

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 950 823**

51 Int. Cl.:

C03C 13/00 (2006.01)

C03C 3/095 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2016 PCT/CN2016/075781**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16165507**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2016 E 16779482 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2023 EP 3424889**

54 Título: **Composición de fibra de vidrio de alto módulo y fibra de vidrio y material compuesto de la misma**

30 Prioridad:

29.02.2016 CN 201610112748

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

13.10.2023

73 Titular/es:

**JUSHI GROUP CO., LTD. (100.0%)
669 Wenhua Rd. Jushi Science&Technology
Building Tongxiang Economic Development Zone
Tongxiang, Zhejiang 314500, CN**

72 Inventor/es:

**ZHANG, YUQIANG;
CAO, GUORONG;
ZHANG, LIN;
XING, WENZHONG y
GU, GUIJIANG**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 950 823 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 fibra de vidrio de alto módulo y fibra de vidrio y material compuesto de la misma

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a una fibra de vidrio de alto módulo, una composición para la producción de la misma y un material compuesto que comprende la misma.

Descripción de la técnica relacionada

15 La fibra de vidrio es un material de fibra inorgánico que se puede usar para reforzar resinas para producir materiales compuestos con un buen rendimiento. Como material de base de refuerzo para materiales compuestos avanzados, las fibras de vidrio de alto módulo originalmente se usaron principalmente en la industria aeroespacial o en la industria de defensa nacional. Con el avance de la ciencia y la tecnología y el desarrollo de la economía, las fibras de vidrio de alto módulo se han usado ampliamente en campos civiles e industriales, tales como palas eólicas, recipientes a presión, conductos de petróleo de las plataformas de perforación marítima y la industria automotriz.

20 Las composiciones de vidrio de alto módulo originales se basaron en un sistema de $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ y una solución típica fue el vidrio S-2 de la empresa estadounidense OC. El módulo del vidrio S-2 es de 89-90 GPa; sin embargo, la producción de este vidrio resulta extremadamente difícil, ya que su temperatura de formación es de hasta $1.571\text{ }^\circ\text{C}$ y su temperatura de fase líquida es de hasta $1.470\text{ }^\circ\text{C}$ y, por lo tanto, resulta difícil realizar una producción a escala industrial. Por tanto, OC detuvo la producción de fibra de vidrio S-2 y transfirió su patente a la empresa estadounidense AGY.

30 Después de eso, OC desarrolló el vidrio HiPer-tex que tenía un módulo de 87-89 GPa, lo que supuso sacrificar algunas de las propiedades del vidrio en aras de la escala de producción. Sin embargo, ya que la solución de diseño del vidrio HiPer-tex fue simplemente una mejora con respecto al vidrio S-2, la temperatura de formación y la temperatura de fase líquida permanecieron altas, lo que dificulta la atenuación de la fibra de vidrio y, en consecuencia, la producción industrial a gran escala. Por lo tanto, OC también detuvo la producción de fibra de vidrio HiPer-tex y transfirió su patente a la empresa europea 3B.

35 La empresa francesa Saint-Gobain desarrolló el vidrio R que se basa en un sistema de $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ y su módulo es de 86-89 GPa; sin embargo, el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 sigue siendo alto en el vidrio R tradicional y no existe una solución eficaz para mejorar el rendimiento de la cristalización, ya que la relación de Ca respecto a Mg está diseñada de manera inadecuada, lo que provoca, por tanto, dificultad en la formación de fibras, así como un gran riesgo de cristalización, una alta tensión superficial y dificultad de afinado del vidrio fundido. La temperatura de formación del vidrio R alcanza los $1.410\text{ }^\circ\text{C}$ y su temperatura de fase líquida hasta los $1.350\text{ }^\circ\text{C}$. Todo esto ha provocado dificultades para atenuar eficazmente la fibra de vidrio y, en consecuencia, para realizar una producción industrial a gran escala.

45 En China, el Nanjing Fiberglass Research & Design Institute desarrolló un vidrio HS2 que tenía un módulo de 84-87 GPa. Este contiene, principalmente, SiO_2 , Al_2O_3 y MgO , además de incluir determinadas cantidades de Li_2O , B_2O_3 , CeO_2 y Fe_2O_3 . Su temperatura de formación es de solo $1.245\text{ }^\circ\text{C}$ y su temperatura de fase líquida es de $1.320\text{ }^\circ\text{C}$. Ambas temperaturas son mucho más bajas que las del vidrio S. Sin embargo, dado que su temperatura de formación es más baja que su temperatura de fase líquida, lo que resulta desfavorable para el control de la atenuación de la fibra de vidrio, se ha de aumentar la temperatura de formación y se han de usar puntas de forma especial para evitar que se produzca un fenómeno de cristalización en vidrio en el proceso de atenuación de la fibra. Esto provoca dificultades en el control de la temperatura y también dificulta la realización de una producción industrial a gran escala.

50 En general, la técnica anterior mencionada anteriormente para la producción de fibra de vidrio de alto módulo se enfrenta a dificultades, tales como una temperatura de fase líquida relativamente alta, una tasa de cristalización alta, una temperatura de formación relativamente alta, una tensión superficial alta del vidrio, una dificultad alta en el refinado del vidrio fundido y un estrecho intervalo de temperatura (ΔT) para la formación de fibras. Por tanto, la técnica anterior, en general, no puede permitir una producción a gran escala eficaz de la fibra de vidrio de alto módulo.

60 El documento US 2015/0018194 A1 divulga una composición de fibra de vidrio que comprende, en peso, el 59,73 % de SiO_2 , el 17,46 % de Al_2O_3 , el 0,29 % de Fe_2O_3 , el 7,46 % de CaO , el 7,13 % de MgO , el 0,61 % de Li_2O , el 0,19 % Na_2O , el 0,09 % K_2O , el 4,44 % de Y_2O_3 y el 1,90 % de La_2O_3 .

