

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 984**

51 Int. Cl.:

C03C 13/00 (2006.01)

C03C 13/02 (2006.01)

C03C 3/095 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2016 PCT/CN2016/086022**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.11.2017 WO17190405**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2016 E 16900927 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 3354628**

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

30 Prioridad:

07.06.2016 CN 201610403705

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2020

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

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 773 984 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 La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente china n.º 201610403705.7 presentada el 7 de junio de 2016 y titulada "*high-modulus glass fiber composition, glass fiber and composite material therefrom*".

Campo de la invención

- 10 La invención se refiere a composiciones de fibra de vidrio de alto módulo, en particular, a composiciones de fibra de vidrio de alto módulo que pueden usarse como material base de refuerzo para materiales compuestos avanzados, y a la fibra de vidrio y al material compuesto a partir de las mismas.

Antecedentes de la invención

- 15 La fibra de vidrio es un material de fibra inorgánico que puede usarse para reforzar resinas para producir materiales compuestos con buen rendimiento. Como material base de refuerzo para materiales compuestos avanzados, se usaron originalmente fibras de vidrio de alto módulo principalmente en la industria de defensa nacional, tal como industria aeronáutica, aeroespacial y militar. Con el progreso 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, tuberías de crudo de petróleo en alta mar y la industria del automóvil.

- 20 Las composiciones de vidrio de alto módulo originales se basaron en un sistema de $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, y una composición típica era el S-2 Glass desarrollado por la empresa OC de EE.UU. Su módulo es de 89-90 GPa; sin embargo, la producción de S-2 Glass es excesivamente difícil, ya que su temperatura de conformado es de hasta aproximadamente 1571°C y su temperatura del liquidus es de hasta 1470°C y, por tanto, es difícil realizar la producción industrial a gran escala. Luego la empresa OC abandonó la producción de fibra de S-2 Glass y asignó la patente a la empresa AGY de EE.UU.

- 30 Después de eso, la empresa OC ha desarrollado el vidrio HiPer-tex. Su módulo es de 87-89 GPa, que fue una compensación para la escala de producción sacrificando algunas de las propiedades del vidrio. Sin embargo, ya que estas soluciones diseñadas sólo realizaron una mejora simple sobre el S-2 Glass, la temperatura de conformado y la temperatura del liquidus de la fibra de vidrio eran todavía altas y la producción de vidrio siguió siendo muy difícil, también es difícil realizar producción en hornos de cuba a gran escala. Luego la empresa OC abandonó la producción de fibra de vidrio HiPer-tex y asignó la patente de fibra de vidrio HiPer-tex a la empresa 3B de Europa.

- 40 Saint-Gobain de Francia ha desarrollado el vidrio R que se basa en un sistema de $\text{MgO-CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, y su módulo es de 86-89 GPa. Sin embargo, el contenido total de SiO_2 y Al_2O_3 permanece alto en el vidrio R tradicional, y no existe una solución eficaz para mejorar el rendimiento de cristalización, ya que la razón de Ca con respecto a Mg se diseña de manera inapropiada, provocándose así una dificultad en la formación de fibras, así como un gran riesgo de cristalización, alta tensión superficial y dificultad de refinamiento del vidrio fundido. La temperatura de conformado es de hasta aproximadamente 1410°C y la temperatura del liquidus es de hasta 1350°C. Todo esto ha provocado atenuación en la atenuación de fibra de vidrio y, por consiguiente, dando como resultado la realización de producción en hornos de cuba a gran escala.

- 45 El Nanjing Fiberglass Research & Design Institute Co. Ltd en China ha desarrollado el vidrio HS2 que tiene un módulo de 84-87 GPa. El vidrio HS2 comprende principalmente SiO_2 , Al_2O_3 y MgO , y también se introducen determinadas cantidades de Li_2O , B_2O_3 , CeO_2 y Fe_2O_3 ; su temperatura de conformado es de sólo aproximadamente 1245°C y su temperatura del liquidus es de 1320°C. Ambas temperaturas son mucho menores que las de la fibra de vidrio S. Sin embargo, debido a que su temperatura de conformado es inferior que su temperatura del liquidus, dando como resultado así un valor de ΔT negativo, que no es favorable para el control de la atenuación de fibras de vidrio, la temperatura de conformado tiene que aumentarse y las puntas especialmente formadas de la boquilla han de usarse para impedir que se produzca el fenómeno de cristalización del vidrio en el procedimiento de estirado de fibras. Esto provoca dificultad en el control de la temperatura y también hace difícil realizar la producción en hornos de cuba a gran escala.

- 60 En resumen, se ha encontrado que, diversas clases de fibras de vidrio de alto módulo en esta fase enfrentan generalmente dificultad en la producción en hornos de cuba a gran escala, tal como alta temperatura del liquidus, alta tasa de cristalización, alta temperatura de conformado, alta tensión superficial y dificultad de refinamiento del vidrio fundido, y un intervalo de temperaturas estrecho (ΔT) para la formación de fibras e incluso un ΔT negativo. Por estos motivos, la mayoría de las empresas tienden a reducir la dificultad de producción sacrificando algunas de las propiedades del vidrio. Por tanto, el módulo de las fibras de vidrio mencionadas anteriormente no puede mejorarse con el crecimiento de la escala de producción, y el cuello de botella del módulo ha permanecido mucho tiempo sin resolverse en la producción de la fibra de vidrio S.

