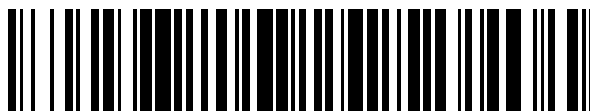


19



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

T3

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: **30.03.2016** **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:

12.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 577 014 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

Composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas sintéticas

Esta invención se refiere a una composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas sintéticas (MMVF). La invención se refiere también a un método de formación de fibras vítreas sintéticas y un método para la formación de una composición de masa fundida.

Es bien conocida la producción de fibras vítreas sintéticas, descritas en muchos casos como fibras minerales, por aportación de una carga de material mineral, fusión de la carga en un horno y fibrización de la masa resultante para formar fibras. Las fibras pueden utilizarse para una diversidad de propósitos, con inclusión de aislamiento térmico e insonorización, protección contra el fuego, sustratos de crecimiento, guarniciones de frenos y control de las vibraciones.

La composición final de las fibras se expresa generalmente en óxidos de los elementos contenidos en las fibras y está bien establecido que la composición de la carga del material mineral, y por tanto la composición de la masa fundida y las fibras finales, pueden influir en las propiedades de utilización de las fibras finales.

Cuando se formula una composición para la producción de fibras vítreas sintéticas, es importante considerar no sólo las propiedades de las fibras finales, sino también el proceso de fusión, las propiedades de la masa fundida, y el impacto de dichas propiedades sobre el proceso de fibrización.

La invención se refiere a fibras vítreas sintéticas del tipo de la lana mineral.

Convencionalmente, las fibras de lana mineral se reducen a fibras utilizando un proceso de centrifugación externa, por ejemplo, por el uso de una centrífuga en cascada. En U.S. 3.159.475, Chen et al. describen dicho proceso en general. GB 1.559.517 representa una descripción más extensa. En este tipo de proceso, se suministra una masa mineral fundida a la superficie de un conjunto de rotores de fibrización que operan en combinación con un aire frío de arrastre para estirado de las fibras a fin de lanzar la masa fundida mineral en forma de fibras. Las fibras se transportan luego en una corriente de aire y se recogen. Usualmente se aplica un aglomerante a las fibras formadas y esto contribuye a la coherencia de una tela formada finalmente, que se genera en muchos casos por consolidación, compresión y curado. En algunos casos, sin embargo, no se utiliza aglomerante alguno y las fibras minerales se recogen como lana mineral sin compactar.

Un método de fibrización alternativo es el proceso de la copa giratoria, al que se hace referencia en muchos casos como centrifugación interna. En este proceso, una masa fundida se reduce a fibras por prensado de la masa a través de orificios en una pared giratoria en forma de copa por rotación a alta velocidad para formar filamentos primarios, que se atenúan luego a las fibras finales por el uso de un aire caliente a 1300-1500°C procedente de un quemador con exceso de oxígeno de la combustión. Las fibras se transportan subsiguientemente en una corriente de aire principal y se recogen luego sobre una cinta transportadora dirigiéndose a su procesamiento ulterior a fin de formar un producto de fibras vítreas sintéticas. El proceso de la copa giratoria tiende a formar productos de fibras vítreas sintéticas que contienen un nivel muy bajo de material no transformado en fibras, en comparación con los métodos de centrifugación externa. Una ventaja adicional es que, cuando se recogen como una tela, las fibras tienden a orientarse en el plano del colector en mayor proporción que con los métodos de centrifugación externa, lo que mejora las propiedades de aislamiento térmico del producto. El nivel de aislamiento térmico proporcionado se expresa en muchos casos como un valor λ (unidades mW/m·K), que es una medida de la conductividad térmica del material de aislamiento.

Tradicionalmente, sin embargo, los procesos de fibrización por centrifugación interna se han utilizado sólo para fibrización de lana de vidrio, que es relativamente rica en óxidos de metal alcalino (especialmente óxido de sodio), tiene un alto contenido de sílice, bajo contenido de 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. Las masas fundidas de lana mineral tradicionales, por el contrario, tienen bajo contenido de sílice, alto contenido de alúmina y contenido menos rico en álcali. Estas composiciones de masa fundida de lana mineral tienen una temperatura del "líquidus" significativamente mayor que las masas fundidas de lana de vidrio.

Para la fibrización en una copa giratoria, es importante que la temperatura de la masa fundida que llega a la cinta perforada de la copa giratoria sea superior a la temperatura del líquido de la composición de masa fundida. Esto tiene por objeto evitar la cristalización en la copa durante el proceso. Por esta razón, para procesar una masa fundida normal de lana mineral en una copa giratoria, es necesario reducir a fibras la masa fundida a una temperatura más alta que las masas fundidas de lana de vidrio. Las propiedades de muchas masas fundidas de lana mineral a tales temperaturas son en muchos casos inadecuadas para la fibrización en una copa giratoria.

La temperatura para el proceso de fibrización en una copa giratoria está limitada en muchos casos entre 1150 y 1220°C, desde un punto de vista tanto de costes como de los materiales de construcción. Las propiedades de la masa fundida de muchas masas fundidas de lana mineral son en muchos casos inadecuadas para la fibrización en copa giratoria a tales temperaturas.

Las masas fundidas estándar de lana mineral pueden, dependiendo del método de fusión, contener impurezas significativas de hierro metálico (Fe(0)). El hierro metálico puede bloquear los orificios en la copa giratoria y puede causar también corrosión de la copa giratoria, aumentando la frecuencia con la que la copa precisa mantenimiento o sustitución.

- 5 Además de las propiedades de una masa fundida como viscosidad y temperatura del líquidus, deben considerarse también las propiedades de las fibras resultantes. De estas propiedades, son particularmente importantes la bio-solubilidad y la estabilidad a temperatura elevada.

En los últimos años, la bio-solubilidad se ha añadido a los criterios que deben satisfacer las fibras vítreas sintéticas. Es decir, las fibras tienen que ser capaces de disolverse rápidamente en un medio fisiológico. Para las fibras de lana mineral, la biosolubilidad se refiere al ambiente fisiológico en los macrófagos de los pulmones. Por esta razón, es importante que exista una disolución rápida a pH 4,5, a fin de prevenir cualesquiera posibles efectos adversos por la inhalación de fibras finas.