65 El documento WO 2014/062715 A1 divulga composiciones de fibra de vidrio que comprenden, en peso, el 45-65 % de SiO_2 , el 12-27 % de Al_2O_3 , el 5-15 % de MgO , el 2-10 % de CaO , el 0-1 % de Na_2O y el 4-14,5 % de Y_2O_3 .

El documento CN 103086605 A divulga una composición de fibra de vidrio que comprende, en peso, el 64 % de SiO_2 ,

ES 2 950 823 T3

el 19 % de Al_2O_3 , el 3 % de CaO , el 10 % de MgO , <0,8 % de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, el 1 % de Li_2O y el 1 % de Y_2O_3 .

Sumario de la invención

5 Un objetivo de la presente divulgación consiste en proporcionar una composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo. La composición no solo puede mejorar significativamente el módulo elástico de la fibra de vidrio, sino también superar los problemas técnicos en la fabricación de vidrios tradicionales de alto módulo, incluyendo el alto riesgo de cristalización, la alta dificultad en el refinado del vidrio fundido y la baja tasa de endurecimiento del vidrio fundido. La composición también puede reducir significativamente la temperatura de fase líquida y la temperatura de formación de vidrios de alto módulo y, en igualdad de condiciones, reducir significativamente la tasa de cristalización y la tasa de burbujas del vidrio y resulta particularmente adecuada para la producción en horno de tanque de una fibra de vidrio de módulo alto que tiene una tasa de burbujas baja.

15 A fin de lograr el objetivo anterior, de conformidad con una realización de la presente divulgación, se proporciona una composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo, comprendiendo la composición cantidades en porcentaje en peso, de la siguiente manera:

SiO_2	53-68 %
Al_2O_3	13-24,5 %
$\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3$	0,1-8 %
La_2O_3	0,05-1,7 %
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{SrO}$	10-23 %
$\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	<2 %
Fe_2O_3	<1,5 %

20 Además, la relación en porcentaje en peso $\text{C1} = \text{Y}_2\text{O}_3/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $\text{C2} = (\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es mayor de 0,2.

En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de Li_2O es del 0,1-1,5 % en peso.

25 En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de La_2O_3 es del 0,1-1,5 % en peso.

En una clase de esta realización, la relación en porcentaje en peso $\text{C2} = (\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es mayor de 0,22.

30 En una clase de esta realización, la relación en porcentaje en peso $\text{C2} = (\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es mayor de 0,26.

En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO_2	53-68 %
Al_2O_3	13-24,5 %
$\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3$	0,1-8 %
La_2O_3	0,05-1,7 %
$\text{CaO}+\text{MgO}+\text{SrO}$	10-23 %
Li_2O	0,1-1,5 %
$\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	<2 %
Fe_2O_3	<1,5 %

35 Además, la relación en porcentaje en peso $\text{C1} = \text{Y}_2\text{O}_3/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $\text{C2} = (\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3)$ es mayor de 0,2.

40 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO_2	53-68 %
Al_2O_3	13-24,5 %
$\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3$	0,1-8 %

ES 2 950 823 T3

Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

- 5 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de CaO es menor del 12 % en peso.

- 15 En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de CaO es del 2-11 % en peso.

En una clase de esta realización, el contenido total de Y₂O₃+La₂O₃ es del 0,5-7 % en peso.

En una clase de esta realización, el contenido total de Y₂O₃+La₂O₃ es del 1,5-6 % en peso.

- 20 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	<12 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 25 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %

ES 2 950 823 T3

La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

- 5 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 15 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

- 20 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	12-22 %
CaO	2-11 %

ES 2 950 823 T3

Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

- 5 En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,6 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

- 15 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,26.

- 20 En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de SrO es menor del 2 % en peso.

En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de SrO es del 0,1-1,5 % en peso.

En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de MgO es del 8,1-12 % en peso.

- 25 En una clase de esta realización, el intervalo de contenido de MgO es mayor del 12 % y menor del o igual al 14 % en peso.

En una clase de esta realización, la composición comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentajes en peso:

- 30
- | | |
|---|--|
| SiO ₂ | 53-68 % |
| Al ₂ O ₃ | más del 19 % y menos del o igual al 23 % |
| Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ | 0,1-8 % |
| La ₂ O ₃ | 0,05-1,7 % |

ES 2 950 823 T3

CaO+MgO+SrO	10-23 %
MgO	≤11 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	≤1 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95.

5 En una clase de esta realización, la composición contiene TiO₂ con un intervalo de contenido del 0,1-3 % en peso.

En una clase de esta realización, la composición contiene ZrO₂ con un intervalo de contenido del 0-2 % en peso.

En una clase de esta realización, la composición contiene CeO₂ con un intervalo de contenido del 0-1 % en peso.

10 En una clase de esta realización, la composición contiene B₂O₃ con un intervalo de contenido del 0-2 % en peso.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona una fibra de vidrio producida con la composición para la producción de una fibra de vidrio.

15 Además, la fibra de vidrio tiene un módulo elástico mayor de 90 GPa.

Además, la fibra de vidrio tiene un módulo elástico mayor de 95 GPa.

20 De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, se proporciona un material compuesto que incorpora la fibra de vidrio.

25 Los principales puntos de la invención de la composición para la producción de una fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención radican en que esta introduce óxidos de tierras raras Y₂O₃ y La₂O₃ para hacer uso del efecto sinérgico entre los mismos, mantiene un estricto control sobre las relaciones de $Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ y $(Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$, respectivamente, configura razonablemente los intervalos de contenido de Y₂O₃, La₂O₃, Li₂O, CaO, MgO y CaO+MgO+SrO, utiliza el efecto alcalinotérrico mixto de CaO, MgO y SrO y el efecto alcalino mixto de K₂O, Na₂O and Li₂O e introduce selectivamente cantidades adecuadas de TiO₂, ZrO₂, CeO₂ y B₂O₃.

