

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 014**

51 Int. Cl.:

C03B 37/04 (2006.01)

C03C 3/087 (2006.01)

C03C 13/06 (2006.01)

C03B 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2012** PCT/EP2012/070344

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013** WO13087251

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2012** E 12772937 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **19.03.2025** EP 2791071

54 Título: **Composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas sintéticas**

30 Prioridad:

16.12.2011 EP 11193988

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
02.06.2025

73 Titular/es:

**ROCKWOOL A/S (100.00%)
Hovedgaden 584
2640 Hedehusene, DK**

72 Inventor/es:

**SOLVANG, METTE;
GROVE-RASMUSSEN, SVEND y
ROSENDAHL FOLDSCHACK, MATHILDE**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 577 014 T5

DESCRIPCIÓN

Composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas artificiales

5 Esta invención se refiere a una composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas artificiales (MMVF, por sus siglas en inglés). La invención también se refiere a un método para formar fibras vítreas artificiales y a un método para la formación de una composición de masa fundida.

10 Es muy conocido producir fibras de vidrio artificiales, a menudo denominadas fibras minerales, mediante la proporción de una carga de material mineral, fundir la carga en un horno y fibrizar la masa fundida resultante para elaborar fibras. Las fibras se pueden usar para una variedad de propósitos, incluido el aislamiento térmico y acústico, la protección contra incendios, los sustratos de crecimiento, los forros de freno y el control de vibraciones.

15 La composición final de las fibras se expresa, generalmente, en óxidos de elementos contenidos en fibras y está demostrado que la composición de la carga del material mineral y, por lo tanto, la composición de la masa fundida y las fibras finales pueden influir en las propiedades de uso de las fibras finales.

20 Al formular una composición para la producción de fibras vítreas artificiales, es importante tener en cuenta no solo las propiedades de las fibras finales, sino también el proceso de fusión, las propiedades de la masa fundida y el impacto de esas propiedades en el proceso de fibrización.

La invención se refiere a fibras vítreas artificiales del tipo de lana de roca.

25 Convencionalmente, las fibras de lana de roca se fibrizan usando un proceso centrífugo externo, por ejemplo, mediante el uso de una hiladora en cascada. En el documento US 3.159.475, Chen y col. describen dicho proceso en general. En el documento GB 1.559.117 se representa una descripción más extensa. En este tipo de proceso, se suministra una masa fundida mineral a la superficie de un conjunto de rotores de fibrización, que funcionan en combinación con un aire de extracción en frío, para que el estiramiento de la fibra desprenda la masa fundida mineral en forma de fibras. A continuación, las fibras se transportan en un flujo de aire y se recogen. Por lo general, se aplica un aglutinante a las fibras formadas y esto contribuye a la coherencia de una red finalmente formada, que a menudo se genera por consolidación, compresión y curado. Sin embargo, en algunos casos, no se utiliza ningún aglutinante y las fibras minerales se recogen en forma de lana mineral suelta.

35 Un método de fibrización alternativo es el proceso de hilado en copa (o copa giratoria), que a menudo se denomina centrifugación interna. En este proceso, la masa fundida se fibriza presionándola a través de los orificios de la pared de una copa giratoria mediante rotación a alta velocidad para formar filamentos primarios, que luego se atenúan hasta las fibras finales mediante el uso de aire caliente de entre 1300-1500 °C de un quemador con un exceso de oxígeno de la combustión. Posteriormente, las fibras se transportan en un flujo de aire principal y, a continuación, se recogen en una cinta transportadora y se transportan para su posterior procesamiento para formar un producto de fibra vítrea artificial. El proceso de hilado en copa (centrifugación interna) tiende a producir productos de fibra vítrea artificiales, que contienen un nivel muy bajo de material no fibrizado, en comparación con los métodos de centrifugación externa. Una ventaja adicional es que, cuando se recogen en forma de red, las fibras tienden a orientarse en el plano del colector en mayor medida que con los métodos de centrifugación externos, lo que mejora las propiedades de aislamiento térmico del producto. El nivel de aislamiento térmico proporcionado se expresa con frecuencia como un valor λ (unidades mW/m·K), que es una medida de la conductividad térmica del material aislante.

50 Sin embargo, tradicionalmente, los procesos de fibrización centrífuga interna solo se han usado ampliamente para fibrizar lana de vidrio, que es relativamente rica en óxidos de metales alcalinos (especialmente óxido de sodio), tiene un alto contenido en sílice, un bajo contenido en alúmina e incluye óxido de boro. Esta masa fundida tradicional de lana de vidrio tiene, a temperaturas razonablemente bajas (950-1100 °C), todas las propiedades requeridas para el método de la copa giratoria. Por otro lado, las masas fundidas tradicionales de lana de roca tienen un bajo contenido en sílice, un alto contenido en alúmina y un contenido en álcali menos rico. Estas composiciones fundidas de lana de roca tienen una temperatura de *liquidus* significativamente más alta que las masas fundidas de lana de vidrio.

55 Para la fibrización en una copa giratoria, es importante que la temperatura de la masa fundida que llega a la correa perforada de la copa giratoria esté por encima de la temperatura de *liquidus* de la composición fundida. Esto servirá para evitar la cristalización en la copa durante el procesamiento. Por lo tanto, para procesar una masa fundida normal de lana de roca en una copa giratoria, es necesario fibrizar la masa fundida a una temperatura más alta que la de la lana de vidrio. Las propiedades de muchas masas fundidas de lanas de roca a dichas temperaturas son a menudo inadecuadas para la fibrización en una copa giratoria.

60 La temperatura del proceso de fibrización en una copa giratoria suele estar limitada entre 1150-1220 °C, tanto desde el punto de vista del coste como del material de construcción. Las propiedades de fusión de muchas masas fundidas de lana de roca a menudo son inadecuadas para la fibrización en una copa giratoria a dichas temperaturas.

65

Las masas fundidas de lana de roca estándar pueden contener, según el método de fusión, importantes impurezas de hierro metálico (Fe(0)). El hierro metálico puede obstruir los orificios de la copa giratoria y también puede provocar la corrosión de la copa giratoria, lo que aumenta la frecuencia con la que es necesario repararla o reemplazarla.

5 Además de las propiedades de una masa fundida, como la viscosidad y la temperatura de *liquidus*, también deben tenerse en cuenta las propiedades de las fibras resultantes. De estas propiedades, la biosolubilidad y la estabilidad a altas temperaturas son de particular importancia.