- 10 La estabilidad a temperatura elevada es también una propiedad muy deseable en las fibras de lana mineral. Esto no sólo en el contexto de las fibras vítreas sintéticas utilizadas específicamente en productos de protección contra el fuego, sino también en el contexto de las fibras utilizadas para aislamiento térmico o acústico en edificios.

- 15 WO 95/01941 describe masas fundidas en hornos de cúpula destinadas a ser transformadas en fibras en una copa giratoria. Si bien la masa fundida tiene una viscosidad y temperatura del líquidus adecuadas para uso en un proceso de fibrización interna, las fibras producidas tienen un bajo nivel de biosolubilidad a pH 4,5 debido al alto nivel de sílice en la masa fundida. Además, la masa fundida en el horno de cúpula contiene en muchos casos una cantidad medible de hierro metálico que conduce a un riesgo considerable de que gotitas de hierro metálico obstruyan los orificios de la copa giratoria y detengan por ello el proceso de fibrización.

- 20 En EP 1.032.542, se describen composiciones en fibras bio-solubles y resistentes a temperatura elevada. Está establecido un intervalo amplio para SiO_2 y Al_2O_3 y las composiciones deben cumplir los requerimientos de que R_2O se encuentre al menos en un 10% en peso y 0% en peso $< \text{MgO} < 15\%$ en peso. Muchos de los ejemplos tienen un contenido de sílice superior a 43% en peso, y por tanto sólo una porción limitada de los ejemplos descritos puede suponerse que son biosolubles a pH 4,5 conforme a los requerimientos finales autorizados. Un nivel de sílice superior a 43% en peso puede ser particularmente desventajoso cuando está presente un nivel alto de MgO. Un nivel bajo de MgO, como en la mayoría de los ejemplos presentados en EP 1.032.542 puede dar como resultado una menor resistencia al fuego. Ningún proceso de fusión se describe específicamente en el documento, y no se recoge el efecto del proceso de fusión sobre las propiedades de la masa fundida y de las fibras.

En EP 1.667.939 se describen composiciones de fibras bio-solubles resistentes a temperatura elevada. Al menos 10% de R_2O ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) se requiere en la composición, lo cual da como resultado un alto coste de materias primas, posibles problemas de emisión en relación con el proceso de fusión y limitaciones para las propiedades de las fibras a temperatura elevada.

- 35 Por tanto, si bien se han realizado intentos previos a fin de proporcionar fibras vítreas sintéticas que sean estables a temperaturas altas, biosolubles, y puedan producirse por un método de copa giratoria, la consecución de estas características en combinación mientras se mantiene el coste de producción en un mínimo ha resultado problemática. Sería deseable proporcionar composiciones de fibras vítreas sintéticas adicionales que cumplan también los criterios anteriores, o proporcionen incluso una mejora, especialmente en términos de estabilidad a temperatura elevada en combinación con biosolubilidad. Sería también deseable proporcionar tales fibras vítreas sintéticas de manera económica, procesos de producción más flexibles y eficientes y que minimicen al mismo tiempo los problemas ambientales asociados con las emisiones.

- 40 Un objeto de la presente invención, por tanto, consiste en proporcionar una composición de masa fundida para la producción de fibras minerales que tengan una resistencia al fuego. Un objeto adicional es proporcionar una composición de masa fundida para la producción de fibras minerales que tengan biosolubilidad satisfactoria. Un objeto adicional de la invención es proporcionar una masa fundida que es adecuada para producción por tecnología de fusión conocida para lana mineral y que sea adecuada también para uso en un método de fibrización por la copa giratoria. Es asimismo un objeto de la invención proporcionar la base fundida a un coste bajo. Un objeto adicional es minimizar los problemas con las emisiones. Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un proceso para producción de las fibras minerales por el método de la copa giratoria.

Un objeto adicional de la invención es proporcionar fibras minerales que son bio-solubles, estables a temperaturas altas, de producción económica y que contengan un nivel bajo de material no fibrizable.

Conforme a ello, la invención proporciona una composición de masa fundida para la producción de fibras vítreas sintéticas que comprende los óxidos siguientes, expresados en peso de la composición:

SiO_2	39-43 % en peso
----------------	-----------------

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

en donde la proporción de Fe(2+) es mayor que 80% basada en Fe total y es preferiblemente al menos 90%, más preferiblemente al menos 95% y muy preferiblemente al menos 97% basada en Fe total.

- 5 En esta memoria descriptiva, el contenido de hierro presente en la masa fundida de MMVF se calcula y se expresa como Fe₂O₃. Éste es un medio estándar de expresar la cantidad de hierro presente en MMVF, una carga o una masa fundida. Si bien se expresa Fe₂O₃, debe entenderse contenido de hierro total. El porcentaje real en peso de FeO y Fe₂O₃ presente variará basándose en la ratio de óxidos de hierro y/o el estado redox de la masa fundida. Como ejemplo,

Fe(3+)	Fe(2+)/Fe(3+) = 80/20		Fe(2+)/Fe(3+) = 97/3	
Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃
%p/p	%p/p	%p/p	%p/p	%p/p
Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃
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
8,0	5,8	1,6	7,0	0,24

La persona experta comprenderá por tanto que el porcentaje en peso real de los óxidos de hierro presentes dependerá de la ratio de Fe(2+) a Fe(3+).

- 10 En la invención, el porcentaje de Fe(2+) y Fe(3+) basado en Fe total se mide por espectroscopía Mössbauer como se expresa más adelante y se refiere al porcentaje de hierro en estos estados de oxidación en lugar de los porcentajes en peso basados en óxidos.

En un aspecto adicional, la invención proporciona también fibras vítreas sintéticas que tienen la composición arriba indicada.

- 15 En un aspecto adicional, la invención proporciona un método de formación de fibras vítreas sintéticas por fibrización de la composición de masa fundida anterior para formar fibras y recogida de las fibras formadas.

En un aspecto adicional, la invención proporciona un método de formación de la composición de masa fundida de la invención, que comprende calentar y fundir material mineral en un horno y, en caso necesario, ajustar el estado de oxidación de la masa fundida de tal modo que la proporción de Fe(2+) basada en Fe total sea mayor que 80%.

