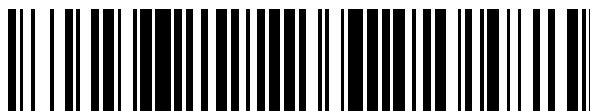


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 405**

51 Int. Cl.:

**C03B 37/05** (2006.01)

**C03C 3/062** (2006.01)

**C03C 3/085** (2006.01)

**C03C 13/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2014 E 17199383 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3309133**

54 Título: **Fibras vítreas artificiales**

30 Prioridad:

**16.10.2013 EP 13188945**

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

**08.04.2020**

73 Titular/es:

**ROCKWOOL INTERNATIONAL A/S (100.0%)  
Hovedgaden 584  
2640 Hedehusene, DK**

72 Inventor/es:

**SOLVANG, METTE;  
DEHN, SUSANNE y  
HANSEN, LARS ERIK**

74 Agente/Representante:

**PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén**

**ES 2 753 405 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

## Fibras vítreas artificiales

La presente invención se refiere a fibras vítreas artificiales (MMVF), a un sustrato de fibras vítreas artificiales, al uso de un sustrato de fibras vítreas artificiales y a un método de fabricación de fibras vítreas artificiales.

## 5 Antecedentes

Se conoce el uso de MMVF como material de aislamiento para proporcionar aislamiento acústico o térmico. Los documentos WO 01/60754 y US 5 932 500 describen composiciones para MMVF de este tipo. Los documentos WO 92/06047, EP 1 515 921 y WO 96/16912 describen métodos de fabricación de MMVF. Las MMVF están formadas generalmente por un sustrato de MMVF que se forma como una red unida que comprende la MMVF y una composición aglutinante curada. Los requisitos para que un sustrato de MMVF resista el calor varían según el uso final del sustrato de MMVF. Por ejemplo, en aplicaciones marinas e industriales, el sustrato de MMVF utilizado como aislamiento técnico es necesario para resistir altas temperaturas, tales como más de 950 °C durante períodos de tiempo prolongados, tal como al menos 30 minutos, cuando se usa para protección contra incendios o temperaturas en el intervalo de 100-650 °C en uso continuo, cuando se usa para instalaciones técnicas de alta temperatura. Las regulaciones de construcción u otras regulaciones en diferentes países determinan la especificación requerida para el aislamiento técnico. Cuanto menor es la conductividad térmica, expresada en términos del valor lambda, de un sustrato de MMVF a una temperatura dada, más resistente es el sustrato de MMVF a la transmisión de calor.

La resistividad al flujo de aire de un sustrato de MMVF debería ser lo más alta posible para reducir la cantidad de aire que puede pasar a través del sustrato de MMVF. Una alta resistividad al flujo de aire para un producto indica una capacidad mejorada del sustrato de MMVF para soportar el calor.

Una forma de aumentar la resistencia de un sustrato de MMVF a la temperatura es aumentar el volumen del sustrato de MMVF. Esto tiene el efecto de aumentar el tiempo requerido para que el calor se transfiera a través de un sustrato de MMVF. Sin embargo, no es deseable aumentar el volumen del sustrato de MMVF ya que aumenta el coste del aislamiento técnico, aumenta el espacio requerido por el aislamiento técnico, y aumenta el impacto ambiental de producir el aislamiento técnico.

Es deseable que un sustrato de MMVF sea fácil de manipular y cause poca irritación en la piel.

Existe la necesidad de producir un sustrato de MMVF con una conductividad térmica inferior a una temperatura dada, por ejemplo a 300 °C o más. Además, existe la necesidad de un sustrato de MMVF con mayor resistividad al flujo de aire. Además, existe la necesidad de un sustrato de MMVF con una mejor compatibilidad con la piel. Además, existe la necesidad de producir un sustrato de MMVF que sea respetuoso con el medio ambiente. La presente invención resuelve estos problemas.

## Breve descripción de la invención

En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:

- 35 proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:
- un conjunto de al menos cuatro rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;
  - en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;
  - girar los rotores;
- 40 en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 60 km/s<sup>2</sup>, el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 125 a 250 km/s<sup>2</sup>, el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 150 a 300 km/s<sup>2</sup> y el cuarto rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 225 a 400 km/s<sup>2</sup>, en el que el campo de aceleración del último rotor es entre 5 a 15 veces mayor que el campo de aceleración del primer rotor,
- 45 proporcionar una masa fundida mineral, en donde la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
- SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
  - una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,
  - 50 una cantidad de CaO y/o MgO,

en el que la relación de la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con respecto a la cantidad de  $\text{SiO}_2$  está en el intervalo 0,34-0,73,

en el que la relación de la cantidad total de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ , con respecto a la cantidad total de  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$ , es menor de 1;

verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;

- 5 en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y

recoger las fibras que se forman. En un segundo aspecto, se describe un aparato para la formación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende un conjunto de al menos tres rotores cada uno montado para que gire en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente y dispuesto de modo que, cuando los rotores están girando, la masa

- 10 fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores,

caracterizado por que el primer rotor está dotado de medios de accionamiento y tiene un tamaño tal que puede girar para dar un campo de aceleración de 25 a 60  $\text{km/s}^2$ , y el segundo y tercer rotores están dotados cada uno de un medio de accionamiento y cada uno tiene un tamaño y puede girar de tal forma que dé un campo de aceleración de

- 15 al menos 125  $\text{km/s}^2$ .

En un tercer aspecto de la invención, se proporcionan fibras vítreas artificiales (MMVF) formadas a partir de una masa fundida mineral, en la que las MMVF tienen una longitud media de 100 a 300  $\mu\text{m}$ , un diámetro medio de no más de 2,5  $\mu\text{m}$ , y en el que la relación entre la longitud media de la fibra y el diámetro medio de la fibra es de 25 a 500.

- 20 En un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un sustrato de fibra vítrea artificial (sustrato de MMVF) formado como una red unida que comprende las MMVF de acuerdo con el tercer aspecto de la invención, o las MMVF preparadas mediante un método de acuerdo con el primer aspecto de la invención, y una composición aglutinante curada.

- En un quinto aspecto de la invención, se proporciona el uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con el cuarto aspecto de la invención (a) como aislamiento técnico o (b) para protección contra incendios en un entorno industrial o marino.

En un sexto aspecto de la invención, se proporciona el uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con el cuarto aspecto de la invención como una manta marina, una placa marina, un rollo de lana mineral marino, una alfombra de alambre marina, una sección de tubería marina o una manta contra el fuego marina.

- 30 En un séptimo aspecto de la invención, se proporciona el uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con el cuarto aspecto de la invención (a) como aislamiento técnico o (b) protección contra incendios a una temperatura de al menos 300 °C.

En un octavo aspecto de la invención, se proporciona un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:

- 35 proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:

un conjunto de al menos cuatro rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;

en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;

girar los rotores;

- 40 en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 60  $\text{km/s}^2$ , el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 125 a 250  $\text{km/s}^2$ , el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 150 a 300  $\text{km/s}^2$  y el cuarto rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 225 a 400  $\text{km/s}^2$ , en el que el campo de aceleración del último rotor es entre 5 a 15 veces mayor que el campo de aceleración del primer rotor,

- 45 proporcionar una masa fundida mineral, en donde la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:

$\text{SiO}_2$  en una cantidad del 33 al 45 % en peso,

$\text{Al}_2\text{O}_3$  en una cantidad del 16 al 24 % en peso,

una cantidad de  $\text{K}_2\text{O}$  y/o  $\text{Na}_2\text{O}$ ,

una cantidad de CaO y/o MgO,

en el que la relación de la cantidad de  $Al_2O_3$  con respecto a la cantidad de  $SiO_2$  está en el intervalo 0,34-0,73,

en el que la relación de la cantidad total de  $K_2O$  y  $Na_2O$ , con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1;

5 verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;

en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y

recoger las fibras que se forman.

Descripción detallada de la invención

#### 10 Método de fabricación

El aparato de fibrización usado en el método de la invención es del tipo generalmente conocido como un hilador en cascada. Se conoce el uso de un aparato de fibrización de este tipo en un método de fabricación de MMVF. Se conoce una diversidad de configuraciones para los hiladores en cascada, que implican la elección de parámetros tales como el diámetro de los diversos rotores, el posicionamiento de estos rotores uno con respecto al otro y la

15 velocidad a la que se ajusta el giro de cada rotor. La configuración más convencional se da en el documento GB 1.559.117. Otro ejemplo de un aparato de fibrización, que hasta ahora no se ha usado comercialmente, se encuentra en el documento WO92/12939. La composición de la masa fundida utilizada con este aparato no se describe. Sin embargo, en la fecha de publicación del documento, era una práctica común utilizar una masa fundida relativamente viscosa con una viscosidad de 35 a 45 poises a 1400 °C. Por ejemplo, el documento WO92/12940 describe una  
20 composición fundida y se ha calculado que la masa fundida tiene una viscosidad de 37 poises a 1400 °C. La viscosidad se calculó usando un modelo según Bottinga y Weill, American Journal of Science, Volumen 272, mayo de 1972, página 438 a 475. Un experto en la técnica no se verá motivado a usar una masa fundida de menor viscosidad en el aparato de fibrización de este documento, ya que se espera que una proporción de la masa fundida se salga de los rotores y, por lo tanto, aumente la cantidad de granalla presente y aumente el diámetro de la MMVF  
25 producida. Por lo tanto, el experto espera que el uso de una masa fundida de baja viscosidad dé como resultado altas pérdidas y una eficacia de hilado muy baja. Se espera que la MMVF resultante sea de baja calidad debido a una gran variación en la distribución del diámetro de la MMVF y al alto nivel de granalla producida.

Sorprendentemente, los presentes inventores han establecido que usar una masa fundida de menor viscosidad es muy beneficioso en un aparato de fibrización de acuerdo con el documento WO92/12939 y en realidad produce una  
30 MMVF más uniforme con bajos niveles de granalla. Esto no se esperaría basándose en el entendimiento general en la técnica de cómo funciona dicho aparato de fibrización.

La presente invención se refiere a un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:

proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:

35 un conjunto de al menos cuatro rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;

en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;

girar los rotores;

40 en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 60  $km/s^2$ , el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 125 a 250  $km/s^2$ , el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 150 a 300  $km/s^2$  y el cuarto rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 225 a 400  $km/s^2$ ,

en el que el campo de aceleración del último rotor es entre 5 a 15 veces mayor que el campo de aceleración del primer rotor,

proporcionar una masa fundida mineral;

45 verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;

en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y

recoger las fibras que se forman.