- 65 El documento WO2014/062715 da a conocer fibras de vidrio de alto módulo que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , CaO y

MgO con adiciones de Y_2O_3 .

El documento CN105392744A da a conocer fibras de vidrio de alto módulo que comprenden SiO_2 , Al_2O_3 , CaO y MgO . En algunas realizaciones se añade al menos un óxido de tierras raras que comprende al menos uno de La_2O_3 , Y_2O_3 , Sc_2O_3 y Nd_2O_3 a la composición.

Sumario de la invención

La presente invención tiene como objetivo proporcionar una composición de fibra de vidrio de alto módulo que pueda resolver los problemas antes mencionados. La composición puede no sólo mejorar significativamente el módulo del vidrio, sino que también resuelve los problemas de producción de los vidrios de alto módulo tradicionales, tales como alto riesgo de cristalización, dificultad de refinamiento y la dificultad de la realización de producción en hornos de cuba a gran escala eficiente. La composición puede reducir significativamente la temperatura del liquidus, la tasa de cristalización de vidrio fundido y la cantidad de burbujas en las mismas condiciones y, por tanto, es más adecuada para la producción en hornos de cuba a gran escala de fibra de vidrio de alto módulo con una baja cantidad de burbujas.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una composición de fibra de vidrio que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO_2	el 55,7-58,9%
Al_2O_3	el 15-19,9%
Y_2O_3	el 0,1-4,3%
La_2O_3	menos del o igual al 1,5%
CeO_2	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
$Li_2O+Na_2O+K_2O$	menos del o igual al 0,99%
Li_2O	menos del o igual al 0,65%
Fe_2O_3	menos del 1%
TiO_2	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6.

En la que, el contenido total de La_2O_3 y CeO_2 se restringe además para que sea del 0,1-2% en porcentaje en peso.

En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ se restringe además para que sea de 5,8-9,3.

En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ se restringe además para que sea de 0,9-1,6.

En la que, el contenido de Li_2O se restringe además para que sea del 0,05-0,55% en porcentaje en peso.

En la que, el contenido de Y_2O_3 se restringe además para que sea del 0,5-3,9% en porcentaje en peso.

En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ se restringe además para que sea de 0,75-0,97.

En la que, la composición de fibra de vidrio comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO_2	el 55,7-58,9%
Al_2O_3	el 15-19,9%
Y_2O_3	el 0,1-4,3%
La_2O_3	menos del o igual al 1,5%
CeO_2	menos del o igual al 1,2%

CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

5

En la que, el contenido de La₂O₃ se restringe además para que sea del 0,05-1,2% en porcentaje en peso.

En la que, el contenido de CeO₂ se restringe además para que sea del 0,05-1% en porcentaje en peso.

- 10 En la que, la composición de fibra de vidrio comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

15

En la que, la composición de fibra de vidrio comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

20

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%

TiO₂ el 0,1-1%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

5 En la que, la composición de fibra de vidrio comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 56,5-58,9%
Al ₂ O ₃	el 16-19,5%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6,8-9,3%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	el 0,05-0,55%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

10 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,75-0,97, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

En la que, el contenido de CaO se restringe además para que sea del 8-9,3% en porcentaje en peso.

15 En la que, el contenido total de Li₂O+Na₂O+K₂O se restringe además para que sea del 0,4-0,94% en porcentaje en peso.

En la que, el contenido total de Na₂O+K₂O se restringe además para que sea del 0,15-0,55% en porcentaje en peso.

20 En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ se restringe además para que sea de 6,7-8.

25 En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ se restringe además para que sea de 1,05-1,4.

En la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ se restringe además para que sea mayor de 1.

30 En la que, el contenido de Y₂O₃ se restringe además para que sea del 1,3-3,9% en porcentaje en peso.

En la que, el contenido total de Y₂O₃+La₂O₃+CeO₂ se restringe además para que sea del 1,4-4,2% en porcentaje en peso.

35 En la que, la composición de fibra de vidrio puede comprender además B₂O₃ con un intervalo de contenido del 0-3% en porcentaje en peso.

Según otro aspecto de esta invención, se proporciona una fibra de vidrio producida con dicha composición de fibra de vidrio.

40 Según aún otro aspecto de esta invención, se proporciona un material compuesto que incorpora dicha fibra de vidrio.

45 Según la composición de fibra de vidrio de alto módulo de esta invención, la principal innovación es que, la composición introduce los óxidos de tierras raras Y₂O₃, La₂O₃ y CeO₂, hace un uso completo del efecto de tierras raras mezcladas entre ellas, controla de manera razonable las razones de $Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3)$, La_2O_3/CeO_2 , SiO_2/CaO y $MgO/(CaO+SrO)$, diseña de manera razonable los intervalos de contenido de Y₂O₃, La₂O₃, CeO₂, Li₂O,

CaO, MgO, $\text{La}_2\text{O}_3+\text{CeO}_2$, $\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3+\text{CeO}_2$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ y $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, y hace un uso completo del efecto de alcalinotérreos mezclados de CaO, MgO y SrO y el efecto de alcalinos mezclados de K_2O , Na_2O y Li_2O ; además, la composición introduce de manera selectiva una pequeña cantidad de B_2O_3 .

