

DESCRIPCIÓN

TÍTULO DE LA INVENCIÓN: LANA MINERAL

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La presente invención se refiere al campo de las lanas minerales artificiales. Se refiere más particularmente a las lanas minerales destinadas a la fabricación de materiales de aislamiento térmico. Se refiere en particular a las lanas minerales para
10 aplicaciones de protección contra incendios.

[0002] Se refiere más particularmente a las lanas minerales cuya composición química da lugar a una temperatura de licuación elevada y a una fluidez elevada a la temperatura de fibrilación, asociadas a una temperatura de transición vítrea elevada.

15

ESTADO DEL ARTE

[0003] Usualmente, este tipo de lana mineral se fibrila mediante métodos de centrifugación denominados «externos», por ejemplo, los del tipo que utilizan una cascada de ruedas de centrifugación alimentadas con material fundido por un dispositivo de distribución estático, como se describe en particular en las patentes EP 0465310 o EP 0439385.

20

[0004] El proceso de fibrilación centrífuga denominado «interno», es decir, el que utiliza centrifugadoras que giran a alta velocidad y están perforadas con orificios, se reserva convencionalmente para la fibrilación de lana mineral del tipo lana de vidrio, esquemáticamente de una composición relativamente rica en óxidos alcalinos y con un bajo contenido en alúmina, con una temperatura de liquidus más baja y cuya viscosidad a la temperatura de liquidus es mayor que la de la lana de roca o la lana de basalto. Este
25 método se describe en particular en las patentes EP 0189354 o EP 0519797.

30

[0005] Se conocen soluciones técnicas para adaptar el método de centrifugación interna a la fibrilación de la lana de roca, en particular a partir de la WO 93/02977,

- modificando la composición del material que compone las centrifugadoras y sus parámetros de funcionamiento. Esta adaptación permite combinar propiedades que antes solo eran inherentes a la lana de roca o a la lana de vidrio. Así, la lana de roca obtenida por centrifugación interna es de una calidad comparable a la de la lana de vidrio, con una proporción menor de material no fibroso que la lana de roca obtenida de forma convencional. Sin embargo, conserva las dos ventajas asociadas a su naturaleza química, a saber, el bajo coste de la materia prima y la resistencia a las altas temperaturas.
- 10 [0006] Además de los criterios de calidad y la viabilidad industrial y económica, también existe un criterio sanitario. Las lanas minerales comercializadas deben ser biosolubles, es decir, capaces de disolverse rápidamente en un entorno fisiológico, con el fin de evitar cualquier riesgo patógeno potencial relacionado con la posible acumulación de las fibras más finas en el organismo por inhalación.
- 15 [0007] Para determinadas aplicaciones, son deseables las lanas minerales con buena resistencia a temperaturas muy elevadas. La resistencia al fuego de un elemento estructural corresponde al periodo de tiempo durante el cual el elemento conserva su función estructural, garantiza la resistencia a las llamas y mantiene su función de aislamiento térmico. El ensayo estándar de resistencia al fuego consiste generalmente en un aumento de la temperatura según la norma ISO 834, basado en la curva de temperaturas de un fuego de celulosa.
- 20 [0008] Se han desarrollado composiciones de lana mineral que satisfacen los criterios de fibrosidad mediante métodos de centrifugación interna, biosolubilidad y buena resistencia a altas temperaturas. Dichas composiciones se describen, por ejemplo, en WO 2005/033032. Sin embargo, para cumplir los requisitos de resistencia a temperaturas muy elevadas, estas fibras minerales deben recubrirse con un aditivo de fosfato orgánico, tal y como se describe en WO 2006/103375.
- 25 [0009] La publicación WO 2020/065191 describe composiciones de lana mineral con propiedades mejoradas de resistencia a altas temperaturas, al tiempo que conservan propiedades reológicas adecuadas para métodos de centrifugación interna. Sin
- 30

embargo, se descubrió que en estas composiciones se podían formar cantidades significativas de cristales de espinela a temperaturas de fibrilación. La presencia de estos cristales puede provocar la obstrucción de los orificios de los elementos de fibrilación, lo que afecta a la eficiencia de la fibrilación y/o a la vida útil de los elementos de fibrilación.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0010] El objetivo de la presente invención es proporcionar composiciones de lana mineral que sean fibrosables mediante métodos de centrifugación interna, generen poco o nada de espinela a temperaturas de fibrosamiento y puedan ser biosolubles y resistentes a temperaturas muy altas sin necesidad de aditivos orgánicos de fosfato.