10 En los últimos años, la biosolubilidad se ha añadido a los criterios han de cumplir las fibras vítreas artificiales. Es decir, las fibras deben poder disolverse rápidamente en un medio fisiológico. En el caso de las fibras de lana de roca, la biosolubilidad se refiere al entorno fisiológico de los macrófagos de los pulmones. Por lo tanto, es importante que se disuelva rápidamente a un pH 4,5, con el objetivo de prevenir cualquier posible efecto adverso derivado de la inhalación de fibras finas.

15 La estabilidad a altas temperaturas también es una propiedad muy deseable en las fibras de lana de roca. Esto no es solo en el contexto de las fibras vítreas artificiales utilizadas específicamente en productos de protección contra incendios, sino también en el contexto de las fibras utilizadas para el aislamiento térmico o acústico en edificios.

20 En el documento WO95/01941 se describen masas fundidas en horno de cubilote destinadas a ser fibrizadas en una copa giratoria. Si bien la masa fundida tiene una viscosidad y una temperatura de *liquidus* adecuadas para su uso en un proceso de fibrización interno, las fibras producidas tienen un bajo nivel de biosolubilidad a un pH 4,5 debido al alto nivel de sílice en la masa fundida. Además, la masa fundida de cubilote a menudo contiene una cantidad cuantificable de hierro metálico que conlleva un riesgo considerable de que las gotitas de hierro metálico obstruyan los orificios de la copa giratoria y, por lo tanto, detengan el proceso de fibrización.

25 En el documento EP1032542, se describen composiciones de fibras biosolubles y resistentes a altas temperaturas. Se establece un amplio rango de SiO₂ y Al₂O₃, y las composiciones han de cumplir los requisitos de R₂O de al menos 10 % en peso y 0 % en peso < MgO < 15 % en peso. Muchos de los ejemplos tienen un contenido de sílice superior al 43 % en peso y, por lo tanto, solo se puede suponer que una parte limitada de los ejemplos descritos es biosoluble a un pH 4,5, de acuerdo con los últimos requisitos de las autoridades. Un nivel de sílice superior al 43 % en peso puede ser particularmente desventajoso, cuando hay un alto nivel de MgO. Un nivel bajo de MgO como en la mayoría de los ejemplos del documento EP1032542 puede resultar en una menor resistencia al fuego. No se describe específicamente ningún proceso de fusión en el documento y no se reconoce el efecto del proceso de fusión sobre las propiedades de la masa fundida y de las fibras.

35 En el documento EP1667939, se describen composiciones de fibras biosolubles resistentes a altas temperaturas. Se requiere al menos un 10 % de R₂O (Na₂O + K₂O) en la composición, lo que se traduce en un alto coste de la materia prima, posibles problemas de emisión en relación con el proceso de fusión y limitaciones en cuanto a las propiedades de alta temperatura de las fibras.

40 Por lo tanto, aunque se han realizado intentos anteriores de proporcionar fibras vítreas artificiales que sean estables a altas temperaturas, biosolubles y que puedan producirse mediante un método de copa giratoria, proporcionar estas características en combinación mientras se mantiene el coste de producción al mínimo ha resultado difícil. Sería deseable proporcionar más composiciones de fibras vítreas artificiales que también cumplan los criterios anteriores o incluso que proporcionen una mejora, especialmente en términos de estabilidad a altas temperaturas en combinación con biosolubilidad. También sería deseable proporcionar dichas fibras vítreas artificiales de una manera económica, con procesos de producción más flexibles y eficientes, y al mismo tiempo, minimizar los problemas ambientales asociados con las emisiones.

50 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una composición de masa fundida para la producción de fibras minerales que tengan una buena resistencia al fuego. Un objeto adicional es proporcionar una composición de masa fundida para la producción de fibras minerales que tengan una buena biosolubilidad. Otro objeto de la invención es proporcionar una masa fundida que sea adecuada para la producción mediante la tecnología de fusión conocida para lana de roca y que sea adecuada para su uso en un método de fibrización con copa giratoria. También es un objeto de la invención proporcionar la masa fundida a bajo coste. Otro objeto es minimizar los problemas con las emisiones. Otro objeto más de la invención es proporcionar un proceso para producir las fibras minerales mediante el método de copa giratoria.

55 Un objeto adicional de la invención es proporcionar fibras minerales que sean biosolubles, estables a altas temperaturas, económicas de producir y que contengan un bajo nivel de material no fibrizado.

En consecuencia, la invención proporciona una composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas artificiales, que comprende los siguientes óxidos, en peso de la composición:

60	SiO ₂	39-43 % en peso
	Al ₂ O ₃	20-23 % en peso
65	TiO ₂	hasta un 1,5 % en peso

ES 2 577 014 T5

		Fe_2O_3	5-9 % en peso
		CaO	8-18 % en peso
5		MgO	5-7 % en peso
		Na_2O	2-7 % en peso
		K_2O	3-7 % en peso
10		P_2O_5	hasta un 2 %
		MnO	hasta un 2 %
		R_2O	hasta un 10 % en peso

15 en la que la proporción de Fe (2+) es superior al 80 % con respecto al Fe total y es preferiblemente de al menos el 90 %, más preferiblemente, de al menos el 95 % y, con máxima preferencia, de al menos el 97 % con respecto al Fe total.

20 En esta memoria descriptiva, el contenido en hierro presente en la masa fundida o MMVF se calcula y se expresa como Fe_2O_3 . Esta es una manera estándar de cuantificar la cantidad de hierro presente en la MMVF, una carga o una masa fundida. Cuando se indica Fe_2O_3 , se entiende el contenido total en hierro. El porcentaje en peso real de FeO y Fe_2O_3 presentes variará con respecto a la relación óxido de hierro y/o estado redox de la masa fundida. Como ejemplo,

	Fe(3+)	$\text{Fe(2+)/Fe(3+) = 80/20}$		$\text{Fe(2+)/Fe(3+) = 97/3}$	
25	Fe_2O_3	FeO	Fe_2O_3	FeO	Fe_2O_3
	% peso a peso	% peso a peso	% peso a peso	% peso a peso	% peso a peso
	Fe_2O_3	FeO	Fe_2O_3	FeO	Fe_2O_3
30	5,0	3,6	1,0	4,4	0,15
	6,0	4,3	1,2	5,2	0,18
	7,0	5,0	1,4	6,1	0,21
35	8,0	5,8	1,6	7,0	0,24

Por lo tanto, el experto en la técnica comprenderá que el porcentaje en peso real de los óxidos de hierro presentes, dependerá de la relación de Fe(2+) a Fe(3+) .