En el método de la invención, la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en

peso de óxidos:

SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,  
 una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,

5 una cantidad de CaO y/o MgO,

en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en  
 el intervalo de 0,34-0,73,

en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1.

10 Preferiblemente, la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:

SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,  
 TiO<sub>2</sub> en una cantidad del 0 al 3 % en peso,  
 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 6 al 11 % en peso,

15 CaO y MgO en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y

K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.

Preferiblemente, la masa fundida tiene una viscosidad en el intervalo de 10 a 30 poises a 1400 °C, más preferiblemente en el intervalo de 20 a 25 poises. Una ventaja de elegir estas viscosidades es que la MMVF resultante tiene un diámetro menor que si la viscosidad de la masa fundida fuera mayor. Además, es posible usar la  
 20 masa fundida a una temperatura más baja para alcanzar las viscosidades operativas requeridas. Esto ahorra energía, ya que es posible usar la masa fundida a una temperatura más baja. También reduce el desgaste de los rotores, ya que una masa fundida a temperatura inferior causa menos desgaste. La viscosidad de la masa fundida se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM C 965-96. Como alternativa, se puede determinar usando un modelo según Bottinga y Weill, American Journal of Science, Volumen 272, mayo de 1972, página 438 a 475. La  
 25 viscosidad, a diversas temperaturas, de un ejemplo de masa fundida mineral que puede usarse en la invención se indica en la tabla a continuación.

T [°C]	Viscosidad [P]
1200	243
1250	115
1300	56,5
1350	31
1400	18,2
1450	11,3
1500	7,4
1550	5
1600	3,5

Es sorprendente encontrar que cuando usamos esta composición fundida, especialmente una masa fundida que  
 30 tiene una viscosidad en el intervalo de 10 a 30 poises a 1400 °C, la MMVF resultante tiene ventajas que se describen en más detalle a continuación.

La masa fundida se puede verter en la periferia del primer rotor a una temperatura de 1300 a 1700 °C, preferiblemente de 1450 a 1575 °C, mucho más preferiblemente de 1480 a 1550 °C.

La temperatura de la masa fundida puede disminuir en los rotores posteriores. Por ejemplo, cuando hay cuatro rotores, preferiblemente la temperatura de la superficie de la periferia del primer rotor es al menos 100 °C más alta que la temperatura de la superficie de la periferia del cuarto rotor, tal como de 50 a 200 °C más alta, preferiblemente de 100 a 150 °C más alta.

- 5 Una ventaja de tener al menos tres rotores en lugar de dos rotores, es que se forma una lana de grado mucho más alto que, además, tiene una cantidad mucho menor de granalla gruesa. Es preferible tener cuatro rotores.

Preferiblemente, cada rotor en el conjunto está dotado de medios de accionamiento. Preferiblemente, cada uno de los rotores posteriores tiene un tamaño tal que puede proporcionar un campo de aceleración mayor que el rotor anterior en el conjunto.

- 10 El primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 60 km/s<sup>2</sup>. Preferiblemente, la velocidad de rotación es aproximadamente de 1.000 a 5.000 rpm.

El último rotor en el conjunto gira para dar un campo de aceleración que es de 5 a 15 veces el campo de aceleración del primer rotor.

- 15 Preferiblemente, el segundo y tercer rotores y un cuarto rotor opcional giran para dar un campo de aceleración de 125 a 500 km/s<sup>2</sup>, más preferiblemente de 125 a 400 km/s<sup>2</sup>. Preferiblemente, la velocidad de rotación es aproximadamente de 9.000 a 16.000 rpm.

El segundo rotor gira para dar un campo de aceleración de 125 a 250 km/s<sup>2</sup>. Preferiblemente, la velocidad de rotación es aproximadamente de 9.000 a 13.000 rpm.

- 20 El tercer rotor gira para dar un campo de aceleración de 150 a 300 km/s<sup>2</sup>. Preferiblemente, la velocidad de rotación es aproximadamente de 10.000 a 14.000 rpm.

El cuarto rotor opcional gira para dar un campo de aceleración de 225 a 400 km/s<sup>2</sup>. Preferiblemente, la velocidad de rotación es aproximadamente de 12.000 a 16.000 rpm.

Sin desear quedar ligando a la teoría, se cree que el aumento gradual en el campo de aceleración y la velocidad de rotación de rotor a rotor proporciona un flujo de fundido más suave a través del aparato de fibrización.

- 25 Si el sustrato de MMVF resultante es un producto de alta densidad, tal como uno que tiene una densidad en el intervalo de 120 a 250 kg/m<sup>3</sup>, entonces el campo de aceleración de los rotores debería estar en el extremo inferior de los intervalos ya que esto proporcionará fibras con un mayor diámetro. Esto es generalmente ventajoso para productos de alta densidad. Dichos productos de alta densidad a menudo están sujetos a carga mecánica, por ejemplo, productos de aislamiento de techo plano, que deben ser capaces de soportar el peso de una persona que camina sobre el techo. Las fibras relativamente delgadas se romperán más fácilmente que las fibras más gruesas.

- 30 Por ejemplo, el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 40 km/s<sup>2</sup>, el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración de 125 a 175 km/s<sup>2</sup>, el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración de 150 a 200 km/s<sup>2</sup>, el cuarto rotor opcional gira para dar un campo de aceleración de 225 a 300 km/s<sup>2</sup>. Sin embargo, para algunos productos de alta densidad, se prefiere que el campo de aceleración esté en el extremo superior de los intervalos para dar fibras con un diámetro menor si no hay necesidad de una mayor estabilidad mecánica. Dichos productos podrían ser, por ejemplo, un aislamiento de tubería adaptado para uso a alta temperatura.

- 35 Si el sustrato de MMVF resultante es un producto de media o baja densidad, tal como uno que tiene una densidad en el intervalo de 15 a 120 kg/m<sup>3</sup>, entonces los campos de aceleración de los rotores deberían estar en el extremo superior de los intervalos ya que esto proporcionará fibras con un menor diámetro. Por ejemplo, el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 40 a 60 km/s<sup>2</sup>, el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración de 175 a 250 km/s<sup>2</sup>, el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración de 200 a 300 km/s<sup>2</sup>, el cuarto rotor opcional gira para dar un campo de aceleración de 300 a 400 km/s<sup>2</sup>.

Cada rotor puede tener un medio de accionamiento separado, o uno o más rotores pueden usar los mismos medios de accionamiento.

- 45 Preferiblemente, el método incluye proporcionar una cámara de fibrización y medios colectores que comprenden un transportador en la base de la cámara; recogiendo las fibras sopladas como una red y sacándolas del conjunto de rotores.

El campo de aceleración, o la aceleración centrípeta, de un rotor es el campo G, donde  $G = r\Omega^2$

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

- 50 donde r es el radio del rotor y

$\Omega$  es la velocidad angular del rotor, y

n son las revoluciones por minuto.

Se ha encontrado que es posible lograr resultados útiles con un campo de aceleración en el primer rotor que sea mucho mayor que la fuerza en el primer rotor de aparatos convencionales de 3 o 4 rotores para formar MMVF, y que al hacer esto se reduce la cantidad de granalla que se forma en el proceso. Esto mejora la distribución en el segundo y posteriores rotores, y reduce la formación de granalla, y mejora la formación total de fibra. Puede producirse alguna formación útil de fibras en el primer rotor.

En la invención, la relación de diámetros entre el primer rotor y el último rotor de la serie es preferiblemente de 1,1:1 a 1,5:1, a menudo aproximadamente 1.3:1. Por ejemplo, el primer rotor típicamente tiene un diámetro de 100 a 300 mm, a menudo aproximadamente de 200 a 250 mm. El rotor final puede tener un diámetro de 130 a 350 mm, a menudo aproximadamente 250 a 300 mm. La relación de los diámetros del primer rotor con respecto al segundo rotor típicamente es de 1,1:1 a 1,5:1 y del segundo con respecto al tercer rotor típicamente es de 1:1 a 1,3:1, preferiblemente aproximadamente 1:1. En particular, a menudo se prefiere que el segundo, tercer y cualquier rotor posterior tengan sustancialmente el mismo diámetro.

La relación de la velocidad de rotación (en revoluciones por minuto) del rotor final en el conjunto con respecto al primer rotor está típicamente en el intervalo de 1,1:1 a 1,7:1, a menudo aproximadamente 1,4:1. La velocidad del primer rotor generalmente está típicamente en el intervalo de 4.500 a 7.000 rpm. La velocidad del rotor final puede estar en el intervalo de 12.000 a 16.000 rpm. La relación entre la velocidad de cada rotor con respecto a la velocidad del rotor anterior en la serie generalmente está en el intervalo de 1:1 a 1,5:1, usualmente de 1,1:1 a 1,3:1.

La relación de la velocidad periférica del segundo rotor con respecto a la velocidad periférica del primer rotor es generalmente de 1,1:1 a 1,8:1, a menudo aproximadamente de 1,1:1 a 1,5:1, y la relación de la velocidad periférica de cada rotor posterior con respecto a la velocidad periférica del rotor anterior es a menudo de 1,1:1 a 1,5:1, generalmente aproximadamente de 1,1:1 a 1,3:1.

El eje del segundo rotor está situado preferiblemente de tal manera que una línea trazada desde el eje del primer rotor al eje del segundo rotor forma un ángulo de 0 a 20°, preferiblemente de 5 a 10°, por debajo de la horizontal. Esto es particularmente adecuado cuando, como se prefiere, la masa fundida golpea el primer rotor en una posición que forma un ángulo de 40 a 65°, preferiblemente de 45 a 60°, por encima de esa horizontal. Por lo tanto, la masa fundida se desplaza a través de una distancia angular generalmente de 45 a 80°, preferiblemente de 50 a 70°; desde el punto en que da el primer rotor hasta la línea que une los ejes del primer y segundo rotores.

El segundo, tercer y cuarto (cuando esté presente) rotores, y opcionalmente también el primer rotor, pueden tener cada uno una ranura de aire asociada con éste en el que el diámetro interno de la ranura es sustancialmente el mismo que el diámetro externo de la periferia de el rotor, para permitir que el aire se sople sobre parte al menos de la periferia de estos rotores como un chorro de pared, como se describe en el documento GB 1.559.117. Preferiblemente, la ranura dirige la ráfaga de aire en paralelo a la superficie y el diámetro de la ranura es preferiblemente el mismo que el diámetro de la periferia de su rotor asociado. Sin embargo, puede ser de unos pocos milímetros más y/o la corriente de aire puede emerger con un ligero ángulo cónico siempre que se forme un chorro de pared sobre la superficie del rotor asociado. Puede establecerse fácilmente si se produce o no un chorro de pared identificando el perfil de velocidad adyacente a la superficie. Cuando existe un chorro de pared, la velocidad más grande está cerca (por ejemplo, dentro de los 10 mm) de la superficie tanto en el borde posterior del rotor como en el borde delantero del rotor.