[0011] La progresión de la fibrilación mediante estos métodos es óptima cuando el material fundido tiene una viscosidad de 10^3 poises. La temperatura ideal de fibrilación a la que debe alcanzarse esta viscosidad ($T_{fib} \approx T_{log3}$) debe ser inferior a 1220 °C. Además, dado que la temperatura no es perfectamente constante a lo largo del tiempo ni perfectamente homogénea durante la fibrilación, es necesaria una diferencia suficiente entre la temperatura de fibrilación (T_{fib}) y la temperatura de liquidus (T_{liq}). Esta diferencia, conocida como rango de fibrilación, debe ser de al menos 35 °C para evitar problemas de desvitrificación y obstrucción de los discos durante la fibrilación. Por este motivo, la temperatura de licuefacción (T_{liq}) debe ser inferior a 1185 °C.

[0012] El objeto de la invención es una lana mineral con una composición química que comprende los siguientes componentes, en porcentaje en peso:

	SiO ₂	39-50 %, preferiblemente 39-49 %
	Al ₂ O ₃	19,5-24,0 %, preferiblemente 20-23 %
	CaO	8-15 %, preferiblemente 10-14 %
	MgO	1-5 %, preferiblemente 2-5 %
30	Na ₂ O	5-20 %, preferiblemente 6-18 %
	K ₂ O	0-15 %, preferiblemente 1-12 %
	Fe ₂ O ₃	2-15 %, preferiblemente 3-12 %
	B ₂ O ₃	0-2 %, preferiblemente 0-1,5 %

una relación en masa MgO/RO superior a 0,10 e inferior a 0,50, preferiblemente inferior a 0,40 o incluso inferior a 0,30

una relación en masa $\text{RO}/(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})$ inferior a 0,60

una relación en masa $(\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{CaO}$ superior a 0,8 e inferior a 1,4, y

5 una relación en masa $(\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Fe}_2\text{O}_3$ inferior a 5,0,

donde RO representa los óxidos alcalinotérreos CaO, MgO, BaO y SrO, y R_2O representa los óxidos alcalinos Na_2O y K_2O .

[0013] Estas composiciones ofrecen propiedades de resistencia significativamente
10 mejoradas a temperaturas muy altas, al tiempo que conservan las propiedades deseadas de biosolubilidad y procesabilidad ($T_{\text{fib}} \approx T_{\text{log3}}$ por debajo de 1220 °C, T_{liq} por debajo de 1180 °C y $T_{\text{fib}}-T_{\text{liq}}$ por encima de 35 °C, con poco o ningún espinelo). Estas propiedades combinadas se lograron gracias a una combinación de magnesia, un contenido relativamente bajo de alúmina (menos del 24,0 %), equilibrios bien definidos entre
15 óxidos alcalinotérreos y óxidos alcalinos ($0,10 < \text{MgO}/\text{RO} < 0,50$, $\text{RO}/(\text{RO}+\text{R}_2\text{O}) < 0,60$ y $0,8 < (\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{CaO} < 1,4$), y entre alúmina, magnesia y óxido de hierro ($(\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Fe}_2\text{O}_3 < 5,0$).

[0014] La invención también se refiere a un producto de aislamiento térmico y/o
20 acústico que comprende una lana mineral descrita anteriormente.

[0015] Otro objetivo de la invención es el uso de la lana mineral descrita anteriormente en sistemas de construcción resistentes al fuego.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0016] En las composiciones según la invención, la suma de los contenidos de SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO, Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 y B_2O_3 representa preferiblemente al menos el 95 %, en particular al menos el 97 % o incluso al menos el 98 % en peso de la composición de
30 lana mineral.