- 5 Los inventores han encontrado que la composición de la invención tiene una combinación de propiedades muy deseable. No sólo las fibras producidas tienen estabilidad satisfactoria a temperatura elevada y buena bio-solubilidad, sino que es posible también producirlas con un método de copa giratoria, que permite producción con una baja cantidad de material no transformado en fibras (en muchos casos menor que 2% en peso del material recogido) y da como resultado que las fibras recogidas se encuentren en el plano del colector en mayor proporción. Esto, a su vez, hace posible la fabricación de productos con aislamiento térmico mejorado (valor λ menor).
- 10 Adicionalmente, estas propiedades se consiguen a pesar de un nivel bajo de óxidos de metal alcalino en la composición, dando como resultado ventajas tanto económicas como ambientales.

- La fusión de las materias primas para lana de vidrio no requiere muchas consideraciones con relación al estado rédox para el proceso de fusión o durante la fibrización. Ninguno de los óxidos en la composición de masa fundida convencional de lana de vidrio es muy sensible al estado rédox durante la fusión. El estado rédox en el horno es,
- 15 convencionalmente y muy eficientemente oxidante.

En contraste, cuando se produce lana mineral que es estable a temperatura elevada, el estado rédox de la masa fundida es fundamental. Se ha encontrado que la masa fundida debería contener una proporción lo más alta posible de Fe(2+) y el contenido de Fe(3+) debería suprimirse.

- 20 Preferiblemente, el contenido de Fe(0) debería ser también próximo a cero. El contenido de Fe(0) puede determinarse por utilización de medidas realizadas en un analizador magnético, tal como MA-1040 fabricado por Micromeritics Instruments Corporation, Norcross, GA, EE.UU. Cuando se realizan las medidas, es preferiblemente que la muestra tenga un intervalo de tamaños de partícula estrecho. Esto puede asegurarse, por ejemplo, por una combinación de trituración y tamizado. Por ejemplo, podría utilizarse una combinación de trituración y tamizado para tener seguridad de que todas las partículas contenidas en 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 puede triturarse de tal manera que la totalidad de las partículas pasan a través de un tamiz de 125 μ m.

- 30 Como comprenderá una persona experta en la técnica del análisis magnético, cuando se miden niveles bajos de hierro metálico, la cantidad presente tanto de Fe(II) como de Fe(III) debido a su naturaleza paramagnética, puede tener un efecto sobre la medida del nivel de Fe(0) leída por el analizador magnético. Esto es debido al hecho de que el analizador magnético mide una respuesta que incluye la contribución de ferromagnetismo, ferrimagnetismo y las contribuciones más pequeñas de paramagnetismo y diamagnetismo.

- Por tanto, en el contexto de la invención, incluso cuando no está presente cantidad alguna de Fe(0), el nivel medido de Fe(0) será usualmente distinto de cero, debido a la presencia requerida de Fe(II) en la composición. Sin embargo, en el contexto de composiciones que comprenden desde 5 a 9% en peso de hierro (medido como Fe_2O_3) y en donde la proporción de Fe(II) es mayor que 80% basada en Fe total, como se requiere en la invención, se ha encontrado que ciertos valores medidos preferidos leídos por el analizador magnético son indicativos de niveles ventajosamente bajos de Fe(0) en la composición.

- 40 Preferiblemente, el valor de lectura o valor medido para el contenido de Fe(0), medido utilizando un analizador magnético es menor que 900 ppm, preferiblemente menor que 800 ppm, más preferiblemente menor que 600 ppm, más preferiblemente menor que 500 ppm y muy preferiblemente menor que 350 ppm. Se ha encontrado que estos valores para la lectura del analizador magnético corresponden a composiciones que tienen un nivel real de Fe(0) que es esencialmente cero, o al menos suficientemente bajo para que la composición se utilice para formar fibras utilizando una copa giratoria. Como se ha expuesto anteriormente, el valor de la lectura puede ser el resultado, parcial o incluso totalmente, de la contribución paramagnética de Fe(II) y Fe(III).

- 45 Cuando se produce masa fundida de lana mineral para rotación en copa, es importante adaptar el proceso de fusión muy cuidadosamente. Por consiguiente, el estado rédox tiene que considerarse durante la fusión de las materias primas y la fibrización de las masas fundidas de lana mineral. Esto incluye consideración de factores tales como la elección de la materia prima, el proceso de fusión, el proceso de fibrización y finalmente las propiedades de las fibras y los productos finales. La razón básica para esto es que el elemento Fe es muy sensible al estado rédox durante la fusión y juega un papel importante para las condiciones de fusión, la reología de la masa fundida, la fibrización y las propiedades de las fibras finales.

- La sílice y la alúmina son formadores de red importantes en la masa fundida. La cantidad de sílice presente en particular contribuye a asegurar que la viscosidad de la masa fundida es adecuada para la formación de fibras en un método de copa giratoria. La cantidad de alúmina presente en particular contribuye a asegurar que las fibras formadas son bio-solubles.

Conforme a la invención, el contenido de SiO_2 en la composición de masas fundidas y fibras está comprendido en el intervalo de 39 a 43% en peso basado en la composición. Preferiblemente, el nivel de SiO_2 está comprendido en el intervalo de 39 a 42,5% en peso, más preferiblemente en el intervalo de 40 a 42% en peso.

5 El nivel de Al_2O_3 está dentro del intervalo de 20 a 23% en peso. Preferiblemente, el mismo está dentro del intervalo de 20 a 22,5% en peso. Se ha encontrado que este nivel, cuando se combina con los niveles de otros óxidos conforme a la invención, proporciona una combinación óptima de propiedades en términos de bio-solubilidad de las fibras y temperatura del líquido.

10 Las fibras y la masa fundida pueden contener TiO_2 a un nivel de hasta 1,5%. Se ha encontrado que un nivel mayor de TiO_2 tiene un efecto negativo sobre la bio-solubilidad de las fibras. Preferiblemente, la composición contiene desde 0,4 a 1% en peso de TiO_2 , más preferiblemente desde 0,4 a 0,8% en peso.

Las fibras y la masa fundida contienen desde 5 a 9% en peso de Fe_2O_3 . Preferiblemente, el nivel de Fe_2O_3 es 5 a 8% en peso. Se ha encontrado que este nivel de hierro, en combinación con MgO al nivel de 5-7% en peso, proporciona fibras con buena estabilidad a la temperatura elevada.