El aire que proporciona el chorro de pared puede salir de la ranura solamente en una dirección axial o puede salir con componentes de velocidad tangenciales y axiales. Por ejemplo, el aire puede tener una velocidad tangencial de hasta el 30% o el 50% o más de la velocidad periférica. Puede tener una velocidad tangencial de hasta 50 m/s, preferiblemente de 80 a 100 m/s. La velocidad lineal es generalmente de 100 a 300, a menudo de 100 a 200, metros por segundo.

La ranura de aire puede consistir en ranuras interior y exterior, en donde la ranura interior proporciona una ráfaga de aire interior que está lo suficientemente cerca de la superficie para formar un chorro de pared, y la ranura exterior proporciona una ráfaga de aire exterior que sale con la ráfaga interior para proporcionar un efecto de chorro de pared a las ráfagas combinadas. Generalmente, la superficie interior de la ranura exterior no es mayor de 20 o 30 mm radialmente desde la superficie del rotor, y generalmente se encuentra dentro de 10 mm. Preferiblemente, las ráfagas interior y exterior tienen distintos ángulos de recorrido en el momento de salir de sus ranuras. Por ejemplo, la ráfaga interior puede ser totalmente axial y la ráfaga exterior puede contener medios de dirección para hacer que la ráfaga exterior tenga el componente tangencial deseado.

Los medios de dirección pueden estar en forma de guías en la ranura asociada con el rotor final en el conjunto (y a menudo en todas las ranuras) y se disponen para dirigir el aire en un ángulo con respecto a la dirección axial que varía a lo largo de la longitud de la ranura entre un ángulo mayor que rota conjuntamente con el rotor y un ángulo inferior.

Por lo tanto, la ráfaga de aire saldrá de la ranura en ángulos diferentes a lo largo de la longitud de la ranura.

Es deseable que no haya una transición repentina desde el ángulo mayor al ángulo inferior y así, preferiblemente, haya una transición graduada. Usualmente, la mayor parte de la ranura se encuentra en un ángulo y el resto de la ranura, usualmente en un extremo, está en el otro ángulo, pero si se desea, el ángulo puede comenzar, por ejemplo, en el ángulo inferior, aumentar hasta el ángulo mayor y luego reducirse al ángulo inferior.

- 5 La ranura es preferentemente un conducto anular o parcialmente anular, que se extiende alrededor del rotor relacionado, como alternativa, puede ser una serie de orificios adyacentes.

Puede proporcionarse aire adicional desde alimentaciones de aire secundarias para transportar las fibras fuera de los rotores.

- 10 Puede pulverizarse un aglomerante desde pulverizadores que sean coaxiales con los rotores o estén dispuestos en la cámara alrededor de los rotores.

Para aumentar la productividad de la planta, se pueden combinar varios aparatos de fibrización. De acuerdo con la presente invención, el aparato utilizado en el método de fabricación de MMVF puede proporcionarse comprendiendo al menos dos aparatos de fibrización en los que cada conjunto de rotores es idéntico y es como se ha definido anteriormente.

## 15 Aparato

- En la presente memoria, también se describe un aparato para la formación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende un conjunto de al menos tres rotores, cada uno montado para rotar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente y dispuesto de modo que cuando los rotores están girando, la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores siguientes a su vez, y las fibras se sacan de los rotores,

caracterizado porque el primer rotor está dotado de medios de accionamiento y tiene un tamaño tal que puede girar para dar un campo de aceleración de 25 a 60 km/s<sup>2</sup>, y el segundo y tercer rotores están dotados cada uno de un medio de accionamiento y cada uno tiene un tamaño y puede girar de tal forma que de un campo de aceleración de al menos 125 km/s<sup>2</sup>.

- 25 Por supuesto el aparato puede tener características que le permitan realizar cualquiera de los aspectos preferidos de los métodos de la invención.

### Fibras vítreas artificiales

- La presente invención se refiere, en un aspecto, a fibras vítreas artificiales (MMVF) formadas a partir de una masa fundida mineral, en la que las MMVF tienen una longitud media de 100 a 300 μm, un diámetro medio de no más de 2,5 μm, y en el que la relación entre la longitud media de la fibra y el diámetro medio de la fibra es de 25 a 500. Estas fibras son novedosas en sí mismas, y pueden fabricarse usando el método del primer y octavo aspecto de la invención. Las MMVF fabricadas de acuerdo con los métodos del primer y octavo aspecto de la invención, o usando el aparato de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, pueden tener cualquiera de las características preferidas que se describen a continuación en el contexto de la MMVF.

- 35 La MMVF convencional tiene un diámetro medio de 3 a 5 μm y una longitud media de 1800 a 3000 μm, por lo tanto, la MMVF de la presente invención es más delgada y más corta que la MMVF convencional. La relación de la longitud de la fibra con respecto al diámetro de la fibra para una MMVF convencional generalmente está en el intervalo de 600 a 800.

- 40 Sin desear quedar ligado a la teoría, se cree que la combinación de la longitud media de la MMVF, el diámetro medio de la MMVF y la relación de la longitud mediana de la fibra con respecto al diámetro medio da como resultado propiedades mejoradas de un sustrato de MMVF fabricado a partir de la MMVF. La muestra de MMVF incluye una menor conductividad térmica, que es el valor lambda del sustrato de MMVF resultante, especialmente por encima de 300 °C, una mayor resistividad al flujo de aire del sustrato de MMVF resultante, y una mayor compatibilidad para la piel tanto de la MMVF como del sustrato de MMVF resultante.

- 45 El diámetro medio de las fibras puede obtenerse automáticamente utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) para medir el diámetro de las fibras y contar el número de fibras en la muestra.

La longitud media de las fibras puede obtenerse mediante el siguiente método que es más preciso que otras técnicas de medición y minimiza la rotura de fibras. El proceso puede automatizarse sin introducir errores. Aproximadamente 2 mg de MMVF se extraen de una muestra de MMVF que no contiene ningún aglutinante.

- 50 Típicamente, en el aglutinante se elimina calentando la MMVF a 590 °C durante al menos 20 minutos. Las MMVF se dispersan sobre una plaqueta de vidrio usando una implosión iniciada por vacío. Las imágenes de las fibras de lana dispersas se adquieren luego mediante microscopía óptica en modo de transmisión. Antes de la umbralización (véase a continuación), la imagen se convolucionó con un filtro Gaussiano de entorno para reducir el ruido de fondo y para lograr uniformidad a lo largo de los valores de intensidad de la fibra.



Entonces se realiza la umbralización: los valores altos en escala de grises corresponden a las fibras y los valores bajos en gris están asociados con el fondo o con el ruido residual. Los clústeres aislados de píxeles de menos de unos pocos píxeles o con una excentricidad de menos de 0,5, es decir, partículas con una forma aproximadamente circular, se eliminan, ya que corresponden a ruido o granalla. El eje medial de las fibras se obtiene entonces a través de un algoritmo esqueleto. En este punto, las fibras están representadas por un solo píxel de ancho. Para medir la longitud de cada fibra, se debería ser capaz de diferenciar una fibra de otra, incluso en el caso en que las fibras se crucen. Por lo tanto, se utiliza una función de puntuación para evaluar la probabilidad de dos segmentos de fibras que pertenecen a la misma fibra. La función de puntuación usa la diferencia de ángulo y la distancia entre dos segmentos. La función de puntuación también se utiliza para reconstruir fibras que se han dividido en segmentos de fibra durante la etapa de umbralización. Una vez que se identifica cada fibra, el número de píxeles que lo representan se cuenta y se convierte a la longitud en micrómetros según se conoce la resolución de las imágenes. Si una fibra cruza el borde de la imagen, se descarta.

La longitud de las fibras individuales se establece entonces midiendo estos parámetros en la imagen. Después, se calcula la longitud media de las fibras en la muestra. Se deben medir al menos 200 fibras, tal como 250 fibras.

15 Preferiblemente, la longitud media de la MMVF está en el intervalo de 150 a 250  $\mu\text{m}$ .

Preferiblemente, el diámetro medio de la MMVF está en el intervalo de 1 a 2,5  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente en el intervalo de 1,5 a 2,3  $\mu\text{m}$ .

La relación entre la longitud media de la fibra con respecto al diámetro medio de la fibra está en el intervalo de 25 a 500, preferiblemente en el intervalo de 100 a 300.

20 La MMVF tiene preferiblemente una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:

$\text{SiO}_2$  en una cantidad del 33 al 45 % en peso,

$\text{Al}_2\text{O}_3$  en una cantidad del 16 al 24 % en peso,

una cantidad de  $\text{K}_2\text{O}$  y/o  $\text{Na}_2\text{O}$ ,

una cantidad de  $\text{CaO}$  y/o  $\text{MgO}$ ,

25 en la que la relación de la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con respecto a la cantidad de  $\text{SiO}_2$  está en el intervalo 0,34-0,73, y

en la que la relación de la cantidad total de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  (óxido de metal alcalino), con respecto a la cantidad total de  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  (óxido de metal alcalinotérreo), es menor de 1. Todas las cantidades de los óxidos se calculan en peso.

Debido a la relación entre el óxido de metal alcalino total con respecto al óxido de metal alcalinotérreo total, estas fibras pertenecen a la clase comúnmente conocida como fibras de piedra.

La relación de la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con respecto a la cantidad de  $\text{SiO}_2$  está preferiblemente en el intervalo de 0,34-0,73 debido a que la viscosidad de las masas fundidas que tienen esta relación está en un intervalo que se encuentra que es particularmente adecuado para su uso en la invención.

La MMVF tiene más preferiblemente una composición que comprende los siguientes óxidos, expresados en peso de óxidos:

$\text{SiO}_2$  en una cantidad del 33 al 45 % en peso,

$\text{Al}_2\text{O}_3$  en una cantidad del 16 al 24 % en peso,

$\text{TiO}_2$  en una cantidad del 0 al 3 % en peso,

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  en una cantidad del 6 al 11 % en peso,

40  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$  en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y

$\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.