40 En la invención, el porcentaje de Fe(2+) y Fe(3+) con respecto al Fe total se mide mediante espectroscopía de Mössbauer, como se describe más adelante y se refiere al porcentaje de hierro en estos estados de oxidación más que a los porcentajes en peso basados en óxidos.

45 En un aspecto adicional, la invención también proporciona fibras vítreas artificiales que tienen la composición anterior.

En un aspecto adicional, la invención proporciona un método para formar fibras vítreas artificiales, fibrizando la composición de masa fundida anterior para formar fibras y recogiendo las fibras formadas.

50 En un aspecto adicional, la invención proporciona un método para formar la composición de masa fundida de la invención, que comprende calentar y fundir material mineral en un horno y, si es necesario, ajustar el estado de oxidación de la masa fundida, de manera que la proporción de Fe(2+) con respecto al Fe total sea superior al 80 %.

55 Los inventores han descubierto que la composición de la invención tiene una combinación de propiedades altamente deseable. Las fibras producidas no solo presentan una buena estabilidad a altas temperaturas y una buena biosolubilidad, sino que también es posible producirlas con un método de copa giratoria, que permite la producción con una cantidad baja de material no fibrizado (a menudo menos del 2 % en peso del material recogido) y hace que las fibras recolectadas queden en mayor medida en el plano del colector. Esto, a su vez, permite fabricar productos con un mejor aislamiento térmico (menor valor λ). Además, estas propiedades se consiguen a pesar del bajo nivel de óxidos de metales alcalinos en la composición, lo que resulta en ventajas económicas y medioambientales.

60 La fusión de materias primas para la lana de vidrio no exige muchas consideraciones con respecto al estado redox del proceso de fusión o durante la fibrización. Ninguno de los óxidos de la composición de masa fundida de lana de vidrio convencional es muy sensible al estado redox durante la fusión. El estado redox en el horno se oxida de manera convencional y más eficiente.

65

Por el contrario, cuando se produce lana de roca que es estable a altas temperaturas, el estado redox de la masa fundida es clave. Se ha descubierto que la masa fundida debe contener un contenido en Fe(2+) lo más alto posible y que el contenido en Fe(3+) debe suprimirse.

5 Preferiblemente, el contenido de Fe (0) también debería estar cerca de cero. El contenido en Fe(0) se puede determinar usando mediciones realizadas en un analizador magnético, tal como el MA-1040 fabricado por Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, GA, EE. UU. Al llevar a cabo las mediciones, es preferible que la muestra tenga un intervalo de tamaño de partícula estrecho. Esto se puede garantizar, por ejemplo, mediante una combinación de trituración y tamizado. Por ejemplo, se podría usar una combinación de trituración y tamizado para garantizar que todas las partículas de la muestra pasen a través de un tamiz de 1,6 mm, pero no pasen a través de un tamiz de 1 mm. Alternativamente, la muestra se puede triturar para que todas las partículas pasen a través de un tamiz de 125 µm.

10 Como sabrá un experto en la técnica del análisis magnético, al medir niveles bajos de hierro metálico, la cantidad de Fe(II) y Fe(III) presentes, debido a su naturaleza paramagnética, puede tener un efecto en la medición del nivel de Fe(0) leído en el analizador magnético. Esto se debe al hecho de que el analizador magnético mide una respuesta que incluye la contribución del ferromagnetismo, el ferrimagnetismo y las contribuciones más pequeñas del paramagnetismo y el diamagnetismo.

15 Por lo tanto, en el contexto de la invención, incluso cuando no haya Fe(0), el nivel medido de Fe(0) normalmente será distinto de cero, debido a la presencia requerida de Fe(II) en la composición. Sin embargo, en el contexto de composiciones que comprenden del 5-9 % en peso de hierro (medido como Fe₂O₃) y en las que la proporción de Fe(II) es superior al 80 % con respecto al Fe total, tal como se requiere en la invención, se ha descubierto que ciertos valores medidos preferidos leídos en el analizador magnético son indicativos de niveles ventajosamente bajos de Fe(0) en la composición.

20 Preferiblemente, el valor de lectura o medición del contenido en Fe(0), medido usando un analizador magnético, es inferior a 900 ppm, preferiblemente, inferior a 800 ppm, más preferiblemente, inferior a 600 ppm, más preferiblemente, inferior a 500 ppm y, con máxima preferencia, inferior a 350 ppm. Se ha descubierto que estos valores para la lectura del analizador magnético corresponden a composiciones con un nivel real de Fe(0), que es esencialmente cero o al menos lo suficientemente bajo para que la composición se use para formar fibras usando una copa giratoria. Como se ha analizado anteriormente, el valor de la lectura puede ser el resultado, parcial o incluso total de la contribución paramagnética del Fe(II) y el Fe(III).

25 Cuando se produce masa fundida de lana de roca para hilar en copa, es importante adaptar el proceso de fusión con mucho cuidado. En consecuencia, el estado redox ha de tenerse en cuenta durante la fusión de las materias primas y la fibrización de las masas fundidas de lana de roca. Esto incluye la consideración de factores como la elección de las materias primas, el procesamiento de fusión, el procesamiento de fibrización y, por último, las propiedades de las fibras y los productos finales. La razón básica de esto es que el elemento Fe es muy sensible al estado redox durante la fusión y desempeña un papel importante en las condiciones de fusión, la reología de la fusión, la fibrización y las propiedades finales de la fibra.

30 La sílice y la alúmina son importantes formadores de redes en la masa fundida. La cantidad de sílice presente, en particular, ayuda a garantizar que la viscosidad de la masa fundida sea adecuada para la formación de fibras en un método de copa giratoria. La cantidad de alúmina presente en particular ayuda a garantizar que las fibras formadas sean biosolubles.

35 Según la invención, el contenido en SiO₂ en la composición de masa fundida y fibra está en el intervalo del 39 al 43 % en peso con respecto a la composición. Preferiblemente, el nivel de SiO₂ está en el intervalo del 39 al 42,5 % en peso, más preferiblemente, en el intervalo del 40 al 42 % en peso.

40 El nivel de Al₂O₃ está en el intervalo del 20 al 23 % en peso. Preferiblemente, está en el intervalo del 20 al 22,5 % en peso. Se ha descubierto que este nivel, cuando se combina con los niveles de otros óxidos según la invención, proporciona una combinación óptima de propiedades en términos de biosolubilidad de las fibras y temperatura del *liquidus*.

45 Las fibras y la masa fundida pueden contener TiO₂ a un nivel de hasta el 1,5 %. Se ha descubierto que un nivel más alto de TiO₂ tiene un efecto negativo en la biosolubilidad de las fibras. Preferiblemente, la composición contiene del 0,4 al 1 % en peso de TiO₂, más preferiblemente, del 0,4 al 0,8 % en peso.

