19,82	1,3	0,15	0,09	1,16
8	77,69	18,41	1,23	0,18	0,09	2,07
9	77,09	20,26	1,111	0,16	0,08	1,31
10	75,41	20,65	1,06	0,17	0,09	2,68*
11	79,8	15,70	1,01	0,21	0,14	2,6*

* = composición no de acuerdo con la invención

La tabla II muestra los resultados de la contracción, resistencia a la compresión, recuperación de compresión y solubilidad para las fibras de la tabla I. (1 psi = 6895 Pa)

TABLA II

	Media de diámetro μm	Contracción a 1260 ° %	Resistencia a la compresión a 1260 °C psi	Recuperación de compresión a 1260 ° %	Contracción a 1400 °	Resistencia a la compresión a 1400 °C psi	Recuperación de compresión a 1400 °C %	K ng/cm 2 h
C1		4,7	11,7	49,7	9,9	15,7	31,1	0
C2		8,5	8,2	15,8	9,2	3,2	3,7	260
3	4,1	4,5	10,8	43,6	4,7	9,5	27,6	1024
4	2,4	10,1	17,5	45,5	10,3	11,5	33,5	---
5	3,3	6	14,5	53,9	7,1	5,2	20,1	773
6	5,2	6,1	7,7	47,8	5,2	2,2	16,3	---
7	6,3	4,7	6,2	40,2	7	2,0	17,7	924
8	7,8	3	5,4	37,3	4,1	0,9	4,4	596
9	4,15	4,4	9,9	46,8	4,5	4,5	14,4	1068
10	4,48	3,3	7,5	30,6	4,3	1,5	4,5	716
11	4,3	5,6	10,1	32,8	6,4	2,6	6,9	747

La fibra del ejemplo 4 está fuera del alcance de la presente invención.

- 5 Tal como se muestra en la tabla II anteriormente, las muestras de fibra de silicato de magnesio que incluían una adición de óxido de estroncio mostraron valores de contracción lineal excelentes. A 1260 °C, las muestras de fibra de silicato de magnesio con una adición de óxido de estroncio del 0,8 % muestran contracción mejorada y propiedades similares de resistencia a la compresión y recuperación de compresión a una fibra cerámica refractaria (RCF). A 1400 °C, las fibras de silicato de magnesio con un 0,8 % de óxido de estroncio muestran contracción mejorada y recuperación de compresión similar a una RCF. Los resultados de contracción para el ejemplo 4 de la
- 10 tabla II se consideran que están dentro del error experimental. Sin embargo, la RCF no se disuelve en fluido fisiológico. Por el contrario, la muestra de fibra de silicato de magnesio se disolvió en fluido de pulmón simulado con una velocidad de 1024 ng/cm²h.
- 15 También mostrado en la tabla II, las muestras de fibras de silicato de magnesio con una adición de óxido de estroncio se comparan favorablemente con fibras ISOFRAX®. A 1260 °C, las muestras de fibras de silicato de magnesio con una adición del 0,8 % de óxido de estroncio muestran propiedades de contracción mejorada, resistencia a la compresión mejorada y recuperación de compresión mejorada en comparación con las fibras ISOFRAX®. A 1400 °C, las fibras de silicato de magnesio con un 0,8 % de óxido de estroncio muestran propiedades de
- 20 contracción mejorada, resistencia a la compresión mejorada y recuperación de compresión mejorada en comparación con fibras ISOFRAX®. Además, las fibras de silicato de magnesio con adiciones del 0,8 % de óxido de estroncio eran aproximadamente cuatro veces más solubles (1024 ng/cm²h frente a 260 ng/cm²h) que las fibras ISOFRAX®.
- 25 También se muestran en la tabla II los resultados para el ensayo de muestras de fibras de silicato de magnesio con adiciones del 1,9 % de óxido de estroncio. A 1260 °C, muestras de fibras de silicato de magnesio con una adición del 1,9 % de óxido de estroncio muestran propiedades de contracción mejorada, resistencia a la compresión similar y recuperación de compresión mejorada (53,9 % frente a 49,7 %) en comparación con una fibra cerámica refractaria (RCF). A 1400 °C, las fibras de silicato de magnesio con el 1,9 % de óxido de estroncio muestran propiedades de
- 30 contracción mejorada y de recuperación de compresión similar en comparación con una RCF. La RCF no se disuelve en fluido de pulmón simulado, pero las fibras de silicato de magnesio muestran una solubilidad de 773 ng/cm²h en fluido de pulmón simulado.
- 35 También se muestran en la tabla II los resultados para el ensayo de muestras de fibras de silicato de magnesio con una adición del 1,9 % de óxido de estroncio en comparación con fibras ISOFRAX®. A 1260 °C, muestras de fibras de silicato de magnesio con una adición del 1,9 % de óxido de estroncio muestran propiedades de contracción mejorada, resistencia a la compresión mejorada y recuperación de compresión mejorada en comparación con fibras ISOFRAX®. A 1400 °C, las fibras de silicato de magnesio con un 1,9 % de óxido de estroncio muestran propiedades de contracción mejorada, resistencia a la compresión mejorada y recuperación de compresión mejorada en
- 40 comparación con fibras ISOFRAX®. Además, las fibras de silicato de magnesio con adiciones del 1,9 % de óxido de estroncio eran aproximadamente tres veces más soluble (773 ng/cm²h frente a 260 ng/cm²h) en comparación con las fibras ISOFRAX®.
- 45 Las fibras de silicato de magnesio con adiciones de óxido de estroncio muestran contracción inferior que las fibras comerciales actuales tras la exposición a temperaturas hasta 1400 °C. Las fibras de silicato de magnesio con adiciones de óxido de estroncio también conservan propiedades mecánicas equivalentes o superiores tras la exposición a temperaturas hasta 1400 °C cuando se comparan con fibras comercialmente existentes.
- 50 La presente composición de fibras muestra contracción inferior en comparación con RCF convencional y alta resistencia al fuego medida mediante la resiliencia global tras la compresión después de exposiciones a temperaturas de 1260 °C y 1400 °C. La composición de fibras inorgánicas mejorada puede mostrar rendimiento