30 Específicamente, la composición para la producción de una fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como cantidades en porcentajes en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

35 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

El efecto y contenido de cada componente en la composición para la producción de una fibra de vidrio se describe de la siguiente manera:

40 el SiO₂ es un óxido principal que forma la red de vidrio y tiene el efecto de estabilizar todos los componentes. En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo de contenido de SiO₂ es del 53-68 %. Preferentemente, el intervalo de contenido de SiO₂ puede ser del 54-64 %.

45 El Al₂O₃ es otro óxido principal que forma la red de vidrio. Cuando se combina con el SiO₂, este puede tener un efecto sustantivo en las propiedades mecánicas del vidrio. El intervalo de contenido de Al₂O₃ en la presente invención es del 13-24,5 %. Un contenido demasiado bajo de Al₂O₃ impedirá obtener propiedades mecánicas suficientemente altas; un contenido demasiado alto aumentará significativamente la viscosidad del vidrio, provocando, de este modo, dificultades de fundición y refinado. Preferentemente, el contenido de Al₂O₃ puede ser del 14-24 %. Además, los inventores han hallado, inesperadamente, en una realización que, cuando el porcentaje en peso de Al₂O₃ se controla para que sea mayor del 19 % y menor del o igual al 23 %, el porcentaje en peso de MgO para que sea menor del o igual al 11 % y el porcentaje en peso total de Li₂O+Na₂O+K₂O para que sea menor del o igual al 1 %, el vidrio puede tener un módulo excepcionalmente alto, una resistencia a la cristalización excelente y un intervalo de temperatura (ΔT) amplio para la formación de fibras.

El Y_2O_3 es un importante óxido de tierras raras. Los inventores hallan que el Y_2O_3 desempeña un papel particularmente eficaz en el aumento del módulo de vidrio y la inhibición de la cristalización en vidrio. Como resulta difícil que los iones Y^{3+} entren en la red de vidrio, normalmente este existe como iones externos en los espacios de la red de vidrio. Los iones Y^{3+} tienen grandes números de coordinación, una alta intensidad de campo y carga eléctrica y una alta capacidad de acumulación. Debido a estas características, los iones Y^{3+} pueden ayudar a mejorar la estabilidad estructural del vidrio y aumentar el módulo del vidrio y, al mismo tiempo, previenen de manera eficaz el movimiento y la disposición de otros iones para inhibir la tendencia a la cristalización del vidrio. El La_2O_3 también es un importante óxido de tierras raras. Los inventores han hallado que, cuando se usa solo, el La_2O_3 muestra, obviamente, un efecto más débil en el aumento del módulo de vidrio y la inhibición de la cristalización, en comparación con el Y_2O_3 . Sin embargo, cuando estos dos óxidos se usen simultáneamente con una relación en porcentaje en peso adecuada entre los mismos, se logrará, inesperadamente, un notable efecto sinérgico. Tal efecto es mejor que el obtenido con el uso de Y_2O_3 o La_2O_3 solo para el aumento del módulo de vidrio y la inhibición de la cristalización. Los inventores sostienen que, aunque el Y_2O_3 y La_2O_3 son de un óxido del mismo tipo que comparte propiedades físicas y químicas similares, los dos óxidos difieren entre sí en términos de estado de coordinación en que los iones de itrio generalmente están hexacoordinados, mientras que los iones de lantano son octaédricos. Por lo tanto, el uso simultáneo de estos dos óxidos, con la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ mayor de 0,5, aportaría las siguientes ventajas: (1) se producirían más estados de coordinación de los iones fuera de la red de vidrio, lo que ayudaría a potenciar la estabilidad y el módulo del vidrio; (2) la hexacoordinación de los iones de itrio asistida por el octaedro de los iones de lantano potenciaría, adicionalmente, la integridad estructural y el módulo del vidrio; y (3) resultaría menos probable que los iones formaran disposiciones regulares a temperaturas más bajas, lo que ayudaría a reducir significativamente la tasa de crecimiento de las fases cristalinas y, por tanto, aumentaría adicionalmente la resistencia a la cristalización en vidrio. Además, el óxido de lantano puede mejorar el efecto de refinado del vidrio fundido. Sin embargo, la masa molar y los radios iónicos del lantano son grandes y una cantidad excesiva de iones de lantano afectaría a la estabilidad estructural del vidrio, por lo que la cantidad introducida de La_2O_3 debe ser limitada.

En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo de contenido combinado de $Y_2O_3+La_2O_3$ puede ser del 0,1-8 %, preferentemente puede ser del 0,5-7 % y más preferentemente puede ser del 1,5-6 %. Por otro lado, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95. Además, el intervalo de contenido de La_2O_3 es del 0,05-1,7 % y más preferentemente del 0,1-1,5 %. Además, el contenido de Y_2O_3 puede ser del 0,1-6,3 %, preferentemente del 0,3-6 % y más preferentemente del 1-5,5 %.

Los inventores también hallan que el efecto sinérgico de los dos óxidos de tierras raras anteriores está estrechamente relacionado con el contenido de oxígeno libre en el vidrio. El Y_2O_3 en estado cristalino tiene defectos de vacancia y, cuando se introduce Y_2O_3 en el vidrio, estos defectos de vacancia se llenarían con otros óxidos, especialmente óxidos de metales alcalinos. Diferentes grados de llenado conducirían a diferentes estados de coordinación y densidades de apilamiento del Y_2O_3 , teniendo así un efecto significativo en las propiedades del vidrio. De manera similar, el La_2O_3 también necesita una gran cantidad de oxígeno para llenar las vacancias. Con el fin de adquirir suficiente oxígeno libre y, por consiguiente, lograr una estructura de apilamiento más compacta y una mejor resistencia a la cristalización, el intervalo de la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ en la presente invención es mayor de 0,2, preferentemente mayor de 0,22 y más preferentemente mayor de 0,26.