15 El nivel de hierro presente en cada estado de oxidación se expresa como porcentaje de $\text{Fe}(3+)$, $\text{Fe}(2+)$ y $\text{Fe}(0)$, basado en el hierro total presente. El porcentaje se mide utilizando espectroscopía Mössbauer como se expone más adelante. El porcentaje de $\text{Fe}(2+)$ y $\text{Fe}(3+)$ presente variará basado en el estado redox de la masa fundida.

20 Las propiedades satisfactorias de resistencia al fuego y una temperatura baja del líquido están asociadas con un nivel alto de hierro ferroso y nivel bajo de hierro férrico en combinación con MgO al nivel de 5-7% en peso. Conforme a la presente invención, por tanto, más de 80% de hierro total está presente como $\text{Fe}(2+)$. Preferiblemente, al menos 90%, más preferiblemente al menos 95%, y muy preferiblemente 97% del hierro total está presente como $\text{Fe}(2+)$.

La proporción de $\text{Fe}(3+)$ basada en Fe total en la composición es preferiblemente menor que 20%, preferiblemente menor que 10%, más preferiblemente menor que 5% y muy preferiblemente menor que 3%.

25 La elevada concentración de $\text{Fe}(2+)$ reduce también la temperatura del líquido de la composición de masa fundida con relación a una composición de masa fundida oxidada, donde la porción principal del óxido de hierro se encuentra en la forma de $\text{Fe}(3+)$. Esto contribuye a la idoneidad de la masa fundida para uso en un método de centrifugación interna.

La cantidad de $\text{Fe}(2+)$ y $\text{Fe}(3+)$ puede determinarse utilizando espectroscopía Mössbauer como se describe en la obra "Ferric/Ferrous Ratio in Basalt Melt at Different Oxygen Pressures", Helgason et al, Hyperfine Interact., 45 (1989) pp 287-294.

30 El nivel de hierro metálico $\text{Fe}(0)$ puede determinarse también utilizando espectroscopía Mössbauer como se describe en esta referencia, cuando la concentración es lo bastante alta, es decir, superior a 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 se encuentra generalmente a un nivel tan bajo como para ser indetectable utilizando este método.

35 Se ha encontrado que la presencia de hierro metálico, es decir $\text{Fe}(0)$, puede bloquear los orificios y causar corrosión de la copa giratoria durante el proceso de producción de las fibras y reducir por tanto su duración de vida útil. En la práctica comercial, esto aumentará los costes de producción y mantenimiento y reducirá la rentabilidad. Por consiguiente, es muy ventajoso que el método de producción conforme a la invención dé como resultado una masa fundida (la alimentación de masa fundida a la centrifugadora) que está exenta de cantidades significativas de hierro metálico. Preferiblemente, la lectura para el nivel de $\text{Fe}(0)$ en la masa fundida medida, como se ha expuesto
40 anteriormente, utilizando un analizador magnético, tal como MA-1040 fabricado por Micromeritics Instrument Corporation, Norcross, GA, EE.UU. es menor que 900 ppm, preferiblemente menor que 800 ppm, más preferiblemente menor que 600 ppm, más preferiblemente menor que 500 ppm y muy preferiblemente menor que 350 ppm. Como se ha expuesto anteriormente, se ha encontrado que estos valores para la lectura del analizador magnético corresponden a composiciones con un nivel real de $\text{Fe}(0)$ que es esencialmente cero, o al menos
45 suficientemente bajo para que la composición a utilizar forme fibras utilizando una copa giratoria.

El nivel de $\text{Fe}(0)$ puede examinarse también por el uso de microondas a fin de determinar las propiedades dieléctricas de la masa fundida o las fibras producidas.

50 Preferiblemente, la proporción de $\text{Fe}(0)$ basada en Fe total en la masa fundida y en las fibras vítreas sintéticas es cero, o al menos tan baja que el examen de las propiedades dieléctricas de las fibras dé como resultado un factor de pérdidas ϵ'' menor que 0,02, preferiblemente menor que 0,01. ϵ'' es el factor de pérdidas y se mide utilizando microondas de la frecuencia dada, en este caso 2450 Hz. Este bajo valor del factor de pérdidas 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 centrifugación o reduce la vida útil de la copa giratoria.

55 Cuanto mayor es el nivel de MgO , en combinación con el nivel de $\text{Fe}(2+)$ requerido en la invención, tanto mejores son las propiedades de resistencia al fuego de las fibras y de los productos fabricados utilizando las fibras, pero una

desventaja puede ser la temperatura incrementada del líquidus si el nivel de MgO es demasiado alto. Con arreglo a la presente invención, el nivel de MgO de la composición está dentro del intervalo de 5 a 7% en peso, preferiblemente de 5,5 a 6,0% en peso. Esto proporciona una estabilidad satisfactoria a temperatura elevada en combinación con el contenido de Fe(2+) requerido conforme a la invención. Una baja temperatura del líquidus se alcanza por combinación del nivel requerido de MgO con los porcentajes de otros óxidos presentes en la composición y el estado rédox caracterizado por el nivel de Fe(2+) requerido en la invención.

La cantidad de CaO conforme a la invención es 8 a 18% en peso, preferiblemente 10 a 16% en peso, y más preferiblemente 13 a 16% en peso. Este nivel de CaO es ventajoso para la bio-solubilidad de las fibras y para una baja temperatura del líquidus.

La cantidad combinada (R₂O) de metal alcalino (Na₂O y K₂O) es hasta 10% en peso, preferiblemente hasta menos de 10% en peso, más preferiblemente desde 6 a 9,5% en peso. Cuando está presente, el álcali contribuye a reducir la temperatura del líquidus. Se ha descubierto que un nivel de álcali de 10% o menos puede tolerarse por combinación de éste con los niveles de óxidos de calcio y hierro requeridos en la invención. De esta manera, el coste de las materias primas puede mantenerse en un mínimo mientras se mantiene una temperatura del líquidus que es aceptable para la centrifugación interna.

Adicionalmente, se cree que las cantidades limitadas de Na₂O y K₂O soportan las excelentes propiedades a temperatura elevada de las fibras, en tanto que cantidades mayores tienden a afectar desfavorablemente a las propiedades de alta temperatura para las fibras conforme a la invención.