[0017] El contenido de sílice (SiO_2) se encuentra dentro de un intervalo que se extiende desde el 39 % hasta el 50 %, en particular desde el 49 %, o incluso el 48 %. Un contenido

superior al 50 % puede disminuir la biosolubilidad de las fibras minerales. Un contenido inferior al 39 % puede afectar desfavorablemente a la viscosidad de la composición a las temperaturas de fibrilación.

- 5 [0018] El contenido de alúmina (Al_2O_3) se encuentra dentro de un intervalo que va del 19,5 al 24,0 %, en particular del 20,0 %, o incluso del 21 al 23,5 %, o incluso del 23,0 %. Un contenido superior al 24 % puede favorecer la formación de espinela a las temperaturas de fibrilación. Un contenido inferior al 19,5 % puede afectar negativamente a la viscosidad de la composición a las temperaturas de fibrilación.

10

[0019] El contenido de cal (CaO) se encuentra dentro de un intervalo que va del 8 al 15 %, en particular del 9 %, o incluso del 10 %, o incluso del 10,5 al 14 %. Un contenido inferior al 8 % puede aumentar la temperatura de liquidus.

- 15 [0020] El contenido de magnesia (MgO) se encuentra dentro de un intervalo que va de más del 1 % (o 1,0 %) al 5 %, en particular el 1,5 %, o incluso del 2 % al 4 %, o incluso el 3 %. El MgO contribuye a la resistencia a temperaturas muy elevadas. Este contenido relativamente alto de MgO también permite incorporar una mayor proporción de materiales reciclados, por ejemplo, procedentes de residuos de lana mineral, como los
20 residuos de demolición, que comprenden, en particular, lana de roca.

- [0021] La lana mineral no contiene, por lo general, óxidos de metales alcalinotérreos distintos del CaO y el MgO . No obstante, puede contener pequeñas cantidades de BaO o SrO , cada uno con un contenido que puede alcanzar hasta el 2 %, incluso el 1 %, el
25 0,20 % o incluso el 0,1 %, pudiendo estos óxidos estar presentes como impurezas en determinadas materias primas.

- [0022] La relación entre el óxido de magnesio y la suma de los óxidos alcalinotérreos RO (CaO , MgO , BaO y SrO): MgO/RO es superior a 0,10 e inferior a 0,50, en particular de
30 0,11 o incluso 0,12 a 0,40 o incluso 0,38, 0,35 o incluso 0,30. Una relación MgO/RO inferior a 0,10 puede afectar a la resistencia a temperaturas muy elevadas. Por otra parte, una relación MgO/RO superior a 0,50 puede aumentar el liquidus.

- [0023] El contenido total de óxidos de metales alcalinos (R_2O), en particular óxido de sodio (Na_2O) y óxido de potasio (K_2O), es preferiblemente superior al 12 %. El contenido de Na_2O se encuentra dentro de un intervalo que va del 5 al 20 %, en particular del 6 %, o del 7 % al 18 %, o incluso del 15 % o del 12 %. El contenido de K_2O es como máximo del 15 %, en particular del 1 % o incluso del 2 % al 12 % o incluso del 10 %, del 8 %, del 5 % o del 4 %. La lana mineral no comprende preferiblemente ningún óxido de metal alcalino distinto de Na_2O y K_2O . No obstante, puede contener pequeñas cantidades de Li_2O , a veces presente como impurezas en determinadas materias primas, en contenidos que pueden alcanzar hasta el 0,5 %, incluso el 0,2 % o incluso el 0,1 %.
- [0024] La relación $RO/(RO+R_2O)$ es inferior a 0,60, en particular de 0,15 o incluso 0,20 o 0,30 a 0,59 o incluso 0,58. Una relación $RO/(RO+R_2O)$ superior a 0,60 puede afectar a la fibrosidad de la composición.
- [0025] La relación $(Na_2O+MgO)/CaO$ es superior a 0,80 e inferior a 1,4, o incluso inferior a 1,3. Una relación $(Na_2O+MgO)/CaO$ inferior a 0,80 puede afectar a las propiedades de resistencia a temperaturas muy elevadas. Por otro lado, una relación $(Na_2O+MgO)/CaO$ superior a 1,4 puede afectar a la fibrosidad de la composición.
- [0026] El contenido de óxido de hierro (Fe_2O_3) se encuentra dentro de un intervalo que va del 2 al 15 %, en particular del 3 %, o incluso del 4 %, o del 4,5 % al 12 %, o incluso del 10 % o del 8 %. Expresar el contenido (total) de óxido de hierro como Fe_2O_3 no significa que este óxido de hierro esté presente necesariamente y de forma exclusiva en el vidrio en forma férrica. El vidrio contiene generalmente óxido de hierro tanto en su forma férrica (Fe_2O_3) como en su forma ferrosa (FeO), y el contenido total de óxido de hierro se denomina convencionalmente Fe_2O_3 . El óxido de hierro tiene un efecto positivo sobre el comportamiento a altas temperaturas de la lana mineral.
- [0027] La relación $(MgO+Al_2O_3)/Fe_2O_3$ es inferior a 5,0, en particular 2,0 o incluso 3,0 a 5,0. Una relación superior a 5,0 puede favorecer la formación de espinela a temperaturas de estirado y/o afectar a la resistencia a temperaturas muy altas.