50 Las fibras y la masa fundida contienen del 5 al 9 % en peso de Fe₂O₃. Preferiblemente, el nivel de Fe₂O₃ es del 5 al 8 % en peso. Se ha descubierto que este nivel de hierro, en combinación con MgO a un nivel del 5-7 % en peso, proporciona fibras con una buena estabilidad a altas temperaturas.

55 El nivel de hierro presente en cada estado de oxidación se expresa como un porcentaje de Fe(3+), Fe(2+) y Fe(0), con respecto al hierro total presente. El porcentaje se mide usando espectroscopía de Mössbauer como se describe a continuación. El porcentaje de Fe(2+) y Fe(3+) presente variará según el estado redox de la masa fundida.

60 Las buenas propiedades de resistencia al fuego y una baja temperatura de *liquidus* se asocian con un alto nivel de hierro ferroso y un bajo nivel de hierro férrico en combinación con MgO, a un nivel del 5-7 % en peso. Según la presente

invención, por lo tanto, más del 80 % del hierro total está presente como Fe(2+). Preferiblemente, al menos el 90 %, más preferiblemente, al menos el 95 % y, con máxima preferencia, el 97 % del hierro total está presente como Fe(2+).

5 La proporción de Fe(3+) con respecto al Fe total en la composición es preferiblemente inferior al 20 %, preferiblemente, inferior al 10 %, más preferiblemente, inferior al 5 % y, con máxima preferencia, inferior al 3 %.

10 La alta concentración de Fe(2+) también reduce la temperatura de *liquidus* de la composición fundida en relación con una composición fundida oxidada, donde la porción principal del óxido de hierro se encuentra en forma de Fe(3+). Esto contribuye a la idoneidad de la masa fundida para su uso en un método de centrifugación interna.

Se puede determinar la cantidad de Fe(2+) y Fe(3+) utilizando la espectroscopía de Mössbauer, que se describe en "The Ferric/Reous Ratio in Basalt Melt at Different Oxygen Pressures", Helgason y col., *Hyperfine Interact.*, 45 (1989) págs. 287-294.

15 El nivel de hierro metálico Fe(0) también se puede determinar usando la espectroscopía de Mössbauer, como se describe en esta referencia, cuando la concentración es lo suficientemente alta, es decir, por encima de un valor umbral relativamente alto. En relación con la invención, el nivel de hierro metálico en las fibras y en la composición de masa fundida es generalmente de un nivel tan bajo que es indetectable utilizando este método.

20 Se ha descubierto que la presencia de hierro metálico, es decir, Fe(0) puede obstruir los orificios y provocar la corrosión de la copa giratoria durante el proceso de fibrización y, por lo tanto, reducir su vida útil. En la práctica comercial, esto aumentará los costes de producción y mantenimiento, y reducirá la rentabilidad. En consecuencia, es muy ventajoso que el método de producción según la invención dé como resultado una masa fundida (la alimentación de la masa fundida a la hiladora) sin cantidades significativas de hierro metálico. Preferiblemente, la lectura del nivel de Fe(0) en la masa fundida medida, como se ha descrito anteriormente, usando un analizador magnético, tal como el MA-1040 fabricado por Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, GA, EE. UU., es inferior a 900 ppm, preferiblemente, inferior a 800 ppm, más preferiblemente, inferior a 600 ppm, más preferiblemente, inferior a 500 ppm y, con máxima preferencia, inferior a 350 ppm. Como se ha descrito anteriormente, se ha descubierto que estos valores para la lectura del analizador magnético corresponden a composiciones con un nivel real de Fe(0), que es esencialmente cero o al menos lo suficientemente bajo para que la composición se use para formar fibras usando una copa giratoria.

El nivel de Fe(0) también se puede examinar mediante el uso de microondas, para determinar las propiedades dieléctricas de la masa fundida o de las fibras producidas.

35 Preferiblemente, la proporción de Fe(0) con respecto al Fe total en la masa fundida y en las fibras vítreas artificiales es cero o al menos tan baja, que el examen de las propiedades dieléctricas de las fibras dé como resultado un factor de pérdida ϵ'' inferior a 0,02, preferiblemente, inferior a 0,01. ϵ'' es el factor de pérdida y se mide usando microondas de la frecuencia dada, en este caso 2450 Hz. Este bajo valor del factor de pérdida significa la ausencia de hierro metálico en la masa fundida y en las fibras minerales o al menos un nivel muy bajo, que no perturba el proceso de hilatura, ni reduce la vida útil de la copa giratoria.

45 Cuanto mayor sea el nivel de MgO, en combinación con el nivel de Fe(2+) requerido en la invención, mejores serán las propiedades ignífugas de las fibras y de los productos fabricados usando las fibras, pero una desventaja puede ser el aumento de la temperatura del *liquidus* si el nivel de MgO es demasiado alto. Según la presente invención, el nivel de MgO en la composición está en el intervalo del 5 al 7 % en peso, preferiblemente, del 5,5 al 6,0 % en peso. Esto proporciona una buena estabilidad a altas temperaturas en combinación con el contenido en Fe(2+) requerido según la invención. Se logra una temperatura de *liquidus* baja, combinando el nivel requerido de MgO con los porcentajes de otros óxidos presentes en la composición y el estado redox caracterizado por el nivel de Fe(2+) requerido en la invención.

50 La cantidad de CaO según la invención es del 8 al 18 % en peso, preferiblemente, del 10 al 16 % en peso y, más preferiblemente, del 13 al 16 % en peso. Este nivel de CaO es ventajoso para la biosolubilidad de las fibras y para una temperatura de líquido baja.

55 La cantidad combinada (R₂O) de metal alcalino (Na₂O y K₂O) es de hasta el 10 % en peso, preferiblemente, de hasta menos del 10 % en peso, más preferiblemente, del 6 al 9,5 % en peso. Cuando está presente, el álcali ayuda a disminuir la temperatura de *liquidus*. Se ha descubierto que se puede tolerar un nivel de álcali del 10 % o menos, combinándolo con los niveles de óxidos de calcio y hierro requeridos en la invención. De esta manera, el coste de las materias primas se puede mantener al mínimo mientras se mantiene una temperatura de líquido que sea aceptable para la centrifugación interna.

60 Se cree además que las cantidades limitadas de Na₂O y K₂O favorecen las excelentes propiedades de alta temperatura de las fibras, mientras que cantidades más altas tienden a afectar negativamente a las propiedades de alta temperatura de las fibras según la invención.