Pueden existir otros elementos presentes en la masa fundida que, al expresarse en peso de óxidos, formen preferiblemente menos del 5% en peso de la MMVF. También puede haber impurezas presentes en la MMVF.

La MMVF preferiblemente comprende no más del 30% en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 63  $\mu\text{m}$ .

45 La MMVF puede comprender del 10 al 30% en peso de granalla que tiene un diámetro superior a 63  $\mu\text{m}$ .

La MMVF preferiblemente comprende no más del 3 % en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 250  $\mu\text{m}$ .

La MMVF puede comprender del 1 al 3% en peso de granalla que tiene un diámetro superior a 250 µm.

Los porcentajes de granalla se determinan tomando una muestra de la MMVF y tamizando el material a través de un primer tamiz que tiene aperturas de diámetro de 250 µm, y a través de un segundo tamiz que tiene aperturas de diámetro de 63 µm. El material en los dos tamices y el material que ha pasado a través de ambos tamices se pesa y se calculan los porcentajes. Antes del proceso de tamizado, la muestra de MMVF se somete a un tratamiento térmico para quemar el material orgánico, tal como aglutinante, aceite y otros aditivos, por ejemplo, calentando la MMVF a 590 °C durante al menos 20 minutos.

Es preferible reducir la cantidad de granalla presente en la MMVF, ya que se cree que la presencia de granalla reduce la compatibilidad con la piel de la MMVF y tiene un efecto adverso sobre las propiedades térmicas del sustrato de MMVF resultante. Además, es más eficiente que la masa fundida mineral se forme en MMVF, en lugar de que la masa fundida mineral se forme en granalla.

La distribución de fibras de la presente invención es más uniforme que la MMVF convencional. Preferiblemente, el intervalo de variación del diámetro de la fibra definido como el cuantil del 84% menos el cuantil del 16% es inferior a 3,8 µm, preferiblemente inferior a 3,4 µm, mucho más preferiblemente inferior a 2,4 µm. Esto se demuestra en el Ejemplo 2 a continuación.

#### Sustrato de MMVF

La presente invención se refiere, en un aspecto, a un sustrato de fibra vítrea artificial (sustrato de MMVF) formado como una red unida que comprende la MMVF como se ha descrito anteriormente, o la MMVF fabricada de acuerdo con los métodos descritos anteriormente, o la MMVF fabricada usando el aparato descrito anteriormente, y una composición aglutinante curada.

Se pueden usar tipos convencionales de aglutinante conocidos para su uso con fibras de lana de roca. Por ejemplo, el aglutinante puede ser un aglutinante inorgánico, o un aglutinante orgánico. Preferiblemente, el aglutinante es un aglutinante orgánico tal como aglutinante de fenol formaldehído, aglutinante de urea formaldehído, aglutinante de fenol urea formaldehído o aglutinante de melamina formaldehído. Los aglutinantes de resol a base de fenol-formaldehído o fenolurea-formaldehído (PUF) usados convencionalmente contienen opcionalmente un componente de azúcar. Para estos aglutinantes, sin componente de azúcar, se hace referencia, por ejemplo, a los documentos EP 0148050 y EP 0996653. Para estos aglutinantes, con componente de azúcar, se hace referencia al documento WO 2012/076462. Otro grupo de aglutinantes que se pueden usar se basa en productos de reacción de anhídrido de alcanolamina-ácido policarboxílico. Un aglutinante termoestable curado, comprendiendo el aglutinante no curado (1) con un componente aglutinante soluble en agua que puede obtenerse haciendo reaccionar al menos una alcanolamina con al menos un ácido o anhídrido policarboxílico y, opcionalmente, tratando el producto de reacción con una base; (2) un componente de azúcar; y opcionalmente (3) urea. Para estos aglutinantes, se hace referencia, por ejemplo, al documento WO 2012/010694 y WO 2013/014076.

Otros aglutinantes incluyen un aglutinante termoestable curado, comprendiendo el aglutinante no curado:

- (a) un componente de azúcar, y uno o ambos de
- (b) un componente de ácido policarboxílico, y
- (c) un componente seleccionado del grupo de compuestos de amina, amoniaco, sales de amonio de ácidos policarboxílicos,

Se describen ejemplos de estos aglutinantes en los documentos WO 2007/014236, WO 2011/138458 y WO 2009/080938. Para todos los aglutinantes descritos anteriormente, el componente de ácido policarboxílico, si está presente, se selecciona preferiblemente de ácido dicarboxílico, tricarboxílico, tetracarboxílico, pentacarboxílico, y policarboxílico similares, y anhídridos, sales y combinaciones de los mismos.

Para todos los aglutinantes descritos anteriormente, el componente de alcanolamina, si está presente, se selecciona preferiblemente de uno o más de monoetanolamina, dietanolamina, trietanolamina, diisopropanolamina, triisopropanolamina, metildietanolamina, etildietanolamina, n-butildietanolamina, metildiisopropanolamina, etildiisopropanolamina, etildiisopropanolamina, 3-amino-1,2-propanodiol, 2-amino-1,3-propanodiol, aminoetiletanolamina y tris-(hidroximetil)-aminometano.

Para todos los aglutinantes descritos anteriormente, el componente de azúcar, si está presente, se selecciona preferiblemente de sacarosa, azúcares reductores, en particular dextrosa, policarbohidratos, y mezclas de los mismos, preferiblemente dextrinas y maltodextrinas; más preferiblemente jarabes de glucosa, y más preferiblemente jarabes de glucosa con un valor de Dextrosa Equivalente de = 60-99.

El aglutinante se cura para producir un sustrato de MMVF. La MMVF, que ahora contiene aglutinante, generalmente se cura en un horno de curado, generalmente por medio de una corriente de aire caliente. La corriente de aire caliente puede introducirse en la MMVF (que ahora contiene aglutinante) desde abajo, o desde arriba, o desde

direcciones alternas en zonas distintivas en la dirección longitudinal del horno de curado. Después del curado, la composición aglutinante curada une las fibras para formar una matriz estructuralmente coherente de fibras. El producto puede consolidarse, por ejemplo mediante compresión, de manera conocida.

Preferiblemente, el sustrato de MMVF es un producto coherente que tiene una densidad en el intervalo de 15 kg/m<sup>3</sup> a 250 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente en el intervalo de 20 kg/m<sup>3</sup> a 180 kg/m<sup>3</sup>, mucho más preferiblemente en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>, tal como de 80 kg/m<sup>3</sup> a 130 kg/m<sup>3</sup>.

Preferiblemente, el sustrato de MMVF comprende del 0,5 al 6% en peso de aglutinante, tal como del 1 al 5% en peso de aglutinante, preferiblemente del 2 al 4% en peso de aglutinante. Esto se prefiere cuando el sustrato de MMVF se usa como aislante de construcción.

10 Cuando el sustrato de MMVF se usa para aplicaciones a alta temperatura, preferiblemente comprende del 0,5 al 2% en peso de aglutinante, más preferiblemente del 0,8 al 1,5% en peso de aglutinante.

Los sustratos de MMVF fabricados de acuerdo con la invención muestran una resistividad mejorada al flujo de aire. Preferiblemente, cuando la densidad del sustrato de MMVF está en el intervalo de 60 a 150 kg/m<sup>3</sup>, la resistividad al flujo de aire está en el intervalo de 100 a 200 kPa x s/m<sup>2</sup>, preferiblemente en el intervalo de 120 a 180 kPa x s/m<sup>2</sup>.

15 resistividad al flujo de aire de las MMVF fabricadas de acuerdo con el método de la invención, y de la MMVF novedosa de la invención, es mayor que la de los sustratos de MMVF convencionales. Se cree que esto se debe al diámetro de fibra de la MMVF de la presente invención. La ventaja de una mayor resistividad al flujo de aire es que las propiedades de aislamiento acústico y térmico se mejoran. Esto significa que se puede lograr un mayor nivel de aislamiento con una menor cantidad de sustrato de MMVF. La resistividad al flujo de aire se mide de acuerdo con la norma EN29053.

20 Los sustratos de MMVF de acuerdo con la presente invención se consideran más suaves y más agradables de tocar que los productos de MMVF convencionales y, por lo tanto, son más compatibles con la piel. Se cree que esto se debe, al menos en parte, al bajo diámetro de fibra de la MMVF y a los bajos niveles de granalla presentes. Una ventaja adicional de la presente invención es que los sustratos de MMVF son más fáciles de manejar que los sustratos de MMVF convencionales.

La conductividad térmica, expresada como valor lambda, de los sustratos de MMVF de la invención es menor que la de los productos convencionales, y esto se demuestra en el Ejemplo 3. El valor lambda de los sustratos de MMVF es particularmente bajo a altas temperaturas, tal como por encima de 300 °C, en comparación con los sustratos de MMVF convencionales. Esto significa que los sustratos de MMVF de la presente invención tienen una utilidad particular en áreas donde es importante tener un valor lambda bajo en entornos donde la temperatura es superior a 300 °C, tal como, por ejemplo, para su uso como (a) aislamiento técnico o (b) protección contra incendios en un entorno industrial o marino. En particular, la MMVF de la presente invención se puede usar como una manta marina, una placa marina, un rollo de lana mineral marino, una alfombra de alambre marina, una sección de tubería marina o una manta contra el fuego marina.

35 Además, la invención se refiere al uso de un sustrato de MMVF como (a) aislamiento técnico o (b) protección contra incendios a una temperatura de al menos 300 °C. Los productos para su uso por encima de 300 °C incluyen productos para el aislamiento térmico de instalaciones técnicas, por ejemplo, secciones de tubería, alfombras de alambre para tuberías, calderas, recipientes, tanques, chimeneas y productos para protección contra incendios, tales como placas ignífugas, incrustaciones de puertas contra incendios, aislamiento para conductos de ventilación, etc.

40 para inhibir la propagación del fuego durante un período específico o, por ejemplo, para proteger columnas contra el calor de un fuego durante un tiempo para evitar el colapso de un edificio.

El sustrato de MMVF tiene preferiblemente una pérdida de ignición de hasta el 2% en peso, tal como del 0,5 al 2,0% en peso, preferiblemente del 0,8 al 1,5% en peso. Los sustratos de MMVF con esta pérdida de ignición preferiblemente tienen una densidad en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>, más preferiblemente de 80 a 130 kg/m<sup>3</sup>. Dichos sustratos de MMVF tienen una utilidad particular en entornos de alta temperatura, tal como de 100 a 650 °C, y como protección contra incendios. La pérdida de ignición de un sustrato de MMVF es una medida de la cantidad de material orgánico, tal como el aglutinante presente en el sustrato de MMVF. La pérdida de ignición de una muestra seca se puede medir, por ejemplo, calentando la MMVF a 590 °C durante al menos 20 minutos y pesando la muestra antes y después del calentamiento para determinar la pérdida de material.