De acuerdo con la invención, se prefiere que el nivel de Na₂O sea de 2 a 7% en peso. Se prefiere también que el nivel de K₂O sea de 3 a 7% en peso.

Se ha encontrado también que la ratio de K₂O a Na₂O afecta a las propiedades de la masa fundida. Se ha encontrado que la viscosidad óptima se alcanza con una ratio de 1:2 a 4:1, preferiblemente de 1:1 a 3:1. Se ha encontrado que las ratios comprendidas dentro de este intervalo están asociadas con una viscosidad reducida de la masa fundida.

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

Las fibras vítreas sintéticas de la invención tienen una resistencia excelente al fuego a 1000°C. Las fibras vítreas sintéticas pueden elaborarse en un producto para uso en cualquiera de las aplicaciones convencionales para fibras vítreas sintéticas, tales como insonorización o aislamiento térmico, protección contra el fuego, sustratos de crecimiento, guarniciones de frenos y control de las vibraciones. El producto puede utilizarse en ambientes de alta temperatura, tales como al menos 400°C, y hasta 1000°C.

Una de las principales ventajas de las fibras de la invención es que las mismas pueden producirse por un proceso de copa giratoria, como se producen en el método de la invención. El método de producción de fibras vítreas sintéticas conforme a la invención implica fibrización de una composición de masa fundida de la invención y recogida de las fibras formadas, en donde la fibrización tiene lugar por un método de copa giratoria.

Utilizando esta invención, hay una cantidad menor de material mineral no transformado en fibras (granalla) presente en los productos sintéticos de fibras vítreas resultantes en comparación con un producto producido utilizando centrifugación en cascada. Por tanto, con arreglo a la invención, existe preferiblemente menos de 4% en peso de material mineral no transformado en fibras presente en un producto sintético de fibras vítreas formado a partir de las fibras de la invención o por el método de la invención. Más preferiblemente, existe menos de 2% y muy preferiblemente menos de 1% en peso de material mineral no transformado en fibras presente en el producto de fibras vítreas sintéticas. El material mineral no transformado en fibras se define como carga sólida con un diámetro de partícula mayor que 63 micrómetros.

Adicionalmente, las fibras minerales producidas por un método de copa giratoria se extienden sobre la cinta colectora de tal manera que las mismas están orientadas paralelamente al plano del colector en mayor proporción que las fibras producidas utilizando una centrifugadora en cascada. Esto hace posible que se obtengan productos aislantes en los cuales las fibras están orientadas paralelamente a la superficie a aislar en una proporción mayor que en los productos fabricados por un método de centrifugación en cascada. El valor lambda de los productos de la invención puede, por tanto, ser menor que 40 mW/m·K, en muchos casos menor que 36 mW/m·K, posiblemente menor que 33 mW/m·K, e incluso menor que 31 mW/m·K.

La composición de masa fundida de la invención puede producirse por calentamiento y fusión de material mineral en un horno y, en caso necesario, ajuste del estado de oxidación de la masa fundida de tal modo que la proporción de Fe(2+) basada en Fe total es mayor que 80%, preferiblemente mayor que 90%, más preferiblemente mayor que 95%, y muy preferiblemente mayor que 97%.

Es sabido que las fibras fabricadas por el proceso de centrifugación en cascada tienen la misma ratio de $\text{Fe}(2+)$ a Fe total como se mide en la composición de masa fundida vertida en el torno de centrifugación. Para el proceso de centrifugación en cascada el medio para estirado de las fibras es aire frío.

5 El proceso de la copa giratoria es completamente diferente a la centrifugación en cascada dado que las fibras se adelgazan por aire caliente con temperaturas próximas a 1300-1500°C. El aire de adelgazamiento tiene exceso de oxígeno y podría esperarse que oxide los filamentos básicos, que se extruden por los orificios de la copa giratoria para adelgazamiento ulterior en el gas caliente.

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

Los exámenes de la masa fundida y las fibras exhiben ratios idénticas de $\text{Fe}(2+)$ a Fe total.

15 Las materias primas utilizadas como el material mineral pueden seleccionarse de una diversidad de fuentes, como es sabido. Éstas incluyen basalto, diabasa, nefelina sienita, desperdicios de vidrio, bauxita, arena de cuarzo, caliza, rasorita, tetraborato de sodio, dolomita, bicarbonato de sodio, arenas de olivino, fonolita, feldespato de potasio, arena de granate y potasa.

20 En algunas realizaciones, el material mineral se funde de tal manera que una composición de masa fundida tiene la proporción requerida de $\text{Fe}(2+)$ desde el principio. La invención abarca también, sin embargo, métodos en los cuales el método de fusión no produce automáticamente la proporción requerida de $\text{Fe}(2+)$. En estas realizaciones, el estado redox de la masa fundida mineral producida inicialmente como masa fundida a granel tiene que ajustarse delante de la boquilla, donde la masa fundida se alimenta o se vierte en la o las copas giratorias de tal modo que la proporción de $\text{Fe}(2+)$ basada en Fe total es mayor que 80%.

25 En una realización, el horno es un horno eléctrico, preferiblemente un horno de arco sumergido, que utiliza electrodos de grafito. Preferiblemente, los electrodos de grafito están en contacto con el material mineral. Los electrodos de grafito están por regla general sumergidos al menos parcialmente en la masa fundida. Se conocen diversos tipos de electrodos de grafito y pueden utilizarse en un horno de arco sumergido. Preferiblemente, los electrodos de grafito en el horno de arco sumergido son electrodos de grafito sólidos preformados. La ventaja de la utilización de electrodos de grafito es que los mismos aumentan el nivel de $\text{Fe}(2+)$ presente en la masa fundida, lo cual da como resultado MMVF que tienen una resistencia elevada a temperaturas hasta 1000°C.

30 En esta realización, la composición de la masa fundida producida tiene generalmente la proporción requerida de $\text{Fe}(2+)$ desde el principio. Por tanto, generalmente no es necesario ajustar el estado redox de la masa fundida en un paso subsiguiente. Sin embargo, en algunos casos puede ser ventajoso proporcionar medidas para mantener el estado redox de la masa fundida del horno hasta la centrifugación de la misma.