Según la invención, el nivel de Na₂O es del 2 al 7 % en peso. El nivel de K₂O es del 3 al 7 % en peso.

65

También se ha descubierto que la relación entre K_2O y Na_2O afecta a las propiedades de la masa fundida. Se ha descubierto que la viscosidad óptima se consigue con una relación de 1:1 a 1:2. Se ha descubierto que las relaciones en este intervalo están asociadas con una viscosidad reducida en la masa fundida.

5 Una ventaja de la invención es que las fibras tienen una buena biosolubilidad a pH 4,5. Esta biosolubilidad puede determinarse mediante medios conocidos, por ejemplo, *in vitro*, en términos de una velocidad de disolución a un pH ácido (solución de Gamble a un pH aproximado de 4,5). Alternativamente, la biosolubilidad puede determinarse *in vivo* de manera conocida.

10 Las fibras vítreas artificiales de la invención presentan una excelente resistencia al fuego a 1000 °C. Las fibras vítreas artificiales se pueden convertir en un producto para su uso en cualquiera de las aplicaciones convencionales de las fibras vítreas artificiales, tales como aislamiento acústico o térmico, protección contra incendios, sustratos de crecimiento, forros de freno y control de vibraciones. El producto se puede usar en entornos de alta temperatura, tales como al menos de 400 °C y de hasta 1000 °C.

15 Una de las principales ventajas de las fibras de la invención es que pueden producirse mediante un proceso de hilado en copa, como ocurre en el método de la invención. El método de producción de fibras vítreas artificiales según la invención implica fibrizar una composición de masas fundida de la invención y recoger las fibras formadas, en el que la fibrización se realiza mediante un método de copa giratoria.

20 Al usar este método, hay una menor cantidad de material mineral no fibrizado (material en grano o granalla) presente en el producto de fibra vítrea artificial resultante, en comparación con un producto producido mediante hilatura en cascada. Por lo tanto, según la invención, preferiblemente, hay menos del 4 % en peso de material mineral no fibrizado presente en un producto de fibra vítrea artificial formado a partir de las fibras de la invención o mediante el método de la invención. Más preferiblemente, hay menos del 2 % y, con máxima preferencia, menos del 1 % en peso de material mineral no fibrizado presente en el producto de fibra vítrea artificial. El material mineral no fibrizado se define como una carga sólida con un diámetro de partícula superior a 63 micrómetros.

30 Además, las fibras minerales producidas mediante un método de copa giratoria se depositan en la correa colectora de tal manera, que están orientadas paralelas al plano del colector, en mayor medida que las fibras producidas utilizando una hiladora en cascada. Esto permite que se produzcan productos aislantes, en los que las fibras están orientadas paralelas a la superficie por aislar, en mayor medida que en los productos producidos con un método de hilado en cascada. Por lo tanto, el valor λ de los productos de la invención puede ser inferior a 40 mW/m·K, a menudo inferior a 36 mW/m·K, posiblemente inferior a 33 mW/m·K e incluso inferior a 31 mW/m·K.

35 La composición de masa fundida de la invención se puede producir calentando y fundiendo material mineral en un horno y, si es necesario, ajustando el estado de oxidación de la masa fundida, de manera que la proporción de $Fe(2+)$ con respecto al Fe total sea superior al 80 %, preferiblemente, superior al 90 %, más preferiblemente, superior al 95 %, con máxima preferencia, superior al 97 %.

40 Se sabe que las fibras fabricadas mediante el proceso de hilado en cascada tienen la misma relación de $Fe(2+)$ con respecto al Fe total que se mide en la composición de masa fundida vertida en la rueda. Para el proceso de hilado en cascada, el aire frío es el medio para el estirado de fibras.

45 El proceso de hilado en copa es completamente diferente al del hilado en cascada, ya que las fibras se atenúan con aire caliente a temperaturas de entre 1300-1500 °C. El aire de atenuación tiene un exceso de oxígeno y cabe esperar que oxide los filamentos básicos, que se extruyen fuera de los orificios de la copa giratoria para una mayor atenuación en el gas caliente.

50 Sin embargo, es sorprendente que el gas de atenuación oxidante caliente durante la atenuación de la fibra a lo largo del lado de la pared exterior del proceso de hilatura en copa no oxide las fibras y que el estado redox en las fibras finales se mantenga como en la masa fundida.

55 Los exámenes de la masa fundida y las fibras muestran proporciones idénticas de $Fe(2+)$ con respecto al Fe total.

Las materias primas que se utilizan como material mineral se pueden seleccionar, como se sabe, de una variedad de fuentes. Estas incluyen basalto, diabasa, nefelita sienita, vidrio de desecho, bauxita, arena de cuarzo, caliza, rasorita, tetraborato de sodio, dolomita, sosa, arenas de olivino, fonolita, feldespatos potásico, arena de granate y potasa.

60 En algunas realizaciones, el material mineral se funde de tal manera, que una composición de masa fundida presenta la proporción requerida de $Fe(2+)$ desde el principio. Sin embargo, la invención también abarca métodos en los que el método de fusión no produce automáticamente la proporción requerida de $Fe(2+)$. En estas realizaciones, el estado redox de la masa fundida mineral producida inicialmente como masa fundida ha de ajustarse antes del casquillo, donde la masa fundida se alimenta o vierte en la copa o copas giratorias, de manera que la proporción de $Fe(2+)$ con respecto al Fe total sea superior al 80 %.

En una modalidad, el horno es un horno eléctrico, preferiblemente un horno de arco sumergido, que usa electrodos de grafito. Preferiblemente, los electrodos de grafito están en contacto con el material mineral. Los electrodos de grafito, generalmente, se sumergen, al menos parcialmente, en la masa fundida. Se conocen varios tipos de electrodos de grafito y se pueden usar en un horno de arco sumergido. Preferiblemente, los electrodos de grafito en el horno de arco sumergido son electrodos de grafito sólido formados previamente. La ventaja de usar electrodos de grafito es que incrementan el nivel de Fe(2+) presente en la masa fundida, lo que resulta en unas MMVF que presentan una alta resistencia a temperaturas de hasta 1000 °C.

En esta realización, la composición de masa fundida producida generalmente presenta la proporción requerida de Fe(2+) desde el principio. Por lo tanto, generalmente no es necesario ajustar el estado redox de la masa fundida en una etapa posterior. Sin embargo, en algunos casos puede ser ventajoso proporcionar medidas para mantener el estado redox de la masa fundida procedente del horno hasta su hilatura.