50 La invención se ilustra por referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista frontal de un conjunto de rotores ensamblados para su uso en el método de acuerdo con la invención;

la Figura 2 es una sección transversal en la línea II-II a través del conjunto de rotores en la Figura 1, y a través de la cámara de recogida en la que se posicionan durante el uso, y

55 la Figura 3 es un detalle de la ranura alrededor de uno de los rotores.

La Figura 4 es una vista frontal de varios medios de fibrización.

La Figura 5 muestra la distribución de fibra de un Ejemplo de la MMVF de la invención.

Con referencia a las Figuras 1-4, el aparato incluye un conjunto 1 de rotores, cada uno montado en la cara frontal 2 de un alojamiento 3. El conjunto está posicionado en un extremo de una cámara para recibir masa fundida de un 5 horno de fusión. Cada rotor está montado de manera convencional en un eje impulsado que le permite girar a una velocidad periférica alta. El conjunto consiste en cuatro rotores, un primer rotor 4 que gira en sentido antihorario, un segundo rotor de fibrización 5 que gira en sentido horario, un tercer rotor de fibrización 6 que gira en sentido antihorario, y un cuarto rotor de fibrización 7 que gira en el sentido horario. Los cojinetes y los mecanismos de accionamiento no se muestran. Las ranuras de aire 8, 9, 10 y 11 están asociadas, respectivamente, a los rotores 4, 10 5, 6 y 7, extendiéndose cada ranura alrededor de solamente parte del rotor. En general, cada ranura se extiende alrededor de al menos 1/3 de la periferia de su rotor asociado, generalmente alrededor de la parte exterior del conjunto de rotores. Generalmente se extiende alrededor de 2/3 o 3/4 de la periferia.

Cada ranura procede de una cámara de suministro de aire dentro de la carcasa.

La masa de mineral fundido se vierte sobre el rotor 4 a lo largo de la trayectoria y da con al primer rotor 4 en el punto 15 A que está en una posición tal que el ángulo B (es decir, el ángulo que A forma con la horizontal hacia el segundo rotor) es de 40 a 65 ° con respecto a la horizontal, a menudo aproximadamente de 45 a 60 ° con respecto a la horizontal. El segundo rotor de fibrización 5 debe colocarse en o solo ligeramente por debajo del primer rotor y, por lo tanto, el ángulo C típicamente es de 0° a 20°, a menudo aproximadamente de 5 a 10°.

Por este medio, es posible asegurar que la masa fundida que se expulsa desde el primer rotor al segundo rotor 20 impacta en la superficie periférica del segundo rotor sustancialmente en ángulos rectos (por ejemplo, de 75 a 105° con respecto a la normal). De manera similar, se prefiere que la suma de los ángulos D, E y F sea lo más baja posible. F es el ángulo incluido entre la horizontal y la línea que une los ejes del tercer y cuarto rotores, E es el ángulo incluido entre las líneas que unen los ejes del tercer y cuarto rotores y el segundo y tercer rotores, mientras que D es el ángulo incluido entre las líneas que unen los ejes del primer y segundo rotores con los ejes del segundo 25 y tercer rotores. Preferiblemente C + D + E + F está por debajo de 150° pero en general debe estar por encima de 120°, y mucho más preferiblemente está en el intervalo de 125 a 142°, obteniéndose los mejores resultados a aproximadamente de 135 a 140°.

Parte de la masa fundida que golpea al primer rotor 4 en A se expulsa del rotor 4 como fibras, pero parte se arroja al rotor posterior 5. Parte de la masa fundida se fibriza fuera de ese rotor mientras que el resto se lanza a lo largo de la 30 trayectoria 13 en el rotor posterior 6. Una cantidad importante de ésta se fibriza fuera del rotor 6, principalmente en el área donde hay ranura 9, pero parte se lanza a lo largo de la trayectoria 14 en el rotor posterior 7. Una cantidad significativa se fibriza en la dirección general 15 pero una gran cantidad también está fibrizada alrededor del resto de la superficie del rotor incluida dentro de la ranura 10.

Dado que las ranuras 8, 9, 10 y 11 no se extienden alrededor de toda la periferia de cada rotor, el flujo de aire en la 35 región de las trayectorias 12, 13 y 14 puede controlarse y, de hecho, puede ser sustancialmente nulo.

En un método preferido, el primer rotor 4 tiene un diámetro de aproximadamente 210 mm y gira a aproximadamente 5.000 rpm, dando un campo de aceleración de aproximadamente 29 km/s<sup>2</sup>. Esto se compara con los valores para un aparato convencional de acuerdo con el documento GB 1.559.117 que pueden ser, típicamente, aproximadamente de 180 mm, 3.900 rpm y 15 km/s<sup>2</sup> respectivamente. El segundo rotor (rotor 5) puede tener un diámetro de 40 aproximadamente 280 mm y puede girar a una velocidad de 9.000 rpm o más, dando un campo de aceleración de aproximadamente 125 km/s<sup>2</sup> (en comparación con los valores de un aparato típico en el documento GB 1.559.117 de aproximadamente 230 mm, 5.500 rpm y 39 km/s<sup>2</sup> respectivamente).

El tercer rotor (6) puede tener el mismo diámetro de 280 mm y puede girar a 10.000 rpm para proporcionar un campo de aceleración de aproximadamente 150 km/s<sup>2</sup>, en comparación con los valores típicos de 314 mm, 6.600 45 rpm y 75 km/s<sup>2</sup> para un aparato típico de acuerdo con el documento GB 1.559.117.

El cuarto rotor (7) puede tener nuevamente un diámetro de aproximadamente 280 mm y puede girar a 12.000 rpm, dando un campo de aceleración de aproximadamente 225 km/s<sup>2</sup> en comparación con los valores de 330 mm, 7.000 rpm y aproximadamente 89 km/s<sup>2</sup> para un aparato típico de acuerdo con el documento GB 1.559.117.

El aire que sale por las ranuras preferiblemente tiene una velocidad lineal, en el ejemplo descrito, de 50 aproximadamente 100-200 m/s. Esta circulación de aire puede tener componentes axiales y tangenciales, de acuerdo con la disposición de los álabes 25 dentro de las ranuras.

Dentro de cada ranura pueden montarse álabes 25 en un ángulo, relativo a la dirección axial del rotor asociado, que puede predeterminarse en un valor que varíe, típicamente, de cero a 42°. Por ejemplo, en la ranura 10, el ángulo en la región G a H puede aumentar de 0° en G a aproximadamente 20° en H, y luego el ángulo de los álabes en la 55 región H a I puede ser sustancialmente uniforme en 42°. De manera similar, en la ranura 10, el ángulo puede aumentar de aproximadamente cero en J hasta aproximadamente 20° en K y luego puede aumentar y ser

sustancialmente uniforme en toda la región K a L en un ángulo de aproximadamente 42°.

En la ranura 8, se puede preferir tener un ángulo menor, típicamente un ángulo uniforme de aproximadamente 15 a 30°, a menudo aproximadamente de 20 o 25°.

El borde interno 24 de cada ranura es preferiblemente coaxial con el rotor asociado, y preferiblemente tiene un diámetro que es sustancialmente el mismo que el del rotor asociado.

Los pulverizadores de aglutinante 18 pueden montarse como una boquilla central en la cara frontal de cada rotor y expulsar aglutinante en las fibras que se desprenden del rotor. En lugar de o además de esto, pueden proporcionarse pulverizadores de aglutinante separados, por ejemplo, debajo o encima del conjunto de rotores y dirigidos sustancialmente axialmente. La cámara de fibrización comprende un foso 20 que tiene un doble husillo 21 que recoge las perlas y otras fibras que caen en el foso y las recicla al horno. Un transportador 22 recoge las fibras y las aparta de los aparatos de fibrización. El aire es forzado a través de un anillo de aire secundario, por ejemplo una pluralidad de orificios 23 dispuestos alrededor de la cara frontal del alojamiento 2 y/o en y/o debajo de la cara frontal del alojamiento 2. El anillo de aire secundario proporciona una corriente de aire para promover el transporte axial de las fibras alejándolas de los rotores y para controlar su velocidad de asentamiento y el entremezclado con aglutinante.

Se verá a partir de la Figura 3 que el borde interno 24 de la ranura anular tiene sustancialmente el mismo diámetro que el borde exterior de la periferia del rotor 6 y que los álabes 25 se disponen sustancialmente de forma radial a través de la ranura. Por supuesto, si se desea, pueden disponerse en un ángulo. El borde de ataque de los álabes se muestra como 25, y la cara lateral de los álabes se muestra como 26. En la Figura 3, la posición X corresponde aproximadamente a la posición I en la Figura 1, es decir, donde los álabes están dispuestos a aproximadamente 42°, la posición Y corresponde a la posición H, es decir, donde los álabes están dispuestos a aproximadamente 20°, y la posición G corresponde a la posición Z, es decir, donde los álabes están a 0° y, por lo tanto, promueven un flujo verdaderamente axial del aire.

Aunque solo se ilustra una única entrada de aire 23 en la Figura 2, preferiblemente puede haber una pluralidad de ranuras de aire montadas individualmente que estén montadas debajo de los rotores y que dirigen aire en una dirección generalmente hacia adelante. Algunas o todas sellas están montadas de forma pivotante de manera que pueden ser relativamente horizontales o relativamente verticales o inclinadas de otra forma. También pueden tener álabes cuchillas que controlan la dirección del aire desde la ranura. Además, los álabes pueden montarse para un movimiento alternativo con el fin de que puedan alternarse durante el uso a fin de proporcionar una corriente de aire pulsante. En general, las ranuras apuntan hacia arriba para dirigir el aire hacia arriba y hacia adelante. Mediante la elección adecuada de las corrientes de aire y su movimiento, si lo hubiera, es posible optimizar la recolección de fibras, la distribución del aglutinante y las propiedades del producto final, ya que esto conduce a la formación de un chorro de pared cuando el aire emerge de la ranura paralela a la periferia.

Aunque es conveniente suministrar el aire a través de auténticas ranuras, se puede lograr un efecto similar mediante otros medios para proporcionar una cortina de aire continua sobre la superficie del rotor, por ejemplo, una serie de boquillas de chorro adyacentes dispuestas alrededor del rotor de la pared en la posición que se muestra en los dibujos para las ranuras, y que conducirá a la formación de un chorro de pared.