[0028] El contenido de óxido de boro (B_2O_3) es como máximo del 2 %, en particular del 0,1 %, incluso del 0,5 %, al 1,5 %, o incluso del 1 %. La presencia de boro puede ser ventajosa para mejorar la biosolubilidad de las fibras y/o mejorar sus propiedades aislantes. En algunas realizaciones, la composición comprende menos del 1 % de B_2O_3 .

5

[0029] La composición de fibras minerales según la invención también puede contener P_2O_5 , en particular en contenidos que pueden alcanzar hasta un 3 %, incluso hasta un 1,2 %, con el fin de aumentar la biosolubilidad a pH neutro. Sin embargo, es preferible que esté esencialmente libre de P_2O_5 , aunque puede estar presente hasta un 0,5 % como impurezas.

10

[0030] La composición según la invención también puede comprender otros elementos presentes, en particular como impurezas inevitables. Puede comprender óxido de titanio (TiO_2) y circonio (ZrO_2), ambos en contenidos dentro de un intervalo que se extiende hasta un 3 %, en particular del 0,1 al 2,0 %, incluso del 1,0 %. La composición está preferiblemente exenta de halógenos, en particular de flúor. Normalmente contiene menos del 1 %, o incluso menos del 0,5 %, de halógenos, en particular de flúor.

15

[0031] Es obvio que los diferentes rangos preferidos descritos anteriormente pueden combinarse libremente entre sí, no siendo posible enumerar todas las diferentes combinaciones en aras de la concisión.

20

[0032] Según una realización preferida, las fibras minerales según la invención presentan una composición química que comprende los siguientes componentes, en porcentajes en peso:

25

SiO_2	39 a 48 %
Al_2O_3	20 a 23 %, preferiblemente 21 a 23 %
CaO	10 a 14 %
MgO	2 a 4 %
Na_2O	7 a 15 %
K_2O	2 a 8 %
Fe_2O_3	3 a 8 %
B_2O_3	0 a 1 %

30

- una relación en masa MgO/RO superior a 0,10 e inferior a 0,50, preferiblemente inferior a 0,40 o incluso inferior a 0,30,
una relación en masa $\text{RO}/(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})$ inferior a 0,60,
una relación en masa $(\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO})/\text{CaO}$ superior a 0,8 e inferior a 1,4, y
5 una relación en masa $(\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3)/\text{Fe}_2\text{O}_3$ inferior a 5,0.

[0033] Otro objeto de la invención es un método para obtener fibras minerales según la invención, que comprende una etapa de fusión de una mezcla vitrificable que tiene sustancialmente la misma composición química que la de dichas fibras minerales, y
10 luego una etapa de fibrilación, en particular por centrifugación interna.