Tanto el K_2O como el Na_2O pueden reducir la viscosidad del vidrio y son buenos agentes fundentes. Los inventores han hallado que, mediante el reemplazo del Na_2O con K_2O , al tiempo que se mantiene la cantidad total de óxidos de metales alcalinos sin cambios, puede reducir la tendencia a la cristalización del vidrio y mejorar el rendimiento de formación de fibras. En comparación con el Na_2O y el K_2O , el Li_2O no solo puede reducir significativamente la viscosidad del vidrio, mejorando, de este modo, el rendimiento de fundición del vidrio, sino que, obviamente, también ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del vidrio. Además, una pequeña cantidad de Li_2O proporciona un considerable oxígeno libre, lo que ayuda a que más iones de aluminio formen una coordinación tetraédrica, potencia la estructura de red del vidrio y mejora adicionalmente las propiedades mecánicas del vidrio. Sin embargo, ya que un exceso de iones de metales alcalinos en la composición del vidrio afectaría a la resistencia a la corrosión del vidrio, se debe limitar la cantidad introducida. Por lo tanto, en la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo de contenido total de $Li_2O+Na_2O+K_2O$ es menor del 2 %. Además, el intervalo de contenido de Li_2O es del 0,1-1,5 %.

El CaO , MgO y SrO principalmente tienen el efecto de controlar la cristalización en vidrio y regular la viscosidad del vidrio y la tasa de endurecimiento del vidrio fundido. Particularmente en el control de la cristalización en vidrio, los inventores han obtenido efectos inesperados mediante el control de las cantidades introducidas de los mismos y las relaciones entre los mismos. En general, en un vidrio de alto rendimiento basado en el sistema de $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$, las fases cristalinas que contiene después de la cristalización en vidrio incluyen principalmente dióxido de silicio ($CaMgSi_2O_6$) y anortita ($CaAl_2Si_2O_3$). Con el fin de inhibir de manera eficaz la tendencia de estas dos fases cristalinas a cristalizar y disminuir la temperatura de fase líquida del vidrio y la tasa de cristalización, la presente invención ha controlado racionalmente el contenido total de $CaO+MgO+SrO$ y las relaciones entre los mismos y ha utilizado el efecto alcalinotérreo mixto para formar una estructura de apilamiento compacta, por lo que se necesita más energía para que los núcleos cristalinos se formen y crezcan. De esta manera, se inhibe la tendencia a la cristalización en vidrio y se optimiza el rendimiento de endurecimiento del vidrio fundido. Además, un sistema de vidrio que contiene

óxido de estroncio tiene una estructura de vidrio más estable, mejorando así las propiedades del vidrio. En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo del contenido total de CaO+MgO+SrO es del 10-23 % y preferentemente del 12-22 %.

5 Como modificador de red, un exceso de CaO aumentaría la tendencia a la cristalización en vidrio, lo que conduciría a la precipitación de cristales, tales como la anortita y la wollastonita, en la masa fundida de vidrio. Por lo tanto, el intervalo de contenido de CaO puede ser menor del 12 % y preferentemente puede ser del 2-11 %. El MgO tiene un efecto similar en la red de vidrio como CaO, no obstante, la intensidad de campo de Mg^{2+} es mayor, lo que desempeña un papel importante en el aumento del módulo de vidrio. Además, en una realización de la presente invención, el intervalo de contenido de MgO puede ser del 8,1-12 %; en otra realización de la presente invención, el intervalo de contenido de MgO puede ser mayor del 12 % y menor del o igual al 14 %. Además, el intervalo de contenido de SrO puede ser menor del 2 % y preferentemente puede ser del 0,1-1,5 %.

15 El Fe_2O_3 facilita la fundición del vidrio y también puede mejorar el rendimiento de cristalización del vidrio. Sin embargo, dado que los iones férricos y los iones ferrosos tienen un efecto colorante, se debe limitar la cantidad introducida. Por lo tanto, en la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo de contenido de Fe_2O_3 es menor del 1,5 %.

20 En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, las cantidades adecuadas de TiO_2 , ZrO_2 , CeO_2 y B_2O_3 se puede introducir selectivamente para aumentar adicionalmente el módulo de vidrio y mejorar la cristalización en vidrio y el rendimiento de refinado. En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, el contenido de TiO_2 puede ser del 0,1-3 %, el contenido de ZrO_2 puede ser del 0-2 %, el contenido de CeO_2 puede ser del 0-1 % y el contenido de B_2O_3 puede ser del 0-2 %.

25 Además, la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención puede incluir pequeñas cantidades de otros componentes con un contenido total no mayor del 2 %.

30 En la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención, los efectos beneficiosos producidos mediante los intervalos seleccionados anteriormente mencionados de los componentes se explicarán a modo de Ejemplos a través de los datos experimentales específicos.

Los siguientes son Ejemplos de intervalos de contenido preferidos de los componentes contenidos en la composición para la producción de una fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención.

35 Composición 1

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO_2	53-68 %
Al_2O_3	13-24,5 %
$Y_2O_3+La_2O_3$	0,1-8 %
La_2O_3	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li_2O	0,1-1,5 %
$Li_2O+Na_2O+K_2O$	<2 %
Fe_2O_3	<1,5 %

40 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

45 De acuerdo con la Composición 1, la fibra de vidrio resultante tiene un módulo elástico mayor de 90 GPa.

Composición 2

50 La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO_2	53-68 %
Al_2O_3	13-24,5 %
$Y_2O_3+La_2O_3$	0,1-8 %

ES 2 950 823 T3

Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

5 Composición 3

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

15 Composición 4

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	<12 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

20 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

Composición 5

25 La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %

ES 2 950 823 T3

CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

5 Composición 6

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

15 Composición 7

15 La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

20 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

Composición 8

25 La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %

ES 2 950 823 T3

Y ₂ O ₃	0,3-6 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	12-22 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

5 Composición 9

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

15 Composición 10

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	<12 %
SrO	0,1-1,5
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

20 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

Composición 11

25 La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
------------------	---------

ES 2 950 823 T3

Al ₂ O ₃	más del 19 % y menos del o igual al 23 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
MgO	≤11 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	≤1 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95.