Se ha descubierto que el uso de un horno de arco sumergido para producir la composición de masa fundida, en combinación con la fibrización de la masa fundida mediante un proceso de hilado en copa es particularmente adecuado para formar las fibras de la invención. Cuando se forman mediante este proceso, las fibras presentan una resistencia al fuego particularmente buena y comprenden niveles bajos de granalla. Se cree que la estabilidad a altas temperaturas está asociada al hecho de que, las fibras resultantes presentan un alto contenido en hierro en forma de Fe(2+), en combinación con el contenido en MgO especificado según la invención. La condición redox en el proceso de proporcionar la masa fundida, combinada con el uso de un proceso de hilado en copa, influyen en la cantidad de cada uno de los posibles óxidos de hierro en la masa fundida y en las propiedades finales de las MMVF, producidas a partir de la masa fundida.

Se ha descubierto que, con el uso de electrodos de grafito, en particular, se pueden producir masas fundidas, que son significativamente mejores en términos de homogeneidad y nivel de impurezas, como gotitas de hierro metálico con un tamaño de unos pocos micrómetros y que son totalmente adecuadas para la fibrización mediante el proceso de hilado en copa, en comparación con los métodos convencionales de fusión en cubilote. Este parece ser el caso, incluso si la química general en términos de concentración de Fe(2+) con respecto al Fe total es la misma. Esto ocurre a pesar del hecho de que el proceso de fusión del horno de arco sumergido, al igual que el cubilote, genera pequeñas cantidades de hierro metálico (el llamado "arrabio"), que se acumula en el horno. Sin embargo, este hierro metálico acumulado sorprendentemente no aparece en la masa fundida que sale de la salida del horno de arco sumergido, ni en el canal de alimentación (también conocido como antecrisol), ni en las fibras formadas durante el proceso. Si lo hay, el nivel de hierro metálico, Fe(0) es tan bajo que no perturba el proceso de fibrización.

Cualquier cantidad de Fe(0) que pueda haber es indetectable mediante espectroscopía de Mössbauer (y normalmente es muy baja, como se ha indicado anteriormente) en la masa fundida alimentada a las copas giratorias y en el producto final para los hornos de arco sumergido, mientras que este no es el caso en relación con la masa fundida de un horno de cubilote.

Se ha descubierto que las fibras producidas a partir de una masa fundida, producida en un horno convencional de cubilote calentado por coque actúan de manera significativamente diferente en relación con la absorción de microondas (propiedades dieléctricas), en comparación con las fibras producidas, como se prefiere en la invención, a partir de una masa fundida producida en un horno eléctrico, en particular, un horno de arco sumergido, donde la energía para fundir se transfiere a la masa fundida mediante electrodos de grafito.

Para determinar las propiedades dieléctricas, las losas de fibra de lana mineral de MMVF sin aglutinante producidas mediante el mismo método de hilado y que tienen la misma composición química, pero con su origen en diferentes procesos de fusión, horno de arco sumergido en comparación con horno de cubilote calentado por coque, se han analizado macroscópicamente por absorción de energía transferida por microondas. En particular, se ha determinado para las fibras el "factor de pérdida dieléctrica" ϵ'' . Si la masa fundida para fabricar las fibras de lana de roca se ha producido en un horno de cubilote convencional calentado por coque, se descubre que las fibras formadas tienen un factor de pérdida dieléctrica en el intervalo $0,05 < \epsilon'' < 0,07$. Por otro lado, si la masa fundida para fabricar la MMVF se ha fundido en un horno con electrodos de grafito, las fibras formadas a partir de la masa fundida tienen un bajo ϵ'' . El factor de pérdida ϵ'' era $< 0,02$, lo que significa que las fibras no absorben energía de las microondas. Este nivel de ϵ'' es esencialmente el mismo que para la fibra de vidrio o la lana de vidrio. Para estos dos productos, se sabe que no puede haber hierro metálico detectable (como resultado de las condiciones oxidantes del proceso de fusión), aunque pudiera haber cantidades menores de Fe₂O₃ cuantificables en la composición química de la masa fundida de vidrio.

A pesar del "factor de pérdida" dieléctrica muy bajo para las fibras de lana de piedra que se producen a partir de las masas fundidas elaboradas, como una de las posibles realizaciones de esta invención, esta masa fundida aún presenta un contenido muy alto en Fe(2+) con respecto al Fe total.

En una modalidad alternativa, la etapa de calentamiento y fusión del material mineral en un horno comprende:

Suspender el combustible carbonoso en polvo en el aire de combustión precalentado y quemar el combustible carbonoso suspendido para formar una llama,

suspender el material mineral particulado que se ha precalentado, preferiblemente, a al menos 500 °C, más preferiblemente, a al menos 700 °C en la llama y fundir el material mineral en una cámara de combustión circulante, y formar así la composición fundida.

5 Los métodos adecuados se describen, por ejemplo, en el documento WO 03/02469. En una modalidad preferida, los gases de escape calientes se producen en la cámara de combustión circulante y el método comprende además:

separar los gases de escape calientes de la masa fundida y recoger la masa fundida,

10 poner en contacto los gases de escape de la masa fundida en un precalentador ciclónico en condiciones de reducción de NOx con el material mineral particulado que se va a fundir y, por lo tanto, reducir el NOx en los gases de escape y precalentar el material particulado, preferiblemente, a al menos 500 °C, más preferiblemente, a al menos 700 °C y

15 proporcionar el aire de combustión precalentado mediante el intercambio de calor del aire con los gases de escape del precalentador ciclónico.

20 Cuando este método de producción de la masa fundida se usa en condiciones correctamente controladas con respecto al estado redox, generalmente la masa fundida tiene la proporción requerida de Fe(2+) desde el principio. Se cree que durante la producción de una masa fundida mineral mediante este proceso, se deposita material carbonoso sobre la superficie de la masa fundida, lo que crea el estado de oxidación deseado en la masa fundida. Por lo tanto, generalmente no es necesario ajustar el estado de oxidación de la masa fundida en una etapa posterior.

25 En otra realización del método según la invención, el horno es un horno de vidrio convencional o un fundidor de basalto, que puede calentarse eléctricamente o, a menudo, calentarse con una combinación de calentamiento eléctrico y calentamiento con gasóleo y/o gas. Los hornos que entran en esta categoría se describen en el documento US6125658. Cuando el horno es un horno de vidrio convencional o un fundidor de basalto, por lo general, la masa fundida mineral no tiene la proporción deseada de Fe(2+) desde el principio. En cambio, es necesario ajustar el estado redox de la masa fundida mineral, de manera que la proporción de Fe(2+) con respecto al Fe total sea superior al 80 %, antes de que la masa fundida pase a través del casquillo o casquillos de alimentación a la copa o copas giratorias.