[0034] La etapa de fusión permite obtener un baño de material fundido a partir de una mezcla vitrificable. La mezcla vitrificable comprende diversos materiales básicos naturales y/o artificiales, por ejemplo, arena de sílice, fonolita, dolomita, carbonato de sodio y similares...
15

[0035] La etapa de fusión puede llevarse a cabo de diferentes maneras conocidas, en particular mediante fusión en un horno de combustible o mediante fusión eléctrica.

20 [0036] El horno de combustible comprende al menos un quemador, aéreo (las llamas se sitúan por encima del baño de material fundido y lo calientan por radiación) o sumergido (las llamas se crean directamente dentro del baño de material fundido). El quemador o cada uno de los quemadores puede alimentarse con diversos combustibles, como gas natural o fuelóleo.

25

[0037] Por «fusión eléctrica» se entiende que la mezcla vitrificable se funde por efecto Joule, mediante electrodos sumergidos en el baño de material fundido, con exclusión de cualquier otro medio de calentamiento, como las llamas. La mezcla vitrificable se distribuye normalmente de manera homogénea sobre la superficie del baño de material
30 fundido mediante un dispositivo mecánico y constituye así un escudo térmico que limita la temperatura por encima del baño de material fundido, con el resultado de que no siempre es necesaria la presencia de una superestructura. Los electrodos pueden suspenderse de manera que se sumerjan en el baño de material fundido a través de la

parte superior, instalarse en el fondo o también instalarse en las paredes laterales del tanque. Las dos primeras opciones son generalmente preferibles para tanques de gran tamaño, con el fin de lograr la mejor distribución posible del calentamiento del baño de material fundido. Los electrodos están hechos preferiblemente de molibdeno, aunque
5 opcionalmente también pueden ser de óxido de estaño o grafito. El electrodo de molibdeno se pasa preferiblemente a través del fondo mediante un soporte de electrodo refrigerado por agua y fabricado en acero.

[0038] La etapa de fusión también puede emplear tanto la fusión con combustible como
10 la fusión eléctrica, por ejemplo, empleando un horno de combustión también provisto de electrodos en las paredes laterales, utilizado para acelerar la fusión de la mezcla vitrificable.

[0039] La etapa de fibrilación se lleva a cabo preferiblemente por centrifugación
15 interna.

[0040] Las fibras obtenidas pueden unirse entre sí utilizando una composición de encolado pulverizada sobre su superficie, antes de ser recogidas y moldeadas para dar diversos productos de lana mineral, tales como rollos o paneles. Los productos de lana
20 mineral así unidos comprenden preferiblemente como máximo un 15 % en peso seco de aglutinante, con respecto al peso total del aglutinante y de las fibras minerales.

[0041] Para obtener una resistencia al fuego aún mayor, la lana mineral puede comprender un aditivo de fósforo, preferiblemente pulverizado al mismo tiempo que la
25 composición de encolado. El aditivo de fósforo puede ser un aditivo mineral, como el descrito en la solicitud WO 01/68546, o un aditivo orgánico de fosfato, por ejemplo un oligómero o polímero del tipo poli(ácido fosfónico o fosfórico o éster), tal y como se enseña en la solicitud WO 2006/103375. Sin embargo, las composiciones de lana mineral según la invención tienen la ventaja de presentar intrínsecamente muy buenas
30 propiedades de resistencia a temperaturas muy elevadas. El uso de aditivos de fósforo mejora aún más el rendimiento. Sin embargo, el uso de tales compuestos de fósforo no es necesario, incluso para ciertas aplicaciones muy exigentes que requieren protección

contra el fuego. En algunas realizaciones, la lana mineral no comprende ningún aditivo de fósforo.