De acuerdo con la Composición 11, la fibra de vidrio resultante tiene un módulo elástico mayor de 95 GPa.

5

Composición 12

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

10

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
MgO	más del 12 % y menos del o igual al 14 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95.

De acuerdo con la Composición 12, la fibra de vidrio resultante tiene un módulo elástico mayor de 95 GPa.

15

Composición 13

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

20

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

25 De acuerdo con la Composición 13, la composición tiene una temperatura de fase líquida menor de o igual a 1.300 °C, preferentemente menor de o igual a 1.280 °C y más preferentemente menor de o igual a 1.230 °C; y el módulo elástico de la fibra de vidrio resultante es de 92-106 GPa.

Composición 14

30

La composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

ES 2 950 823 T3

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,26.

5

Composición 15

Una composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo que no es de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

10

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	<1,8 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %
TiO ₂	0,1-3 %
SrO	0-2 %
B ₂ O ₃	0-2 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,5. Composición 16

15

Una composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo que no es de acuerdo con la presente invención comprende los siguientes componentes expresados en cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	<1,8 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %
CeO ₂	0-1 %
ZrO ₂	0-2 %
SrO	0,1-1,5 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,5.

20

Descripción detallada de la invención

Con el fin de aclarar mejor los fines, las soluciones técnicas y las ventajas de los Ejemplos de la presente invención, las soluciones técnicas en los Ejemplos de la presente invención se describen clara y completamente a continuación. Evidentemente, los Ejemplos descritos en el presente documento son solo parte de los Ejemplos de la presente invención y no son todos los Ejemplos. Todas las demás realizaciones de ejemplo obtenidas por parte de un experto

25

en la materia sobre la base de los Ejemplos de la presente invención sin realizar un trabajo creativo se encontrarán, todas, dentro del alcance de protección de la presente invención. Lo que debe quedar claro es que, siempre que no exista ningún conflicto, los Ejemplos y las características de los Ejemplos de la presente solicitud se pueden combinar arbitrariamente entre sí.

5 El concepto básico de la presente invención es que los componentes de la composición para la producción de una fibra de vidrio expresados en cantidades en porcentaje en peso son: el 53-68 % de SiO₂, el 13-24,5 % de Al₂O₃, el 0,1-8 % de Y₂O₃+La₂O₃, el 0,05-1,7 % de La₂O₃, el 10-23 % de CaO+MgO+SrO, menos del 2 % de Li₂O+Na₂O+K₂O y menos del 1,5 % de Fe₂O₃, en donde el intervalo de la relación en porcentaje en peso C1 = Y₂O₃/(Y₂O₃+La₂O₃) es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso C2 = (Li₂O+Na₂O+K₂O)/(Y₂O₃+La₂O₃) es mayor de 0,2. La composición puede aumentar en gran medida el módulo de vidrio, superar dificultades, tales como el alto riesgo de cristalización, la alta dificultad de refinado y la baja tasa de endurecimiento del vidrio fundido, reducir notablemente las temperaturas de fase líquida y formación del vidrio y reducir significativamente la tasa de cristalización del vidrio y la tasa de burbujas, haciéndola así particularmente adecuada para la producción de fibras de vidrio de alto módulo con hornos revestidos de producto refractario.

Los valores de contenido específico del SiO₂, Al₂O₃, Y₂O₃, La₂O₃, CaO, MgO, Li₂O, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, TiO₂, SrO y ZrO₂ en la composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención se seleccionan para usarse en los Ejemplos y las comparaciones con el vidrio S, el vidrio R tradicional y el vidrio R mejorado se preparan en términos de los siguientes seis parámetros de propiedad,

(1) Temperatura de formación, la temperatura a la que la masa fundida de vidrio tiene una viscosidad de 103 poise.
 (2) Temperatura de fase líquida, la temperatura a la que los núcleos cristalinos comienzan a formarse cuando la masa fundida de vidrio se enfría, es decir, la temperatura de límite superior para la cristalización del vidrio.

(3) Valor de ΔT, que es la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura de fase líquida e indica el intervalo de temperatura al que se puede realizar el estirado de la fibra.

(4) Temperatura de cristalización de pico, la temperatura que corresponde al pico más fuerte de cristalización en vidrio durante los ensayos de DTA. En general, cuanto mayor es esta temperatura, más energía necesitan los núcleos cristalinos para crecer y menor es la tendencia a la cristalización en vidrio.

(5) Módulo elástico, el módulo elástico lineal que define la capacidad del vidrio para resistir la deformación elástica, que se ha de medir según la norma ASTM2343.

(6) Cantidad de burbujas, que se ha de determinar en un procedimiento expuesto de la siguiente manera: se usan moldes específicos para comprimir los materiales de lote de vidrio en cada Ejemplo en muestras de la misma dimensión, que se colocarán, a continuación, sobre la plataforma de muestras de un microscopio de alta temperatura. Se calientan las muestras de acuerdo con los procedimientos convencionales hasta la temperatura espacial preestablecida de 1.500 °C y, a continuación, se enfría las mismas directamente con la plaza de enfriamiento del microscopio hasta la temperatura ambiente sin conservación del calor. Finalmente, se examina cada una de las muestras de vidrio con un microscopio de luz polarizada para determinar la cantidad de burbujas en las muestras. Una burbuja se identifica de acuerdo con una amplificación específica del microscopio.

Los seis parámetros mencionados anteriormente y los métodos de medición de los mismos son bien conocidos por parte de un experto en la materia. Por lo tanto, estos parámetros se pueden usar de manera eficaz para explicar las propiedades de la composición de fibra de vidrio de la presente invención.