35 Se ha encontrado que la utilización de un horno de arco sumergido para producir la composición de masa fundida en combinación con la fibrización de la masa fundida por un proceso de copa giratoria es particularmente adecuada para formar las fibras de la invención. Cuando se forman por este proceso, las fibras tienen una resistencia al fuego particularmente satisfactoria y comprenden niveles bajos de granalla. Se cree que la estabilidad a temperatura elevada está asociada con el hecho de que las fibras resultantes tienen un contenido alto de hierro en la forma de $\text{Fe}(2+)$ en combinación con el contenido de MgO especificado conforme a la invención. La condición redox en el proceso de aporte de la masa fundida, combinado con el uso de un proceso de copa giratoria, influye en la cantidad de cada uno de los óxidos de hierro posibles en la masa fundida y las propiedades finales de las MMVF producidas a partir de la masa fundida.

45 Los inventores han encontrado que, con el uso de electrodos de grafito en particular, pueden producirse masas fundidas a granel que están significativamente mejoradas en términos de homogeneidad y nivel de impurezas tales como gotas de hierro metálico que tienen el tamaño de unos cuantos micrómetros, y que son totalmente adecuadas para fibrización por el proceso de la copa giratoria, en comparación con los métodos de fusión en cúpula convencionales. Esto parece ocurrir incluso si la química a granel en términos de concentración de $\text{Fe}(2+)$ basada en Fe total es la misma. Esto es cierto a pesar del hecho de que el proceso de fusión en horno de arco sumergido, como la cúpula, genera cantidades menores de hierro metálico (denominado "hierro bruto"), que se acumula en el horno. Sorprendentemente, este hierro metálico acumulado, no aparece sin embargo en la masa fundida que
50 abandona la salida del horno de arco sumergido, ni en el canal alimentador (conocido también como antesolera) ni en las fibras formadas por el proceso. Si acaso, el nivel de hierro metálico, $\text{Fe}(0)$ es tan bajo que no perturba el proceso de fibrización.

55 Cualquier $\text{Fe}(0)$, que pudiera estar presente es indetectable utilizando espectroscopía Mössbauer (y usualmente muy bajo como se ha indicado arriba), en la masa fundida alimentada a las copas giratorias y en el producto final para hornos de arco sumergido, mientras que esto no ocurre en relación con las masas fundidas procedentes de un horno de cúpula.

Los inventores han encontrado que las fibras procedentes de una masa fundida producida por un horno de cúpula convencional caldeado por coque actúan de modo significativamente diferente en relación con la absorción de microondas (propiedades dieléctricas), comparadas con fibras producidas, como se prefiere en la invención, procedentes de una masa fundida producida en un horno eléctrico, en particular un horno de arco sumergido, donde la energía para la fusión es transferida a la masa fundida por electrodos de grafito.

Las planchas de fibra de MMVF – lana mineral sin aglomerante – producidas por el mismo método de centrifugación y que tienen la misma composición química a granel, pero producidas por procesos de fusión diferentes - horno de arco sumergido frente a horno de cúpula caldeado por coque - han sido testadas macroscópicamente respecto a propiedades dieléctricas por absorción de energía transferida por microondas. En particular, se determinó para las fibras el "factor de pérdidas dieléctricas" ϵ'' . Si la masa fundida para fabricación de las fibras de lana mineral se ha producido en un horno de cúpula convencional caldeado por coque, los inventores han encontrado que las fibras formadas tienen un factor de pérdidas dieléctricas comprendido en el intervalo de $0,05 < \epsilon'' < 0,07$. Por el contrario, si la masa fundida para fabricación de las MMVF se ha fundido en un horno con electrodos de grafito, las fibras formadas a partir de la masa fundida tienen ϵ'' bajo. El factor de pérdidas ϵ'' era $< 0,02$, lo que significa que las fibras no absorben energía de microondas. Este nivel de ϵ'' es esencialmente el mismo que para las fibras de vidrio o la lana de vidrio. Para estos dos productos, es sabido que no puede existir hierro metálico detectable alguno (como resultado de las condiciones oxidantes en el proceso de fusión) aun cuando podrían existir cantidades poco importantes de Fe_2O_3 medibles en la composición química de la masa fundida de vidrio.

A pesar del "factor de pérdidas" dieléctricas muy bajo para las fibras de lana mineral que se producen a partir de masas fundidas fabricadas como una de las posibles realizaciones por esta invención, esta masa fundida tiene todavía un contenido muy alto de $\text{Fe}(2+)$ basado en Fe total.

En una realización alternativa, el paso de calentamiento y fusión del material mineral en un horno comprende:

suspender combustible carbonoso pulverizado en aire de combustión precalentado y quemar el combustible carbonoso suspendido para producir una llama,

suspender el material mineral particulado que se ha precalentado, preferiblemente hasta al menos 500°C , más preferiblemente hasta al menos 700°C , en la llama y fundir el material mineral en una cámara de combustión circulante formando con ello la composición de masa fundida.

Métodos adecuados se describen, por ejemplo, en WO 03/02469. En una realización preferida, se producen gases de escape calientes en la cámara de combustión circulante y el método comprende ulteriormente:

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

poner en contacto los gases de escape de la masa fundida en un precalentador de ciclón en condiciones reductoras de NO_x con el material mineral particulado que debe fundirse y reducir con ello NO_x en los gases de escape y precalentar el material particulado, preferiblemente hasta al menos 500°C , más preferiblemente hasta al menos 700°C , y

proporcionar el aire de combustión precalentado por intercambio de calor del aire con los gases de escape procedentes del precalentador de ciclón.

Cuando se utiliza este método de producción de la masa fundida en condiciones correctamente controladas en lo referente al estado redox, generalmente la masa fundida tiene la proporción requerida de $\text{Fe}(2+)$ desde el principio. Se cree que durante la producción de una masa fundida mineral por este proceso se deposita material carbonoso sobre la superficie de la masa fundida, lo cual crea el estado de oxidación deseado en la masa fundida. Por tanto, generalmente no es necesario ajustar el estado de oxidación de la masa fundida en un paso subsiguiente.