5 [0042] Otro objeto de la invención es un producto de aislamiento térmico que comprende fibras minerales según la invención. Dicho producto se presenta, en particular, en forma de rollos o paneles. Se puede emplear, por ejemplo, en edificios, en la industria o en medios de transporte, en particular ferroviarios o marítimos. Es especialmente adecuado para aplicaciones en las que puede estar sometido a altas temperaturas, ya sea de forma continua (aislamiento de hornos o estufas domésticos o 10 industriales, o de tuberías para el transporte de fluidos) o excepcionalmente, en una función de protección contra incendios (puertas cortafuegos, aislamiento de barcos, túneles o plataformas marítimas, etc.). De manera más general, el producto según la invención puede emplearse para aislar térmicamente cualquier tipo de edificios, edificios del sector terciario o viviendas (multifamiliares o individuales). Puede utilizarse, 15 por ejemplo, en sistemas de aislamiento por el exterior, para el aislamiento de casas con estructura de madera, en paneles sándwich, en conductos de ventilación, etc.

[0043] Otro objetivo de la invención es el uso de la lana mineral descrita anteriormente en sistemas de construcción resistentes al fuego.

20

[0044] El término «sistemas de construcción resistentes al fuego» se refiere a sistemas que comprenden generalmente conjuntos de materiales, en particular lana mineral y placas metálicas, que son capaces de retardar eficazmente la propagación del calor, proporcionar protección contra las llamas y los gases calientes y mantener la resistencia 25 mecánica durante un incendio.

[0045] Las pruebas normalizadas definen el grado de resistencia al fuego, expresado en términos del tiempo necesario para que se alcance una temperatura determinada en el lado opuesto del sistema de construcción cuando se somete a un flujo de calor, por 30 ejemplo, procedente de la llama de un quemador o de un horno eléctrico.

[0046] Se considera que un sistema de construcción tiene una capacidad de resistencia al fuego satisfactoria, en particular si es probable que cumpla los requisitos de uno de los siguientes ensayos:

- 5 - ensayo de puertas cortafuegos: ensayos sobre paneles de fibra mineral según se definen en la norma alemana DIN 18 089 - Teil 1 (o equivalente).
- Comportamiento al fuego de los materiales y componentes de construcción, tal y como se define en la norma alemana DIN 4102 (o equivalente). En particular, tenemos en cuenta la norma DIN 4102 - Teil 5 para ensayos a escala real destinados a determinar la clase de resistencia al fuego, y/o la norma DIN 4102 - Teil 8 para ensayos con muestras
10 utilizando un pequeño banco de ensayo.
- Probado de acuerdo con la norma de ensayo IMO A.754(18) (o equivalente), que describe los requisitos generales de ensayo de resistencia al fuego para aplicaciones marinas, incluidos los mamparos de buques. Estos ensayos se realizan en muestras de gran tamaño, con hornos de 3 m por 3 m. Un ejemplo es un puente de acero, en el que
15 el rendimiento exigido en caso de incendio en el lado del aislamiento es satisfacer el criterio de aislamiento térmico durante al menos 60 minutos.

[0047] Los siguientes ejemplos ilustran la invención de forma no limitativa.

20 [0048] Ejemplos

[0049] Se prepararon ejemplos de vidrios (ejemplo 1 según la invención y ejemplos comparativos C1 a C5), cuyas composiciones en peso se presentan en la tabla 1.

- 25 [0050] Se considera que las composiciones tienen propiedades de fibrosidad satisfactorias (OK), en particular para los procesos de estirado centrífugo interno, si tienen una temperatura de fibrosidad ($T_{fib} \approx T_{log3}$) inferior a 1220 °C, una temperatura de liquidus T_{liq} inferior a 1180 °C y un intervalo de fibrosidad $T_{fib} - T_{liq}$ superior a 35 °C. Por el contrario, las propiedades de fibrabilidad no son satisfactorias (NOK) si no se cumple
30 alguna de estas condiciones.

[0051] La contracción se determina mediante análisis termomecánico. Los vidrios obtenidos se reducen a polvo, cuyo tamaño de partícula es inferior a 40 µm. Cada polvo

de vidrio se compacta en forma de gránulos cilíndricos con un diámetro de 5 mm y una altura de aproximadamente 1 cm y con una densidad igual al 64 % de la del vidrio. La contracción, expresada en porcentaje, corresponde a la variación de la altura de un gránulo de polvo de vidrio sometido a un gradiente de 10 K/min desde la temperatura ambiente hasta 1100 °C, con respecto a la altura inicial del gránulo. La medición de la altura de la muestra se realiza utilizando una sonda situada en la parte superior del cilindro. Las pruebas de repetibilidad permiten definir una desviación estándar inferior al 1 %. Se considera satisfactoria (OK) una contracción inferior al 12 % para obtener la resistencia al fuego de la celulosa deseada. Por el contrario, una contracción superior al 12 % no proporciona una resistencia satisfactoria (NOK) a la curva de fuego de la celulosa.