Los procedimientos específicos para los experimentos son los siguientes: cada componente se puede adquirir a partir de las materias primas adecuadas. Se mezclan las materias primas en las proporciones adecuadas de modo que cada componente alcance el porcentaje en peso final esperado. El lote mixto se funde y el vidrio fundido se refina. A continuación, el vidrio fundido se extrae por las puntas de los cojinetes, formando, de este modo, la fibra de vidrio. La fibra de vidrio se atenúa sobre el mandril de pinzas giratorio de una bobinadora para formar tortas o paquetes. Por supuesto, se pueden usar métodos convencionales para procesar en profundidad estas fibras de vidrio para cumplir con los requisitos esperados.

Las realizaciones de ejemplo de la composición de fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención se proporcionan a continuación.

Ejemplo 1

SiO ₂	59,3 %
Al ₂ O ₃	16,8 %
CaO	8,3 %

ES 2 950 823 T3

MgO	9,9 %
Y ₂ O ₃	1,8 %
La ₂ O ₃	0,4 %
Na ₂ O	0,23 %
K ₂ O	0,36 %
Li ₂ O	0,75 %
Fe ₂ O ₃	0,44 %
TiO ₂	0,43 %
SrO	1,0 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,82 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,61.

5 En el Ejemplo 1, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.299 °C
Temperatura de fase líquida	1.203 °C
ΔT	96 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.030 °C
Módulo elástico	94,8 GPa
Cantidad de burbujas	5

Ejemplo 2

SiO ₂	59,2 %
Al ₂ O ₃	16,9 %
CaO	7,9 %
MgO	9,7 %
Y ₂ O ₃	3,3 %
La ₂ O ₃	0,5 %
Na ₂ O	0,22 %
K ₂ O	0,37 %
Li ₂ O	0,75 %
Fe ₂ O ₃	0,44 %
TiO ₂	0,44 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,87 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,35.

15 En el Ejemplo 2, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.298 °C
Temperatura de fase líquida	1.197 °C
ΔT	101 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.034 °C
Módulo elástico	96,4 GPa
Cantidad de burbujas	4

Ejemplo 3

SiO ₂	58,8 %
Al ₂ O ₃	17,0 %
CaO	5,5 %

ES 2 950 823 T3

MgO	10,5 %
Y ₂ O ₃	5,0 %
La ₂ O ₃	0,6 %
Na ₂ O	0,27 %
K ₂ O	0,48 %
Li ₂ O	0,75 %
Fe ₂ O ₃	0,43 %
TiO ₂	0,41 %

Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,89 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,27.

5 En el Ejemplo 3, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.305 °C
Temperatura de fase líquida	1.205 °C
ΔT	100 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.035 °C
Módulo elástico	102,1 GPa
Cantidad de burbujas	4

Ejemplo 4

SiO ₂	57,8 %
Al ₂ O ₃	19,4 %
CaO	7,2 %
MgO	8,8 %
Y ₂ O ₃	3,7 %
La ₂ O ₃	0,6 %
Na ₂ O	0,13 %
K ₂ O	0,30 %
Li ₂ O	0,55 %
Fe ₂ O ₃	0,44 %
TiO ₂	0,82 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,93 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,23.

15 En el Ejemplo 4, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.310 °C
Temperatura de fase líquida	1.196 °C
ΔT	114 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.034 °C
Módulo elástico	99,4 GPa
Cantidad de burbujas	4

Ejemplo 5

SiO ₂	59,5 %
Al ₂ O ₃	16,5 %
CaO	5,8 %
MgO	12,1 %

ES 2 950 823 T3

Y ₂ O ₃	3,4 %
La ₂ O ₃	0,4 %
Na ₂ O	0,19 %
K ₂ O	0,28 %
Li ₂ O	0,70 %
Fe ₂ O ₃	0,44 %
TiO ₂	0,43 %

Además, la relación en porcentaje en peso C1 = $Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,89 y la relación en porcentaje en peso C2 = $(Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,31.

5 En el Ejemplo 5, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.296 °C
Temperatura de fase líquida	1.216 °C
ΔT	80 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.023 °C
Módulo elástico	98,8 GPa
Cantidad de burbujas	4

Ejemplo 6

SiO ₂	59,3 %
Al ₂ O ₃	16,9 %
CaO	7,5 %
MgO	9,7 %
Y ₂ O ₃	3,1 %
La ₂ O ₃	0,4 %
Na ₂ O	0,21 %
K ₂ O	0,42 %
Li ₂ O	0,71 %
Fe ₂ O ₃	0,44 %
TiO ₂	0,43 %
SrO	0,6 %

10 Además, la relación en porcentaje en peso C1 = $Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,89 y la relación en porcentaje en peso C2 = $(Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,38.

15 En el Ejemplo 6, los valores medidos de los seis parámetros son, respectivamente:

Temperatura de formación	1.296 °C
Temperatura de fase líquida	1.198 °C
ΔT	98 °C
Temperatura de cristalización de pico	1.035 °C
Módulo elástico	96,7 GPa
Cantidad de burbujas	4

20 Las comparaciones de los parámetros de las propiedades de los Ejemplos mencionados anteriormente y otros Ejemplos de la composición de fibra de vidrio de la presente invención con los del vidrio S, el vidrio R tradicional y el vidrio R mejorado se presentan adicionalmente, a continuación, por medio de tablas, en donde los contenidos de los componentes de la composición de fibra de vidrio se expresan en porcentaje en peso. Lo que debe quedar claro es que la cantidad total de los componentes en los Ejemplos es ligeramente menor del 100 % y se debe entender que la cantidad restante son impurezas de traza o una pequeña cantidad de componentes que no se pueden analizar.