superior a temperaturas más altas, posiblemente hasta 1500 °C.

5 Aunque la fibra inorgánica, aislamiento térmico, procedimientos de preparación de la fibra inorgánica, y
procedimiento de aislamiento de artículos usando el aislamiento térmico se han descrito en conexión con diversas
realizaciones, ha de entenderse que pueden usarse otras realizaciones similares o pueden realizarse modificaciones
y adiciones a las realizaciones descritas para la realización de la misma función. Además, las diversas realizaciones
ilustrativas pueden combinarse para producir los resultados deseados. Por tanto, la fibra inorgánica, aislamiento
10 térmico, procedimientos de preparación de la fibra inorgánica, y procedimiento de aislamiento de artículos usando el
aislamiento térmico no deberían limitarse a ninguna realización individual, sino que más bien deberían construirse en
amplitud y alcance de acuerdo con la enumeración de las reivindicaciones adjuntas. Se entenderá que las
realizaciones descritas en el presente documento son puramente a modo de ejemplo y que un experto en la técnica
puede realizar variaciones y modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Todas tales
15 variaciones y modificaciones pretenden incluirse dentro del alcance de la invención tal como se ha descrito
anteriormente en el presente documento. Además, todas las realizaciones dadas a conocer no son necesariamente
de carácter alternativo, ya que diversas realizaciones de la invención pueden combinarse para proporcionar el
resultado deseado.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra inorgánica que comprende el producto de fibrización del 65 al 86 por ciento en peso de sílice, del 14 al 35 por ciento en peso de óxido de magnesio, del 0,3 por ciento en peso o menos de óxido de calcio y del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio, en la que dicha fibra tiene un diámetro promedio superior a 2 μm , en donde dicha fibra inorgánica muestra una baja biopersistencia en solución salina fisiológica, baja contracción y buena resistencia mecánica a temperaturas de 1260 °C y superiores; en donde dicha fibra no contiene sustancialmente óxido de metal alcalino.
2. La fibra inorgánica según la reivindicación 1, en la que dicho producto de fibrización comprende además un modificador de la viscosidad seleccionado del grupo que consiste en óxido de aluminio, óxido de boro y mezclas de los mismos.
3. La fibra inorgánica según la reivindicación 1 además **caracterizada por** al menos uno de lo siguiente:
 - (i) en donde dicha fibra comprende más del 0 al 11 por ciento en peso de óxido de zirconio; y
 - (ii) en donde dicha fibra contiene el 1 por ciento en peso o menos de óxido de hierro, medido como Fe_2O_3 .
4. La fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha fibra muestra una contracción del 5 % o menos a 1260 °C durante 24 horas.
5. La fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha fibra inorgánica comprende el producto de fibrización del 70 al 80 por ciento en peso de sílice, del 15 al 30 por ciento en peso de óxido de magnesio y del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio.
6. La fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha fibra inorgánica comprende el producto de fibrización del 72 al 80 por ciento en peso de sílice, del 20 al 28 por ciento en peso de óxido de magnesio y del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio.
7. La fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha fibra inorgánica comprende el producto de fibrización del 72 al 86 por ciento en peso de sílice, del 14 al 28 por ciento en peso de óxido de magnesio y del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio.
8. La fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha fibra inorgánica comprende el producto de fibrización del 75 al 80 por ciento en peso de sílice, del 20 al 25 por ciento en peso de óxido de magnesio y del 1 al 2 por ciento en peso de óxido de estroncio.
9. Un procedimiento para preparar la fibra inorgánica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que muestra baja biopersistencia en solución salina fisiológica, baja contracción y buena resistencia mecánica, que comprende:
 - formar una masa fundida con componentes que comprenden sílice, óxido de magnesio, óxido de estroncio, opcionalmente óxido de zirconio y opcionalmente un modificador de la viscosidad; y
 - producir fibras a partir de la masa fundida.
10. Un procedimiento de aislamiento de un artículo, que incluye disponer sobre, en, cerca o alrededor del artículo un material de aislamiento térmico, comprendiendo dicho material de aislamiento el producto de fibrización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
11. Un artículo que contiene fibra inorgánica que comprende al menos uno de fibra suelta, capas, bloques, placas, composiciones de calafateado, composiciones de cemento, revestimientos, fieltros, esteras, composiciones moldeables, módulos, papeles, composiciones bombeables, composiciones de masilla, láminas, mezclas de apisonado, moldes de colada a vacío, cajas de colada a vacío o materiales textiles tejidos, trenzados, paños, telas, cuerdas, cintas, manguitos, mechas, comprendiendo dicho artículo que contiene fibra el producto de fibrización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.