30 El ajuste del estado de oxidación de la masa fundida se puede llevar a cabo de cualquier manera, de forma que la composición de la masa fundida resultante presente una proporción de Fe(2+) con respecto al Fe total superior al 80 %, preferiblemente, de al menos el 90 %, más preferiblemente, de al menos el 95 % y, con máxima preferencia, de al menos el 97 %.

35 En una realización, la etapa de ajustar el estado de oxidación de la masa fundida mineral comprende someter la masa fundida mineral a un potencial eléctrico. Preferiblemente, el potencial eléctrico se aplica con electrodos de grafito. Normalmente, los electrodos de grafito están, al menos parcialmente, sumergidos en la masa fundida. Se ha descubierto que los métodos descritos anteriormente producen masas fundidas, que contienen niveles bajos o indetectables de hierro metálico, lo que permite que la masa fundida se fibrice en una copa giratoria, sin encontrar problemas de obstrucción de los orificios de la copa giratoria.

40 Uno de los aspectos del método de la invención implica fibrizar una composición de masa fundida de la invención mediante un método de copa giratoria, para formar fibras y recoger las fibras.

45 Sin embargo, antes de fibrizar la masa fundida, puede ser ventajoso homogeneizar la masa fundida en un refinador o en una unidad de alimentación. Esto puede garantizar que la temperatura, la viscosidad y la composición química sean consistentes en toda la masa fundida. Sin embargo, para que la composición de masa fundida siga siendo adecuada para la fibrización mediante un método de copa giratoria, es importante que el estado redox de la composición de masa fundida permanezca tal, que la proporción de Fe(2+) con respecto al Fe total sea superior al 80 %.

50 La masa fundida se fibriba usando una copa giratoria como se conoce en la técnica. Una ventaja de la invención es que la masa fundida tiene una temperatura de *liquidus* T_{liq} baja. Esto permite que las fibras se produzcan mediante un método de copa giratoria a una temperatura económica. Se ha descubierto que la masa fundida que se fibriba para producir las fibras de la invención generalmente presenta una temperatura de *liquidus* inferior a 1220 °C. La T_{liq} puede medirse según el método ASTM C829-81. Preferiblemente, la masa fundida presenta una temperatura de *liquidus* inferior a 1220 °C. Más preferiblemente, la temperatura de *liquidus* de la masa fundida es inferior a 1200 °C. Aún más preferiblemente, la temperatura de *liquidus* es inferior a 1180 °C. Con máxima preferencia, la temperatura de *liquidus* de la masa fundida es inferior a 1160 °C o incluso inferior a 1150 °C. La temperatura del líquido es normalmente superior a 1100 °C.

60 La viscosidad de la masa fundida a la temperatura de *liquidus* es generalmente superior a 100 Pa.s, preferiblemente, superior a 300 Pa.s y, más preferiblemente, superior a 600 Pa.s.

65 En el contexto de las fibras producidas mediante el método de copa giratoria, es particularmente importante tener una temperatura de *liquidus* baja, para evitar durante el hilado la formación de cristales en la masa fundida (y el consiguiente riesgo de obstrucción de las aberturas en la copa giratoria). De esta manera, la ventaja de presentar una

temperatura de *liquidus* baja para la composición de masa fundida es que el proceso de fibrización puede ejecutarse a temperaturas correspondientes más bajas y, por lo tanto, con menores costes, especialmente con respecto a la energía para fibrización y desgaste de materiales, como el equipo quemador de gas caliente y la copa giratoria.

5 En el método de la invención, la masa fundida se fiberiza mediante la tecnología de copa giratoria (también denominada, algunas veces, centrifugación interna). La masa fundida presenta una temperatura en el extremo del canal alimentador en el intervalo de 1260-1300 °C, antes de que sea conducida a la copa giratoria. La masa fundida se enfría, preferiblemente, cuando se transfiere desde el canal alimentador hasta la parte interna de la copa giratoria, de tal manera que para la masa fundida cuando fluye a través de las perforaciones de la copa giratoria, la temperatura sea superior a su temperatura de *liquidus*. La temperatura de la masa fundida debe ser lo más baja posible para reducir el desgaste del equipo, pero lo suficientemente alta para evitar problemas de formación de cristales en la masa fundida durante la hilatura (y el consiguiente riesgo de obstrucción de las aberturas de la copa giratoria).

15 La viscosidad de la masa fundida en la copa giratoria está en el intervalo de 50 a 400 Pa.s, preferiblemente, de 100 a 320 Pa.s, más preferiblemente, de 150 a 270 Pa.s. Si la viscosidad es demasiado baja, no se forman fibras del espesor deseado. Si la viscosidad es demasiado alta, la masa fundida no fluye a través de las aberturas y la copa giratoria a la velocidad de tracción correcta, lo que puede ocasionar la obstrucción de las aberturas en la copa giratoria.

20 La masa fundida se fiberiza, preferiblemente, mediante el método de copa giratoria a una temperatura de entre 1160 y 1210 °C. La viscosidad de la masa fundida está preferiblemente en el intervalo de 100 a 320 Pa.s a la temperatura de hilado. La viscosidad se mide según la norma ASTM C 965-96. Estos intervalos de viscosidad significan que se pueden usar métodos de procesamiento con copas giratorias para proporcionar las fibras de la invención.

25 El aglutinante se puede aplicar a las fibras y las fibras se pueden recoger en forma de red. Cuando se aplica un aglutinante a las fibras, normalmente se selecciona de entre un aglutinante de fenol-formaldehído, un aglutinante de urea-formaldehído, un aglutinante de fenol-urea-formaldehído, un aglutinante de melamina-formaldehído, resinas de condensación, acrilatos y otras composiciones de látex, polímeros epoxídicos, silicato de sodio y productos termofusibles de polímeros de poliuretano, polietileno, polipropileno y politetrafluoroetileno.

30 En una realización alternativa, no se aplica ningún aglutinante y las fibras se recogen en forma de lana mineral suelta.

Si lo hay, el nivel de Fe(0) presente en las fibras también se refleja en sus propiedades dieléctricas, probadas mediante la absorción de la energía transferida por las microondas. En particular, el factor de pérdida dieléctrica ϵ'' es bajo para las fibras que no tienen trazas de hierro metálico. El factor de pérdida ϵ'' para las fibras es preferiblemente inferior a 0,02, preferiblemente $> 0,01$, lo que significa que las fibras no absorben energía de las microondas. Este nivel de ϵ'' es esencialmente el mismo que para la lana de vidrio, en la cual se sabe que no hay hierro metálico detectable (como resultado de las condiciones oxidantes en el proceso de fusión), aunque pudiera haber Fe₂O₃ cuantificable en la composición química general para la masa fundida de vidrio.