ES 2 950 823 T3

Tabla 1A

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Componente	SiO ₂	59,3	59,8	59,3	59,5	59,6	59,0	59,0
	Al ₂ O ₃	16,9	16,9	16,9	16,5	16,5	16,1	17,0
	CaO	7,5	8,0	8,1	5,8	5,1	9,1	8,1
	MgO	9,7	9,7	9,7	12,1	12,5	9,4	11,0
	Y ₂ O ₃	3,1	2,1	3,1	3,4	3,6	2,4	1,6
	La ₂ O ₃	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	0,7
	Na ₂ O	0,21	0,21	0,21	0,19	0,22	0,23	0,23
	K ₂ O	0,42	0,42	0,42	0,28	0,42	0,38	0,37
	Li ₂ O	0,71	0,71	0,71	0,70	0,50	0,70	0,65
	Fe ₂ O ₃	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
TiO ₂	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,44	
SrO	0,6	0,6	-	-	-	-	-	
Relación	C1	0,89	0,84	0,89	0,89	0,90	0,71	0,70
	C2	0,38	0,54	0,38	0,31	0,29	0,39	0,54
Parámetro	Temperatura de formación/°C	1.296	1.297	1.295	1.296	1.298	1.296	1.290
	Temperatura de fase líquida/°C	1.198	1.201	1.205	1.216	1.223	1.197	1.210
	ΔT/°C	98	96	90	80	75	99	80
	Temperatura de cristalización de pico/°C	1.035	1.032	1.030	1.023	1.021	1.033	1.026
	Módulo elástico/GPa	96,7	95,2	95,7	98,8	99,6	95,4	94,4
	Cantidad de burbujas/unidades	4	4	4	4	5	2	3

Tabla 1B

		A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Componente	SiO ₂	59,6	59,3	62,1	59,1	57,0	57,8	59,2
	Al ₂ O ₃	16,9	16,8	15,7	14,9	21,1	19,4	15,5
	CaO	7,6	6,8	8,9	9,0	4,5	7,2	10,3
	MgO	9,6	11,2	9,4	10,6	10,0	8,8	9,6
	Y ₂ O ₃	3,1	3,5	1,1	2,4	3,5	3,7	1,9
	La ₂ O ₃	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,1
	Na ₂ O	0,21	0,23	0,23	0,23	0,25	0,13	0,21
	K ₂ O	0,41	0,51	0,42	0,38	0,34	0,30	0,43
	Li ₂ O	1,00	0,20	0,80	0,75	0,75	0,55	0,70
	Fe ₂ O ₃	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
	TiO ₂	0,43	0,43	0,39	0,42	0,76	0,82	0,39
	SrO	-	-	-	-	0,6	-	-
ZrO ₂	-	-	-	-	-	-	1,0	
Relación	C1	0,89	0,92	0,79	0,83	0,88	0,93	0,95
	C2	0,46	0,25	1,04	0,47	0,34	0,23	0,67
Parámetro	Temperatura de formación/°C	1.292	1.297	1.297	1.293	1.306	1.310	1.295
	Temperatura de fase líquida/°C	1.198	1.207	1.199	1.197	1.214	1.196	1.201
	ΔT/°C	94	90	98	96	92	114	94
	Temperatura de cristalización de pico/°C	1.032	1.028	1.031	1.032	1.023	1.034	1.028
	Módulo elástico/GPa	96,5	96,9	93,5	94,6	99,2	99,4	94,2
	Cantidad de burbujas/unidades	5	5	6	4	5	4	6

Tabla 1C

		A15	A16	A17	A18	Vidrio S	Vidrio R tradicional	Vidrio R mejorado
Componente	SiO ₂	58,8	59,3	59,3	59,2	65	60	60,75
	Al ₂ O ₃	17,0	16,7	16,8	16,9	25	25	15,80
	CaO	5,5	9,4	8,3	7,9	-	9	13,90
	MgO	10,5	9,7	9,9	9,7	10	6	7,90
	Y ₂ O ₃	5,0	1,6	1,8	3,3	-	-	-
	La ₂ O ₃	0,6	0,8	0,4	0,5	-	-	-
	Na ₂ O	0,27	0,22	0,23	0,22	cantidad de traza	cantidad de traza	0,73
	K ₂ O	0,48	0,38	0,36	0,37	cantidad de traza	cantidad de traza	
	Li ₂ O	0,75	0,75	0,75	0,75	-	-	0,48
	Fe ₂ O ₃	0,43	0,44	0,44	0,44	cantidad de traza	cantidad de traza	0,18
	TiO ₂	0,41	0,43	0,43	0,44	cantidad de traza	cantidad de traza	0,12
SrO	-	-	1,0	-	-	-	-	
Relación	C1	0,89	0,67	0,82	0,87	-	-	-
	C2	0,27	0,56	0,61	0,35	-	-	-
Parámetro	Temperatura de formación/°C	1.305	1.298	1.299	1.298	1.571	1.430	1.278
	Temperatura de fase líquida/°C	1.205	1.200	1.203	1.197	1.470	1.350	1.210
	ΔT/°C	100	98	96	101	101	80	68
	Temperatura de cristalización de pico/°C	1.035	1.032	1.030	1.034	-	1.010	1.016
	Módulo elástico/GPa	102,1	94,0	94,8	96,4	89	88	87
	Cantidad de burbujas/unidades	4	3	5	4	40	30	25

A partir de los valores de las Tablas anteriores, se puede observar que, en comparación con el vidrio S y el vidrio R tradicional, la composición de fibra de vidrio de la presente invención tiene las siguientes ventajas: (1) un módulo elástico mucho más alto; (2) una temperatura de fase líquida mucho más baja, lo que ayuda a reducir el riesgo de cristalización y aumenta la eficacia del estirado de las fibras; una temperatura de cristalización de pico relativamente alta, lo que indica que se necesita más energía para la formación y crecimiento de núcleos cristalinos durante el proceso de cristalización del vidrio, es decir, el riesgo de cristalización en vidrio de la presente invención es menor en igualdad de condiciones; (3) una menor cantidad de burbujas, lo que indica un mejor refinado del vidrio fundido.