En la figura 4, los números de referencia indican las mismas características del aparato que en las Figuras 1 a 3. Se proporcionan cámaras de aire separadas 35 para cada conjunto de rotores y proceden del horno de fusión.

La invención conduce a una fibrización mejorada de la masa fundida, y en particular, la cantidad de granalla que tiene un tamaño mayor de 63 µm en la MMVF final se reduce en la invención en comparación con la cantidad presente típicamente cuando se usa un primer rotor convencional relativamente pequeño. La cantidad de granalla grande (por encima de 250 µm) disminuye.

La invención se ilustra ahora mediante los siguientes ejemplos no limitantes.

#### 45 Ejemplos

##### Ejemplo 1

La resistividad al flujo de aire de cuatro sustratos de MMVF de acuerdo con la presente invención (Ejemplos A a D) se comparó con la resistividad al flujo de aire de cinco sustratos MMVF que no forman parte de la invención (Ejemplos Comparativos A a E). Cada sustrato de MMVF contenía aproximadamente un 1% en peso de aglutinante. Los sustratos de MMVF de los Ejemplos A a D se prepararon por el método de fabricación de la presente invención y las MMVF fueron de acuerdo con la presente invención. Los sustratos de MMVF de los Ejemplos comparativos A a E se prepararon mediante un método de fabricación diferente y las MMVF fueron MMVF convencionales.

Las MMVF de los Ejemplos A a D se prepararon en un hilador equipado con cuatro rotores. El primer rotor tenía un diámetro de 210 mm y se impulsó a aproximadamente 5.000 rpm (campo de aceleración 29 km/s<sup>2</sup>). Del segundo al cuarto rotor tenían un diámetro de 280 mm y se impulsaban a aproximadamente 12.000 rpm (campo de aceleración

225 km/s<sup>2</sup>).

La MMVF de los Ejemplos Comparativos A a E se hizo en un hilador convencional equipado con cuatro rotores. El primer rotor tenía un diámetro de 184 mm y se impulsó a aproximadamente 4.500 rpm (campo de aceleración 20 km/s<sup>2</sup>). El segundo rotor tenía un diámetro de 234 mm y se impulsó a aproximadamente 7.000 rpm (campo de aceleración 63 km/s<sup>2</sup>). El tercer rotor tenía un diámetro de 314 mm y se impulsó a aproximadamente 7.000 rpm (campo de aceleración 84 km/s<sup>2</sup>). El cuarto rotor tenía un diámetro de 332 mm y se impulsó a aproximadamente 7.000 rpm (campo de aceleración 164 km/s<sup>2</sup>).

La resistividad al flujo de aire se mide de acuerdo con la norma EN29053. Como se muestra en la Tabla 1 a continuación, la resistividad al flujo de aire de los Ejemplos de la presente invención es considerablemente más alta que la de los Ejemplos Comparativos, a una densidad comparable. Esto demuestra que los sustratos de MMVF de la presente invención tienen propiedades mejoradas de aislamiento acústico y térmico en comparación con los Ejemplos comparativos.

Tabla 1

	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Resistividad al flujo de aire (kPa*s/m <sup>2</sup> )
Ejemplo A	107	170
Ejemplo B	102	140
Ejemplo C	98	160
Ejemplo D	100	150
Ejemplo comparativo A	111	55
Ejemplo comparativo B	98	71
Ejemplo comparativo C	102	48
Ejemplo comparativo D	104	81
Ejemplo comparativo E	104	68

15 Ejemplo 2

El diámetro de una muestra de MMVF de la presente invención se comparó con una muestra de MMVF convencional. Las MMVF de la presente invención se prepararon como se describe para los Ejemplos A a D. La MMVF convencional se realizó como se describe para los Ejemplos Comparativos A a E. La Figura 5 muestra que la dispersión de los diámetros de las fibras es mucho menor para las MMVF de la presente invención que para la lana convencional. El rango de variación se define aquí como el cuantil del 84% menos el cuantil del 16% (+/- 1 x desviación estándar para el diámetro de la fibra - (distribución normal logarítmica)). Esto significa que la probabilidad es del 68% de encontrar un diámetro de fibra dado en la región definida. Como se muestra en la Figura 5, hay mucha menos variación en el diámetro de fibra de las MMVF de la presente invención que en la lana convencional. En ensayos específicos, el intervalo de variación para la MMVF de la presente invención se encontró que era de 2,3-2,4 µm con un diámetro medio de fibra de 1,9 µm a 2,2 µm, donde el intervalo de variación para la MMVF de lana convencional fue significativamente mayor, tal como de 3,7 a 5 µm con un diámetro medio de fibra de 3,4 µm a 4,3 µm. Esto muestra una ventaja adicional de la MMVF de la presente invención, ya que una mayor uniformidad del diámetro de fibra significa que los sustratos de MMVF tienen una mayor uniformidad, lo que tiene una influencia positiva en varias características de la MMVF, tal como un rendimiento térmico mejorado y una mejor compatibilidad con la piel.

Ejemplo 3

Los valores lambda de cuatro sustratos de MMVF de la presente invención (Ejemplos E a H) se compararon con los de cuatro sustratos MMVF que no forman parte de la invención (Ejemplos Comparativos F a I). La MMVF de los Ejemplos E a H se realizó como se describe para los Ejemplos A a D. Las MMVF convencional de los Ejemplos Comparativos F a I se realizaron como se describe para los Ejemplos Comparativos A a E. Lambda se midió de acuerdo con la norma EN 12667. La densidad se midió de acuerdo con la norma EN 1602. Cada sustrato de MMVF contenía aproximadamente un 1% en peso de aglutinante. Los sustratos de MMVF de los Ejemplos E a H se prepararon por el método de fabricación de la presente invención y las MMVF fueron de acuerdo con la presente invención. Las MMVF en los sustratos de MMVF de los Ejemplos comparativos F a I se prepararon mediante un método de fabricación diferente y las MMVF fueron MMVF convencionales. La densidad de cada producto se muestra a continuación. Cuanto menor es el valor de lambda, mayor es la resistencia del sustrato de MMVF al calor.

## ES 2 753 405 T3

Como se muestra en la Tabla 2 a continuación, los sustratos de MMVF de acuerdo con la presente invención tienen valores de lambda más bajos a lo largo del intervalo de temperatura de 50 a 650 °C. La ventaja de usar el sustrato de MMVF de la presente invención es particularmente apreciable por encima de 200 °C.

Tabla 2

	Ejemplo	Densidad del Ejemplo kg/m <sup>3</sup>	Temperatura												
			50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Lambda HT 9mW/mK)	Ejemplo E	85	37	n/a	48	n/a	62	n/a	77	n/a	100	n/a	n/a	133	n/a
	Ejemplo F	95	36	n/a	47	n/a	58	n/a	73	n/a	97	n/a	n/a	n/a	150
	Ejemplo G	96	37	42	48	55	n/a	71	n/a	90	n/a	112	n/a	138	n/a
	Ejemplo H	102	38	43	49	56	n/a	71	n/a	90	n/a	112	n/a	138	n/a
	Ejemplo comparativo F	92	38	44	52	61	72	84	98	114	n/a	151	n/a	n/a	n/a
	Ejemplo comparativo G	83	39	43	49	57	66	76	88	102	n/a	134	n/a	172	193
	Ejemplo comparativo H	100	39	44	50	58	68	80	93	108	n/a	144	n/a	186	205
	Ejemplo comparativo I	104	38	44	51	59	n/a	81	n/a	108	n/a	142	n/a	181	n/a

5

### Ejemplo 4

Se realizaron pruebas de incendio comparando un sustrato de MMVF convencional con un sustrato de MMVF de acuerdo con la invención, ambos a una densidad de 100 kg/m<sup>3</sup>. La prueba se realizó de acuerdo con el International Code for the Application of Fire Test Procedures (2010) Parte 3. La prueba mostró una mejora sustancial de 14 minutos para la prueba A 60 del sustrato de MMVF de acuerdo con la invención (Ejemplo I) en comparación con el sustrato de MMVF convencional (Ejemplo comparativo J). La prueba mostró una mejora para la prueba A 30 de 3 minutos del sustrato de MMVF de acuerdo con la invención (Ejemplo J) en comparación con el sustrato de MMVF convencional (Ejemplo Comparativo K). Las MMVF de los Ejemplos I y J se prepararon como se describe para los Ejemplos A a D. La MMVF convencional de los Ejemplos comparativos J a K se realizó como se describe para los Ejemplos comparativos A E.

Construcción	Ejemplo	resultado	Ejemplo	resultado
Mamparo A 30 50 mm sobre nivel 30 mm en endurecedor	Ejemplo comparativo J	Falló después de 31 minutos a una temp. media	Ejemplo I	Falló después de 34 min a una temp. media
Plataforma A 60 50 mm sobre nivel 30 mm en endurecedor	Ejemplo comparativo K	Falló después de 66 min a máx. temp. sobre un endurecedor (TC n.º 6) Temp. media 134 °K	Ejemplo J	Falló después de 80 min a máx. temp. sobre un endurecedor (TC n.º 6) Temp. media 137 °K

### Ejemplo 5

Las pruebas de conducción de calor se realizaron por "Forshungsinstitut für Wärmeshutz e.V. München" en el

sustrato de MMVF de acuerdo con la invención. Las MMVF del Ejemplo 5 se realizaron como se describe para los Ejemplos A D. La densidad de los productos probados fue de 56 - 59 kg/m<sup>3</sup>, y la conducción de calor a 10 °C resultó ser de 0,0318 W/(m · K) según la norma EN 12667.

#### Ejemplo 6

- 5 Para ciertas aplicaciones acústicas, la resistividad de flujo óptima para obtener valores de alta absorción de sonido es de alrededor de 20-30 kN/m<sup>4</sup>. Pruebas experimentales encontraron que este valor se obtuvo para un sustrato de fibra de piedra de MMVF de acuerdo con la invención a una densidad de aproximadamente 40 - 50 kg/m<sup>3</sup>. Para un sustrato de MMVF de lana de roca formado por un método que no es según la invención, se encontró que el intervalo óptimo era 50-60 kg/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, el sustrato de MMVF de lana de roca fabricado de acuerdo con la invención puede proporcionar propiedades acústicas óptimas a una densidad menor y, por lo tanto, usar una cantidad menor de MMVF.