En otra realización del método conforme a la invención, el horno es un horno de vidrio convencional o un horno de fusión de basalto, que puede calentarse eléctricamente o calentarse en muchos casos con una combinación de calentamiento eléctrico y calentamiento por aceite y/o gas. Hornos comprendidos dentro de esta categoría se describen en US 6.125.658. Cuando el horno es un horno de vidrio convencional o un horno de fusión de basalto, usualmente la masa fundida mineral no tiene la proporción deseada de $\text{Fe}(2+)$ desde el principio. En lugar de ello, se requiere ajustar el estado redox de la masa fundida mineral de tal manera que la proporción de $\text{Fe}(2+)$ basada en Fe total sea mayor que 80% antes que la masa fundida se alimente a través de la o las boquillas del alimentador a la o las copas giratorias.

El ajuste del estado de oxidación de la masa fundida puede realizarse en cualquier caso de tal manera que la composición de masa fundida resultante tenga una proporción de $\text{Fe}(2+)$ basada en Fe total mayor que 80%, preferiblemente al menos 90%, más preferiblemente al menos 95% y muy preferiblemente al menos 97%.

En una realización, el paso de ajuste del 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. Usualmente, los electrodos de grafito están sumergidos al menos parcialmente en la masa fundida. Se ha

encontrado que los métodos arriba descritos producen masas fundidas que contienen niveles bajos o indetectables de hierro metálico, lo cual hace posible que la masa fundida se transforme en fibras en una copa giratoria sin encontrar problemas de bloqueo de los orificios en la copa giratoria.

- 5 Uno de los aspectos del método de la invención implica la fibrización de una composición de masa fundida de la invención por un método de copa giratoria para formar fibras, y la recogida de las fibras.

- 10 Antes de la fibrización de la masa fundida, sin embargo, puede ser ventajoso homogeneizar la masa fundida en un refinador o en una unidad alimentadora. Esto puede asegurar que la temperatura, la viscosidad y la composición química sean consistentes en toda la masa fundida. Sin embargo, a fin de que la composición de la masa fundida sea adecuada para fibrización por un proceso de copa giratoria, es importante que el estado redox de la composición de la masa fundida se mantenga tal que la proporción de Fe(2+) basada en Fe total sea mayor que 80%.

- 15 La masa fundida se transforma en fibras utilizando una copa giratoria como se conoce en la técnica. Una ventaja de la invención es que la masa fundida tiene una temperatura del líquido T_{liq} baja. Esto hace posible que las fibras se produzcan por un método de copa giratoria a una temperatura económica. Se ha encontrado que la masa fundida que se transforma en fibras para producir las fibras de la invención tiene generalmente una temperatura del líquido menor que 1220°C. La T_{liq} puede medirse conforme a ASTM C829-81. Preferiblemente, la masa fundida tiene una temperatura del líquido menor que 1220°C. Más preferiblemente, la temperatura del líquido de la masa fundida es menor que 1200°C. Aún más preferiblemente, la temperatura del líquido es menor que 1180°C. Muy preferiblemente, la temperatura del líquido de la masa fundida es menor que 1160°C o incluso menor que 1150°C.
- 20 La temperatura del líquido es usualmente mayor que 1100°C.

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

- 25 En el contexto de las fibras producidas por un método de copa giratoria, es particularmente importante tener una temperatura baja del líquido a fin de evitar la formación de cristales en la masa fundida durante la centrifugación (y el riesgo consiguiente de bloqueo de las aberturas en la copa giratoria). La ventaja de tener una temperatura baja del líquido para la composición de masa fundida es por tanto que el proceso de fibrización puede ejecutarse a temperaturas correspondientes más bajas y por tanto a costes menores - especialmente en lo que respecta a la energía para la fibrización y el desgaste de los materiales como el equipo del quemador de gas caliente y el material de la copa giratoria.

- 30 En el método de la invención, la masa fundida se transforma en fibras por la tecnología de la copa giratoria (descrita también a veces como centrifugación interna). La masa fundida tiene una temperatura, en el extremo de un canal alimentador, comprendida en el intervalo de 1260-1300°C antes de conducir la misma a la copa giratoria. La masa fundida se enfría preferiblemente cuando la misma se transfiere desde el canal alimentador a las partes internas de la copa giratoria de tal manera que la temperatura de la masa fundida cuando fluye a través de las perforaciones de la copa giratoria es superior a la temperatura del líquido de la masa fundida. La temperatura de la masa fundida debería ser lo más baja posible a fin de reducir el desgaste y desgarramiento del equipo, pero lo bastante alta para evitar problemas con la formación de cristales en la masa fundida durante la centrifugación (y el riesgo consiguiente de bloqueo de las aberturas en la copa giratoria).
- 35

- 40 La viscosidad de la masa fundida en la copa giratoria está comprendida en el intervalo de 50 a 400 Pa.s, preferiblemente 100 a 320 Pa.s, más preferiblemente 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 adecuada, lo que puede conducir al bloqueo de las aberturas de la copa giratoria.

- 45 La masa fundida se reduce preferiblemente a fibras por el método de la copa giratoria a una temperatura comprendida entre 1160 y 1210°C. La viscosidad de la masa fundida está comprendida preferiblemente en el intervalo de 100 a 320 Pa.s a la temperatura giratoria. La viscosidad se mide conforme a ASTM C965-96. Estos intervalos de viscosidad significan que pueden utilizarse métodos de proceso en copa giratoria para proporcionar las fibras de la invención.

- 50 El aglomerante puede aplicarse a las fibras y las fibras recogerse como una tela. En el caso de que se aplique aglomerante a las fibras, el mismo se selecciona usualmente de aglomerante de fenol-formaldehído, aglomerante de urea-formaldehído, aglomerante de fenol-urea-formaldehído, aglomerante de melamina-formaldehído, resinas de condensación, acrilatos y otras composiciones de látex, polímeros epoxídicos, silicato de sodio y masas fundidas calientes de polímeros de poliuretano, polietileno, polipropileno y politetrafluoroetileno.

- 55 En una realización alternativa, no se aplica aglomerante alguno y las fibras se recogen como lana mineral sin compactar.

Eventualmente, el nivel de Fe(0) presente en las fibras se refleja también por sus propiedades dieléctricas - como se ensayan por absorción de energía transferida por microondas. En particular, el factor de pérdidas dieléctricas ϵ'' es

bajo para fibras que no tengan traza alguna de hierro metálico. El factor de pérdidas ϵ'' para las fibras es preferiblemente menor que 0,02, con preferencia $> 0,01$, lo cual significa que las fibras no absorben energía de microondas. Este nivel de ϵ'' es esencialmente el mismo que para la lana de vidrio, en la que es sabido que no existe hierro metálico detectable alguno (como resultado de las condiciones oxidantes en el proceso de fusión) aun cuando podría existir Fe_2O_3 medible en la composición química a granel para la masa fundida de vidrio.