Tanto el vidrio S como el vidrio R tradicional no pueden permitir el logro de una producción a gran escala con hornos revestidos de producto refractario y, con respecto al vidrio R mejorado, parte de las propiedades del vidrio se ve comprometida para reducir la temperatura de fase líquida y la temperatura de formación, de modo que se disminuya la dificultad de producción y se pueda lograr la producción con hornos revestidos de producto refractario. Por el contrario, la composición de fibra de vidrio de la presente invención no solo tiene una temperatura de fase líquida y una tasa de cristalización suficientemente bajas que permiten la producción con hornos revestidos de producto refractario, sino que también aumenta significativamente el módulo de vidrio, resolviendo, de este modo, el cuello de botella técnico de que el módulo de la fibra de vidrio S y la fibra de vidrio R no se puede mejorar con el crecimiento de la escala de producción.

La composición para la producción de una fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención se puede usar para la preparación de fibras de vidrio que tengan las propiedades mencionadas anteriormente.

La composición para la producción de una fibra de vidrio de acuerdo con la presente invención en combinación con uno o más materiales orgánicos y/o inorgánicos se puede usar para la preparación de materiales compuestos que tengan características mejoradas, tales como los materiales de base reforzados con fibra de vidrio.

Finalmente, lo que debe quedar claro es que, en este texto, los términos "contener", "comprender" o cualquier otra variante están destinados a significar "incluir no exclusivamente", de modo que cualquier proceso, método, artículo o equipo que contenga una serie de factores deberá incluir no solo tales factores, sino también incluir otros factores que no se enumeran explícitamente o también incluir factores intrínsecos de tal proceso, método, objeto o equipo. Sin más limitaciones, los factores definidos en una expresión, tal como "contener un/una...", no descartan que existan otros factores iguales en el proceso, método, artículo o equipo que incluyan dichos factores.

5 Los ejemplos anteriores se proporcionan únicamente con el fin de ilustrar en lugar de limitar las soluciones técnicas de la presente invención. Aunque la presente invención se describe con detalle por medio de los Ejemplos mencionados anteriormente, el experto en la materia entenderá que también se pueden realizar modificaciones a las soluciones técnicas incorporadas en todos los Ejemplos mencionados anteriormente o realizar una sustitución equivalente de algunas de las características técnicas. Sin embargo, tales modificaciones o sustituciones no harán que las soluciones técnicas resultantes se desvíen sustancialmente de los espíritus e intervalos de las soluciones técnicas incorporadas, respectivamente, en todos los Ejemplos de la presente invención.

10 Aplicabilidad industrial de la invención

15 La composición para la producción de una fibra de vidrio de la presente invención no solo tiene una temperatura de fase líquida y una tasa de cristalización suficientemente bajas que permiten la producción con hornos revestidos de producto refractario, sino que también aumenta significativamente el módulo de vidrio, resolviendo, de este modo, el cuello de botella técnico de que el módulo de la fibra de vidrio S y la fibra de vidrio R no se puede mejorar con la escala de producción potenciada. En comparación con los vidrios de alto módulo de la corriente principal actual, la composición de fibra de vidrio de la presente invención ha logrado un gran avance en términos de módulo elástico, rendimiento de cristalización y rendimiento de refinado del vidrio, con un módulo significativamente mejorado, un riesgo de cristalización notablemente reducido y una cantidad relativamente pequeña de burbujas en igualdad de
20 condiciones. Por tanto, la solución técnica global de la presente invención resulta particularmente adecuada para la producción en horno de tanque de una fibra de vidrio de alto módulo que tenga una baja tasa de burbujas.

REIVINDICACIONES

1. Una composición para la producción de una fibra de vidrio de alto módulo, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

5

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

10 la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95 y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

2. La composición de la reivindicación 1, que comprende entre el 0,1 y el 1,5 % en peso de Li₂O.

15 3. La composición de la reivindicación 1, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

20 la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95; y la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

4. La composición de la reivindicación 1, que comprende menos del 12 % en peso de CaO.

25 5. La composición de la reivindicación 1, que comprende entre el 2 y el 11 % en peso de CaO.

6. La composición de la reivindicación 1, que comprende entre el 1,5 y el 6 % en peso de Y₂O₃+La₂O₃.

30 7. La composición de la reivindicación 1, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	<12 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95; y
 la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

- 5 8. La composición de la reivindicación 1, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	13-24,5 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,5-7 %
Y ₂ O ₃	0,1-6,3 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

10

la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95; y
 la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,2.

- 15 9. La composición de la reivindicación 1, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	54-64 %
Al ₂ O ₃	14-24 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	1,5-6 %
Y ₂ O ₃	1-5,5 %
La ₂ O ₃	0,1-1,5 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %
CaO	2-11 %
Li ₂ O	0,1-1,5 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	<2 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

20

la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95; y
 la relación en porcentaje en peso $C2 = (Li_2O+Na_2O+K_2O)/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es mayor de 0,22.

10. La composición de la reivindicación 1, que comprende entre el 0,1 y el 1,5 % en peso de SrO.

25

11. La composición de la reivindicación 1, que comprende entre el 8,1 y el 12 % en peso de MgO.

12. La composición de la reivindicación 1, que comprende más del 12 y menos del o igual al 14 % en peso de MgO.

30

13. La composición de la reivindicación 1, que comprende los siguientes componentes con las correspondientes cantidades en porcentaje en peso:

SiO ₂	53-68 %
Al ₂ O ₃	más del 19 % y menos del o igual al 23 %
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃	0,1-8 %
La ₂ O ₃	0,05-1,7 %
CaO+MgO+SrO	10-23 %

ES 2 950 823 T3

MgO	≤11 %
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	≤1 %
Fe ₂ O ₃	<1,5 %

en donde

la relación en porcentaje en peso $C1 = Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$ es de 0,7-0,95.

5

14. Una fibra de vidrio, que se produce usando la composición de la reivindicación 1.

15. Un material compuesto, que comprende la fibra de vidrio de la reivindicación 14.