#### Realizaciones numeradas

1. Un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:
  - proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:
    - 15 un conjunto de al menos tres rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;
    - en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;
    - girar los rotores;
    - en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración de 25 a 60 km/s<sup>2</sup> y el segundo y tercer rotores giran para dar un campo de aceleración de al menos 125 km/s<sup>2</sup>,
    - 20 proporcionar una masa fundida mineral, en donde la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
      - SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
      - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
      - 25 una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,
      - una cantidad de CaO y/o MgO,
      - en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en el intervalo 0,34-0,73,
      - en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1;
      - 30 verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;
      - en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y
      - recoger las fibras que se forman.
2. Un método de acuerdo con la realización numerada 1, en el que la masa fundida tiene una composición que
  - 35 comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
    - SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
    - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
    - TiO<sub>2</sub> en una cantidad del 0 al 3 % en peso,
    - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 6 al 11 % en peso,
    - 40 CaO y MgO en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y
    - K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.
3. Un método de acuerdo con la realización numerada 1 o la realización numerada 2, en el que el aparato de fibrización comprende cuatro rotores.



## ES 2 753 405 T3

4. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 3, en el que los ejes del primer y segundo rotores están dispuestos de tal forma que una línea dibujada desde el eje del primer rotor al eje del segundo rotor forma un ángulo de 0 a 20°, debajo de la horizontal.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 4, en el que la relación del diámetro del último rotor con respecto al diámetro del primer rotor es de 1,1:1 a 1,5:1.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 5, en el que el primer rotor tiene un diámetro de 120 a 250 mm, y el rotor final tiene un diámetro más grande de 180 a 330 mm.
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 6, en el que el último rotor en el conjunto gira para dar un campo de aceleración que es de 5 a 15 veces el campo de aceleración del primer rotor.
- 10 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 7, en el que el segundo y tercer rotores y un cuarto rotor opcional giran para proporcionar un campo de aceleración de 125 a 500 km/s<sup>2</sup>.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 8, en el que el segundo y tercer rotores y un cuarto rotor opcional giran para proporcionar un campo de aceleración de 125 a 400 km/s<sup>2</sup>.
10. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 9, que comprende además  
15 proporcionar una cámara de fibrización y medios colectores que comprenden un transportador en la base de la cámara; recogiendo las fibras sopladas como una red y sacándolas del conjunto de rotores.
11. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 10, en el que la temperatura de la superficie de la periferia del primer rotor es al menos 100 °C mayor que la temperatura de la superficie de la periferia del cuarto rotor.
- 20 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 11, en el que la masa fundida se proporciona en la periferia del primer rotor a una temperatura de 1450 a 1575 °C, preferiblemente de 1480 a 1550 °C.
13. Aparato para formación de fibras vítreas artificiales (MMVF), que comprende un conjunto de al menos tres rotores cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente y dispuesto de modo  
25 que, cuando los rotores están girando, la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores,
- caracterizado por que el primer rotor está dotado de medios de accionamiento y tiene un tamaño tal que puede girar para dar un campo de aceleración en el intervalo de 25 a 60 km/s<sup>2</sup>, y el segundo y tercer rotores están dotados cada uno de un medio de accionamiento y cada uno tiene un tamaño y puede girar de tal forma que dé un campo de  
30 aceleración de al menos 125 km/s<sup>2</sup>.
14. Aparato de acuerdo con la realización numerada 13, en el que el segundo y el tercer rotor tiene cada uno un tamaño y puede girar de tal forma que dé un campo de aceleración en el intervalo de 125 a 500 km/s<sup>2</sup>.
15. Aparato de acuerdo con la realización numerada 13 o la realización numerada 14, en el que el segundo y el tercer rotores tiene cada uno un tamaño y puede girar de tal forma que dé un campo de aceleración en el intervalo  
35 de 125 a 400 km/s<sup>2</sup>.
16. Fibras vítreas artificiales (MMVF) formadas a partir de una masa fundida mineral, en las que las MMVF tienen una longitud media de 100 a 300 μm, un diámetro medio de no más de 2,5 μm, y en las que la relación entre la longitud media de la fibra y el diámetro medio de la fibra es de 25 a 500.
17. MMVF de acuerdo con la realización numerada 16, en la que la MMVF tiene una composición que comprende lo  
40 siguiente, expresado en peso de óxidos:
- SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
  - una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,
  - una cantidad de CaO y/o MgO,
- 45 en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en el intervalo 0,34-0,73, y en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1.
18. MMVF de acuerdo con la realización numerada 16 o 17, en donde la MMVF tiene una composición que comprende los siguientes óxidos, expresado en peso de óxidos:

SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,

TiO<sub>2</sub> en una cantidad del 0 al 3 % en peso,

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 6 al 11 % en peso,

5 CaO y MgO en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y

K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.

19. MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 16 a 18, que comprende no más del 30 % en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 63 µm.

20. MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 16 a 19, que comprende no más del 3 % en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 250 µm.

21. MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 16 a 20, en la que el intervalo de variación del diámetro de la fibra definido como el cuantil del 84 % menos el cuantil del 16 % es inferior a 3,8 µm, preferiblemente inferior a 3,4 µm, mucho más preferiblemente inferior a 2,4 µm

22. Un sustrato de fibra vítrea artificial (sustrato de MMVF) formado como una red unida que comprende la MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 16 a 21, o la MMVF fabricada de acuerdo con un método descrito de acuerdo con cualquiera de las realizaciones enumeradas 1 a 12, y una composición aglutinante curada.

23. Un sustrato de MMVF de acuerdo con la realización numerada 22, en el que el sustrato de MMVF comprende de 0,5 a 6 % en peso de aglutinante.

24. Un sustrato de MMVF de acuerdo con la realización numerada 22 o la realización numerada 23, en el que la densidad del sustrato de MMVF está en el intervalo de 15 a 250 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente en el intervalo de 20 kg/m<sup>3</sup> a 180 kg/m<sup>3</sup>, mucho más preferiblemente en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>.

25. Un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 22 a 24, en el que el sustrato de MMVF tiene una pérdida de ignición de hasta el 2 % en peso, tal como del 0,5 al 2,0 % en peso, preferiblemente del 0,8 al 1,5 % en peso, y en el que el sustrato de MMVF tiene una densidad en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente de 80 kg/m<sup>3</sup> a 130 kg/m<sup>3</sup>.

26. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 22 a 25, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha realizado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 12, como (a) aislamiento técnico o (b) para protección contra incendios en un entorno industrial o marino.

27. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 22 a 25, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha fabricado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 1 a 12, en forma de una manta marina, una placa marina, un rollo de lana mineral marino, una alfombra de alambre marina, una sección de tubería marina o una manta contra el fuego marina.

28. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las realizaciones numeradas 22 a 25, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha realizado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, como (a) aislamiento técnico o (b) protección contra incendios a una temperatura de al menos 300 °C.

29. Un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:

proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:

40 un conjunto de al menos tres rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;

en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;

girar los rotores;

45 en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 25 a 60 km/s<sup>2</sup> y el segundo y tercer rotores cada uno gira para dar un campo de aceleración mayor que el primer rotor;

proporcionar una masa fundida mineral, en la que la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:

## ES 2 753 405 T3

SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,

una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,

una cantidad de CaO y/o MgO,

- 5 en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en el intervalo 0,34-0,73,  
en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1;

verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;

- 10 en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y

recoger las fibras que se forman.

**REIVINDICACIONES**

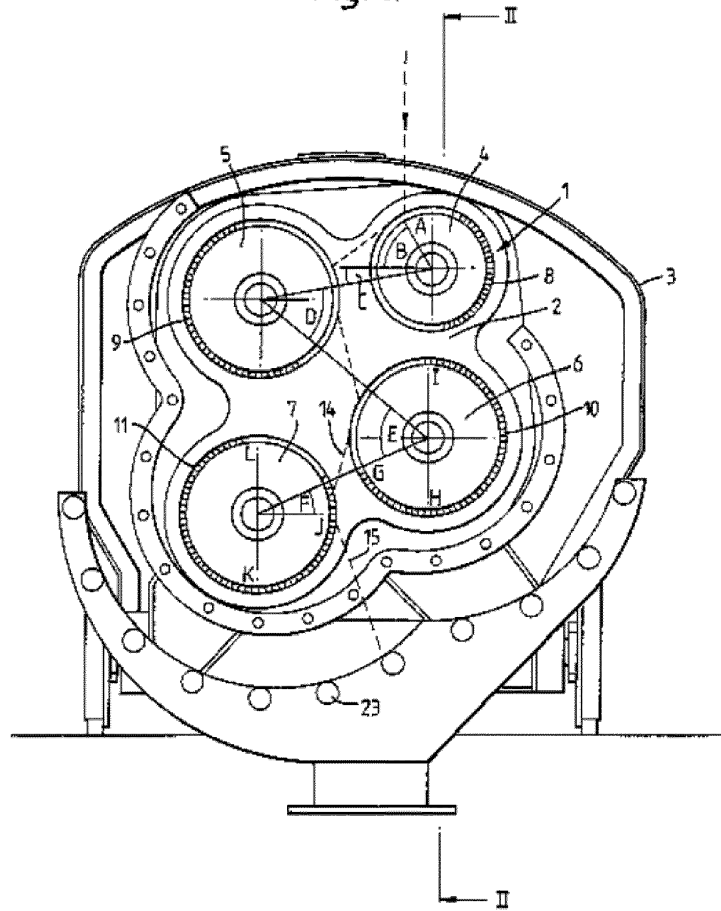
1. Un método de fabricación de fibras vítreas artificiales (MMVF) que comprende:
- proporcionar un aparato de fibrización, en el que el aparato de fibrización comprende:
- 5 un conjunto de al menos cuatro rotores, cada uno montado para girar en torno a un eje sustancialmente horizontal diferente;
- en el que cada rotor tiene un medio de accionamiento;
- girar los rotores;
- 10 en el que el primer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 25 a 60 km/s<sup>2</sup>, el segundo rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 125 a 250 km/s<sup>2</sup>, el tercer rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 150 a 300 km/s<sup>2</sup> y el cuarto rotor gira para dar un campo de aceleración en el intervalo de 225 a 400 km/s<sup>2</sup>, en el que el campo de aceleración del último rotor es entre 5 a 15 veces mayor que el campo de aceleración del primer rotor,
- proporcionar una masa fundida mineral, en el que la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
- 15 SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
- una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,
- una cantidad de CaO y/o MgO,
- en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en el intervalo 0,34-0,73,
- 20 en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1;
- verter la masa fundida en la periferia del primer rotor;
- en el que la masa fundida vertida sobre la periferia del primer rotor en el conjunto se lanza a la periferia de los rotores posteriores a su vez, y las fibras se expulsan de los rotores; y
- 25 recoger las fibras que se forman.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la masa fundida tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
- SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
- 30 TiO<sub>2</sub> en una cantidad del 0 al 3 % en peso,
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 6 al 11 % en peso,
- CaO y MgO en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y
- K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.
3. Un método de acuerdo con la realización numerada 1 o la reivindicación 2, en el que el aparato de fibrización
- 35 comprende cuatro rotores.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los ejes del primer y segundo rotores están dispuestos de tal forma que una línea dibujada desde el eje del primer rotor al eje del segundo rotor forma un ángulo de 0 a 20°, debajo de la horizontal.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la relación del diámetro del último
- 40 rotor con respecto al diámetro del primer rotor es de 1,1:1 a 1,5:1.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el primer rotor tiene un diámetro de 120 a 250 mm, y el rotor final tiene un diámetro más grande de 180 a 330 mm.
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además proporcionar una

cámara de fibrización y medios colectores que comprenden un transportador en la base de la cámara; recogiendo las fibras sopladas como una red y sacándolas del conjunto de rotores.