[0052] La presencia de espinelas se mide mediante análisis microscópico. Los vidrios resultantes se reducen a polvos con tamaños de partícula que oscilan entre 815 µm y 2 mm. Los polvos se recocen a temperaturas que oscilan entre Tlog3+50 °C y Tlog3-50 °C. La presencia de cristales de espinela se caracteriza preparando una lámina delgada del vidrio recocido y observándola mediante microscopía óptica o electrónica.

[0053] [Tabla 1]

Vidrio	1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
SiO ₂	43.3	50.0	42.4	41.6	41.2	42.3	45.6	42.5
Al ₂ O ₃	22.1	20.6	24.0	26.5	16.1	24.2	21.8	24.5
CaO	13.2	10.3	11.8	12.6	24.5	9.0	8.5	12.0
MgO	2.24	4.5	1.0	2.9	6.1	3.3	2.2	3.4
Na ₂ O	9.0	7.1	10.3	6.6	1.9	9.5	11.3	4.2
K ₂ O	3.5	0.9	3.5	4.0	1.5	3.9	3.9	6.8
Fe ₂ O ₃	5.5	6.5	6.5	4.8	6.3	6.9	5.8	5.7
B ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0
BaO	0.1	0	<0.1	0.37	0.22	<0.1	<0.1	<0.1
P ₂ O ₅	0.1	0.02	0	0	0.4	0	0	0
TiO ₂	0.65	0	<0.1	0.25	0.9	0.56	0.18	0.57
Otro	<0.3	<0.1	<0.4	<0.4	<0.9	<0.3	<0.4	<0.4
MgO/RO	0.14	0.30	0.08	0.18	0.20	0.27	0.21	0.22
RO/(RO+R ₂ O)	0.55	0.65	0.48	0.60	0.90	0.48	0.42	0.58
(Na ₂ O+MgO)/CaO	0.85	1.13	0.96	0.75	0.33	1.42	1.59	0.63
(MgO+Al ₂ O ₃)/Fe ₂ O ₃	4.3	3.9	3.9	6.13	3.52	5.24	4.17	4.89
Fibrabilidad	OK	NOK	n.m.	n.m.	NOK	OK	OK	OK

Fluidez	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	NOK
Espinela	OK	OK	n.m.	n.m.	n.m.	NOK	OK	NOK

n.m. : no medido

- [0054] La composición del ejemplo 1 según la invención presenta una baja contracción inferior al 12 %, que se mantiene hasta 1100 °C, lo que indica una buena resistencia a temperaturas muy elevadas. Esta composición también tiene una temperatura $T_{\log 3}$ inferior a 1220 °C, una temperatura T_{liq} inferior a 1180 °C y un intervalo de fibrilación superior a 35 °C, lo que permite la fibrilación centrífuga interna sin riesgo de desvitrificación. Además, no se forma espinela a temperaturas de fibrilación, lo que puede afectar a la eficiencia de la fibrilación y/o a la vida útil de los elementos de fibrilación. Por el contrario, las composiciones de los ejemplos comparativos C1 a C6 no permiten cumplir todos estos criterios. Las composiciones C1, C2, C3, C6 y C7 no son suficientemente resistentes a temperaturas muy elevadas. En particular, la composición C6 presenta un colapso de la contracción a partir de 1000 °C, alcanzando más del 20 % a 1100 °C. Las composiciones C1 y C4 no presentan propiedades de fibrabilidad satisfactorias, en particular debido a un T_{liq} demasiado alto para ser fibrado por centrifugación interna. Por último, se observa la formación de espinela a temperaturas de fibrado para las composiciones C5 y C7.