40 **Ejemplos**

Una de las ventajas de la invención es que las fibras presentan una mejor estabilidad a altas temperaturas y biosolubilidad, en comparación con las fibras que presentan una menor proporción de Fe(2+) y una mayor proporción de Fe(3+). Esta ventaja se demuestra en el siguiente ejemplo.

45 Las fibras se produjeron mediante un método de copa giratoria con las siguientes composiciones expresadas como porcentaje en peso de óxidos:

Ejemplo	1 (comparativo)	2
SiO ₂	41,5	41,4
Al ₂ O ₃	22,3	21,8
TiO ₂	0,7	0,4
Fe ₂ O ₃	6,0	6,7
CaO	14,2	14,9
MgO	5,3	5,6
Na ₂ O	2,5	2,8
K ₂ O	6,7	6,4
P ₂ O ₅	0,1	<0,1
MnO	<0,1	<0,1

ES 2 577 014 T5

Ejemplo	1 (comparativo)	2
% Fe(2+) con respecto al Fe total	21	>97
Kdis ng/cm ² /h	>600	>600

5

A continuación, se examinaron las fibras para determinar la estabilidad a alta temperatura y los resultados se muestran en la figura 1. La prueba de estabilidad a altas temperaturas (a veces también denominada resistencia a la temperatura, estabilidad al fuego o resistencia al fuego) se realizó colocando la muestra en un horno a una temperatura específica y manteniendo la muestra a esa temperatura durante 30 minutos. Las muestras que se muestran en la figura 1 se colocan en cuencos, que tienen un diámetro exterior de 7,5 cm y un diámetro interior de 4,2 cm.

10

Las fibras también se examinaron para determinar su biosolubilidad en pruebas de flujo *in vitro* (solución Gamble pH 4,5).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas artificiales que comprende los siguientes óxidos, en peso de la composición:

5

SiO ₂	39-43 % en peso
Al ₂ O ₃	20-23 % en peso
TiO ₂	hasta un 1,5 % en peso
Fe ₂ O ₃	5-9 % en peso, preferiblemente, 5-8 % en peso
CaO	8-18 % en peso
MgO	5-7 % en peso
Na ₂ O	2-7 % en peso
K ₂ O	3-7 % en peso
P ₂ O ₅	hasta un 2 %
MnO	hasta un 2 %
R ₂ O	hasta un 10 % en peso

10

15

20

25

en la que la proporción de Fe(2+) es superior al 80 % con respecto al Fe total y es preferiblemente al menos del 90 %, más preferiblemente, de al menos el 95 % y, con máxima preferencia, de al menos el 97 % con respecto al Fe total.

2. Composición de masa fundida según la reivindicación 1, en donde la lectura del contenido de Fe(0) en la masa fundida, medida usando un analizador magnético, es inferior a 900 ppm, preferiblemente, inferior a 800 ppm, más preferiblemente, inferior a 600 ppm, más preferiblemente, inferior a 500 ppm y, con máxima preferencia, inferior a 350 ppm.

30

3. Fibras vítreas artificiales que tienen una composición que comprende los siguientes óxidos, en peso de la composición:

35

SiO ₂	39-43 % en peso
Al ₂ O ₃	20-23 % en peso
TiO ₂	hasta un 1,5 % en peso
Fe ₂ O ₃	5-9 % en peso, preferiblemente, 5-8 % en peso
CaO	8-18 % en peso
MgO	5-7 % en peso
Na ₂ O	2-7 % en peso
K ₂ O	3-7 % en peso
P ₂ O ₅	hasta un 2 %
MnO	hasta un 2 %
R ₂ O	hasta un 10 % en peso

40

45

50

55

en las que la proporción de Fe(2+) con respecto al Fe total es superior al 80 %, preferiblemente, superior al 90 %, más preferiblemente, superior al 95 %, con máxima preferencia, superior al 97 %.

4. Fibras vítreas artificiales según la reivindicación 3, en donde el factor de pérdida dieléctrica ε" de las fibras es inferior a 0,02, preferiblemente, inferior a 0,01.

60

5. Fibras vítreas artificiales según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde la lectura del contenido de Fe(0) en las fibras vítreas artificiales, medida usando un analizador magnético, es inferior a 900 ppm, preferiblemente, inferior a 800 ppm, más preferiblemente, inferior a 600 ppm, más preferiblemente, inferior a 500 ppm y, con máxima preferencia, inferior a 350 ppm.

65

ES 2 577 014 T5

6. Fibras vítreas artificiales según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde la relación entre K_2O y Na_2O calculada en peso de óxidos es de 1:1 a 1:2.
- 5 7. Fibras vítreas artificiales según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en donde las fibras se forman mediante un método de copa giratoria.
8. Método para formar fibras vítreas artificiales, que comprende fibrizar una composición de masa fundida según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 mediante un método de copa giratoria para formar fibras y recoger las fibras formadas.
- 10 9. Método para formar una composición de masa fundida, tal como se define en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende calentar y fundir material mineral en un horno para producir una masa fundida mineral y, si es necesario, ajustar el estado de oxidación de la masa fundida de manera que la proporción de $Fe(2+)$ con respecto al Fe total sea superior al 80 %, preferiblemente, superior al 90 %, más preferiblemente, superior al 95 %, con máxima preferencia, superior al 97 %.
- 15 10. Método según la reivindicación 9, en donde el estado de oxidación de la masa fundida se ajusta sometiendo la masa fundida a un potencial eléctrico, preferiblemente, utilizando electrodos de grafito.
- 20 11. Método según la reivindicación 9, en donde el horno es un horno de arco sumergido, que utiliza preferiblemente electrodos de grafito.
12. Método según la reivindicación 9, en donde la etapa de calentamiento y fusión del material mineral en un horno comprende:
- 25 suspender el combustible carbonoso en polvo en el aire de combustión precalentado y quemar el combustible carbonoso suspendido para formar una llama,
 suspender el material mineral particulado que se ha precalentado, preferiblemente, a al menos 500 °C, más preferiblemente, a al menos 700 °C en la llama y fundir el material mineral en una
30 cámara de combustión circulante y formar así la composición fundida.
13. Producto de fibra vítrea artificial que comprende fibras vítreas artificiales según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7 y un aglutinante.
- 35 14. Producto de fibra vítrea artificial según la reivindicación 13, en donde el producto comprende menos del 4 % de granalla.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

Figura 1