8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la temperatura de la superficie de la periferia del primer rotor es al menos 100 °C mayor que la temperatura de la superficie de la periferia del cuarto rotor.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la masa fundida se proporciona en la periferia del primer rotor a una temperatura de 1450 a 1575 °C, preferiblemente de 1480 a 1550 °C.
10. Fibras vítreas artificiales (MMVF) formadas a partir de una masa fundida mineral, en las que las MMVF tienen una longitud media de 100 a 300 µm, un diámetro medio de no más de 2,5 µm, y en las que la relación entre la longitud media de la fibra y el diámetro medio de la fibra es de 25 a 500.
11. MMVF de acuerdo con la reivindicación 10, en la que la MMVF tiene una composición que comprende lo siguiente, expresado en peso de óxidos:
- SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
  - 15 una cantidad de K<sub>2</sub>O y/o Na<sub>2</sub>O,
  - una cantidad de CaO y/o MgO,
  - en el que la relación de la cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con respecto a la cantidad de SiO<sub>2</sub> está en el intervalo 0,34-0,73, y
  - en el que la relación de la cantidad total de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O, con respecto a la cantidad total de CaO y MgO, es menor de 1.
- 20 12. MMVF de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en la que la MMVF tiene una composición que comprende los siguientes óxidos, expresados en peso de óxidos:
- SiO<sub>2</sub> en una cantidad del 33 al 45 % en peso,
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 16 al 24 % en peso,
  - TiO<sub>2</sub> en una cantidad del 0 al 3 % en peso,
  - 25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en una cantidad del 6 al 11 % en peso,
  - CaO y MgO en una cantidad total del 23 al 33 % en peso, y
  - K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O en una cantidad total del 1 al 6 % en peso.
13. MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende no más del 30 % en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 63 µm.
- 30 14. MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende no más del 3 % en peso de granalla que tiene un diámetro de más de 250 µm.
15. MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en la que el intervalo de variación del diámetro de la fibra definido como el cuantil del 84 % menos el cuantil del 16 % es inferior a 3,8 µm, preferiblemente inferior a 3,4 µm, mucho más preferiblemente inferior a 2,4 µm.
- 35 16. Un sustrato de fibra vítrea artificial (sustrato de MMVF) formado como una red unida que comprende la MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, o MMVF fabricada de acuerdo con un método descrito de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, y una composición aglutinante curada.
17. Un sustrato de MMVF de acuerdo con la reivindicación 16, en el que el sustrato de MMVF comprende de 0,5 a 6 % en peso de aglutinante.
- 40 18. Un sustrato de MMVF de acuerdo con la reivindicación 16 o la reivindicación 17, en el que la densidad del sustrato de MMVF está en el intervalo de 15 a 250 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente en el intervalo de 20 kg/m<sup>3</sup> a 180 kg/m<sup>3</sup>, mucho más preferiblemente en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>.
- 45 19. Un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que el sustrato de MMVF tiene una pérdida de ignición de hasta el 2 % en peso, tal como del 0,5 al 2,0 % en peso, preferiblemente del 0,8 al 1,5 % en peso, y en el que el sustrato de MMVF tiene una densidad en el intervalo de 60 kg/m<sup>3</sup> a 150 kg/m<sup>3</sup>, preferiblemente de 80 kg/m<sup>3</sup> a 130 kg/m<sup>3</sup>.

20. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha realizado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, como (a) aislamiento técnico o (b) para protección contra incendios en un entorno industrial o marino.
- 5 21. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha fabricado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en forma de una manta marina, una placa marina, un rollo de lana mineral marino, una alfombra de alambre marina, una sección de tubería marina o una manta contra el fuego marina.
- 10 22. Uso de un sustrato de MMVF de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, o un sustrato de MMVF formado a partir de MMVF que se ha realizado mediante un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, como (a) aislamiento técnico o (b) protección contra incendios a una temperatura de al menos 300 °C.

Fig. 1.



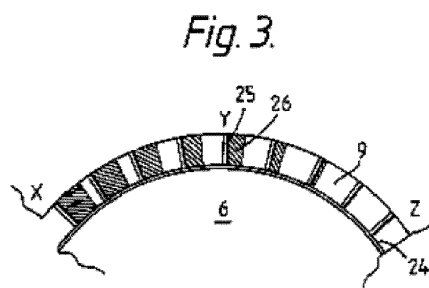
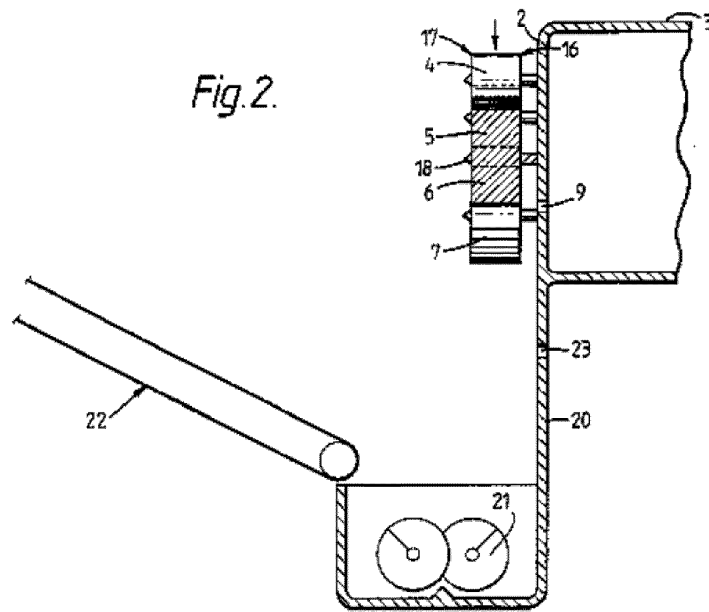
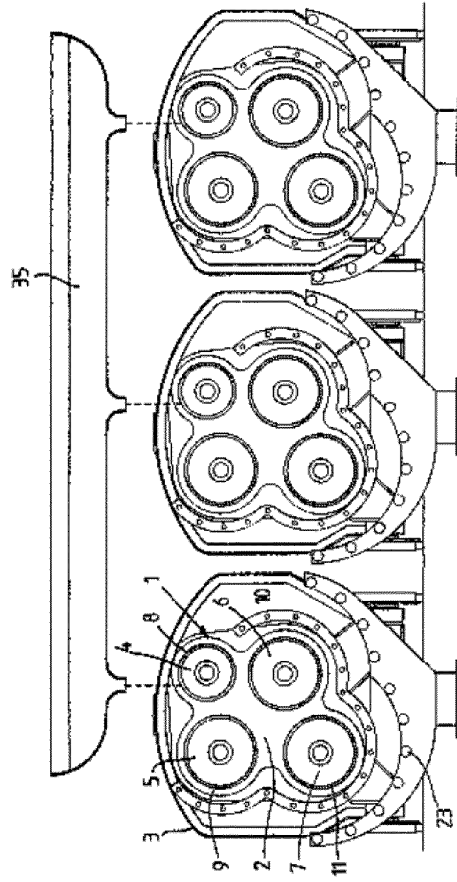




Fig. 4.



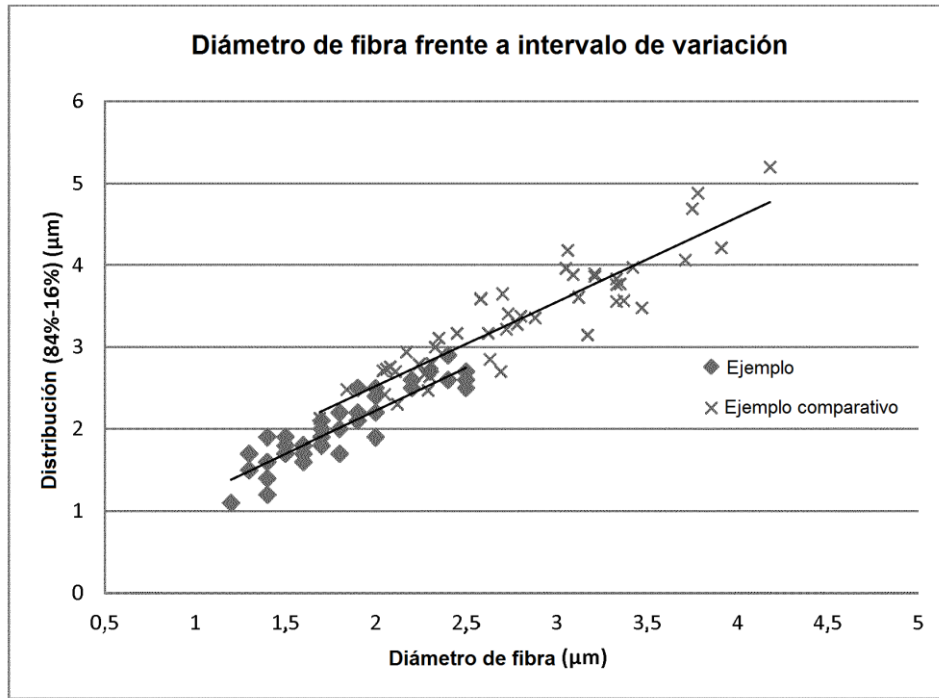


Figura 5