Ejemplos

Una de las ventajas de la invención es que las fibras tienen estabilidad y bio-solubilidad mejorada a temperatura alta en comparación con fibras que tengan una menor proporción de $\text{Fe}(2+)$ y una proporción mayor de $\text{Fe}(3+)$. Esta ventaja se demuestra por el ejemplo siguiente.

- 10 Se produjeron fibras por un método de copa giratoria que tenían las composiciones siguientes expresadas como porcentaje en peso de óxidos:

Ejemplo	1 (comparativo)	2
SiO_2	41,5	41,4
Al_2O_3	22,3	21,8
TiO_2	0,7	0,4
Fe_2O_3	6,0	6,7
CaO	14,2	14,9
MgO	5,3	5,6
Na_2O	2,5	2,8
K_2O	6,7	6,4
P_2O_5	0,1	<0,1
MnO	<0,1	<0,1
$\text{Fe}(2+)\%$ basado en Fe total	21	>97
Kdis $\text{ng/cm}^2/\text{h}$	>600	>600

Las fibras se testaron luego con respecto a estabilidad a temperatura elevada, y los resultados se muestran en la Figura 1. El test para estabilidad a temperatura elevada (a lo que se hace referencia también a veces como resistencia a la temperatura, estabilidad al fuego o resistencia al fuego) se realizó introduciendo la muestra en un horno a una temperatura específica y manteniendo la muestra a la misma temperatura durante 30 min. Las muestras representadas en la Figura 1 están dispuestas en cubetas que tienen un diámetro exterior de 7,5 cm y un diámetro interior de 4,2 cm.

Las fibras se testaron también a fin de determinar su bio-solubilidad en tests de flujo in-vitro (solución Gamble a pH 4,5).

REIVINDICACIONES

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

SiO ₂	39-43 % en peso
Al ₂ O ₃	20-23 % en peso
TiO ₂	hasta 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	hasta 10 % en peso, preferiblemente 2-7 % en peso
K ₂ O	hasta 10 % en peso, preferiblemente 3-7 % en peso
P ₂ O ₅	hasta 2%
MnO	hasta 2%
R ₂ O	hasta 10 % en peso

5 en donde la proporción de Fe(2+) es mayor que 80% basada en Fe total, y preferiblemente es al menos 90%, más preferiblemente al menos 95%, y muy preferiblemente al menos 97%, basada en Fe total.

2. Una composición de masa fundida conforme a la reivindicación 1, en la cual la lectura para contenido de Fe(0) en la masa fundida, medida utilizando un analizador magnético, es menor que 900 ppm, preferiblemente menor que 800 ppm, más preferiblemente menor que 600 ppm, más preferiblemente menor que 500 ppm y muy preferiblemente menor que 350 ppm.

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

SiO ₂	39-43 % en peso
Al ₂ O ₃	20-23 % en peso
TiO ₂	hasta 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	hasta 10 % en peso, preferiblemente 2-7 % en peso
K ₂ O	hasta 10 % en peso, preferiblemente 3-7 % en peso
P ₂ O ₅	hasta 2%
MnO	hasta 2%
R ₂ O	hasta 10 % en peso

en donde la proporción de Fe(2+) basada en Fe total es mayor que 80%, preferiblemente mayor que 90%, más preferiblemente mayor que 95%, y muy preferiblemente mayor que 97%.

4. Fibras vítreas sintéticas conforme a la reivindicación 3, en donde el factor de pérdidas dieléctricas ϵ'' de las fibras es menor que 0,02, preferiblemente menor que 0,01.
- 5 5. Fibras vítreas sintéticas conforme a la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde la lectura para contenido de Fe(0) en las fibras vítreas sintéticas, medida utilizando un analizador magnético, es menor que 900 ppm, preferiblemente menor que 800 ppm, más preferiblemente menor que 600 ppm, más preferiblemente menor que 500 ppm y muy preferiblemente menor que 350 ppm.
- 10 6. Fibras vítreas sintéticas conforme a cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde la ratio de K₂O a Na₂O calculada en peso de óxidos es de 1:2 a 4:1, preferiblemente de 1:1 a 3:1.
7. Fibras vítreas sintéticas conforme a cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en donde las fibras se forman por un método de copa giratoria.
- 15 8. Un método de formación de fibras vítreas sintéticas que comprende transformar en fibras una composición de masa fundida conforme a la reivindicación 1 o la reivindicación 2 por un método de copa giratoria para formar fibras y recoger las fibras formadas.
- 20 9. Un método de formación de una composición de masa fundida 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, en caso necesario, ajustar el estado de oxidación de la masa fundida de tal manera que la proporción de Fe(2+) basada en Fe total sea mayor que 80%, preferiblemente mayor que 90%, más preferiblemente mayor que 95%, y muy preferiblemente mayor que 97%.
10. Un método conforme a la reivindicación 9, en el cual el estado de oxidación de la masa fundida se ajusta sometiendo la masa fundida a un potencial eléctrico, utilizando preferiblemente electrodos de grafito.
11. Un método conforme a la reivindicación 9, en el cual el horno es un horno de arco sumergido que utiliza preferiblemente electrodos de grafito.
- 25 12. Un método conforme a la reivindicación 9, en el cual el paso de calentamiento y fusión del material mineral en un horno comprende:

suspender un combustible carbonoso pulverizado en aire de combustión precalentado y quemar el combustible carbonoso suspendido para producir una llama,

30 suspender el material mineral particulado que se ha precalentado, preferiblemente hasta al menos 500°C, más preferiblemente hasta al menos 700°C, en la llama, y fundir el material mineral en una cámara de combustión circulante, formando con ello la composición de masa fundida.
13. Un producto de fibra vítrea sintética que comprende fibras vítreas sintéticas conforme a cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7 y aglomerante.
- 35 14. Un producto de fibra vítrea sintética conforme a la reivindicación 13, en el cual el producto comprende menos de 4% en peso de granalla.

Figura 1