- 5 Específicamente, la composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO_2	el 55,7-58,9%
Al_2O_3	el 15-19,9%
Y_2O_3	el 0,1-4,3%
La_2O_3	menos del o igual al 1,5%
CeO_2	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
$\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	menos del o igual al 0,99%
Li_2O	menos del o igual al 0,65%
Fe_2O_3	menos del 1%
TiO_2	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=\text{Y}_2\text{O}_3/(\text{Y}_2\text{O}_3+\text{La}_2\text{O}_3+\text{CeO}_2)$ es mayor de 0,6.

- 10 El efecto y el contenido de cada componente en dicha composición de fibra de vidrio se describe de la siguiente manera:

- 15 El SiO_2 es un óxido principal que forma la red del vidrio y tiene un efecto de estabilización de todos los componentes. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo de contenido restringido de SiO_2 es del 55,7-58,9% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo de contenido de SiO_2 puede ser del 56,5-58,9% expresado como porcentaje en peso.

- 20 El Al_2O_3 es otro óxido que forma la red del vidrio. Cuando se combina con SiO_2 , puede tener un efecto sustancial sobre las propiedades mecánicas del vidrio. El intervalo de contenido restringido de Al_2O_3 en la composición de fibra de vidrio de esta invención es del 15-19,9% expresado como porcentaje en peso. Siendo el contenido de Al_2O_3 demasiado bajo, hará imposible tener altas propiedades mecánicas; siendo el contenido de Al_2O_3 demasiado alto provocará que la viscosidad del vidrio sea excesivamente alta dando como resultado así problemas de fusión y refinamiento. Preferiblemente, el intervalo de contenido de Al_2O_3 puede ser del 16-19,5% expresado como porcentaje en peso. Más preferiblemente, el intervalo de contenido de Al_2O_3 puede ser del 16,7-19,3% expresado como porcentaje en peso.

- 30 El Y_2O_3 es un importante óxido de tierras raras. Los inventores han encontrado que tiene efectos particulares en la mejora del módulo de elasticidad y la inhibición de la tendencia a la cristalización del vidrio. El ion Y^{3+} está generalmente en los huecos de la red del vidrio como el ion de modificación de red, para el ion Y^{3+} es difícil entrar en la estructura del vidrio. El ion Y^{3+} tiene alto número de coordinación, alta intensidad de campo, alta carga eléctrica y fuerte capacidad de acumulación, y puede tomar oxígeno libre para compensar un defecto de la red, mejorar la estabilidad de la estructura del vidrio y el módulo de elasticidad del vidrio. Mientras tanto, también puede inhibir de manera eficaz el movimiento y la disposición de otros iones, reduciéndose así la tendencia a la cristalización del vidrio. De manera adicional, los inventores han encontrado que, el aumento del contenido de Y_2O_3 no conduce a un efecto significativo sobre la mejora de las propiedades mecánicas cuando el contenido de Y_2O_3 excede del 4,3%, y la densidad del vidrio podría aumentarse significativamente, restringiéndose así la mejora del módulo específico y la intensidad específica; en este caso, el módulo específico y la intensidad específica podrían incluso reducirse en determinadas condiciones, lo que no es favorable para la fibra de vidrio de peso ligero.

- 40 El La_2O_3 también es un importante óxido de tierras raras. Los inventores han encontrado que, cuando se usa solo, el La_2O_3 muestra un efecto más débil en el aumento del módulo y la inhibición de la cristalización, en comparación con el Y_2O_3 . Sin embargo, el efecto sinérgico de la combinación de óxidos de tierras raras es notable cuando estos dos óxidos de tierras raras se usan simultáneamente en una razón controlada de manera razonable entre los dos, y el efecto sobre el aumento del módulo del vidrio y la inhibición de la cristalización del vidrio es inesperadamente superior al del uso separado de Y_2O_3 o La_2O_3 . En opinión de los inventores, el Y_2O_3 y el La_2O_3 son del mismo grupo de óxidos y sus propiedades físicas y químicas son similares excepto porque tienen estados de coordinación diferentes. Generalmente, el ion de itrio se caracteriza por una hexacoordinación mientras que el ion de lantano por una octocoordinación. Por tanto, la combinación de los dos óxidos con una razón diseñada de manera razonable

podría tener los siguientes efectos beneficiosos. En primer lugar, puede ofrecer más estructura de coordinación de iones de modificación de red, siendo la estructura principal un ion de itrio hexacoordinado combinado con un ion de lantano octocoordinado, lo que ayuda a mejorar la estabilidad de la estructura del vidrio y el módulo de elasticidad del vidrio. En segundo lugar, el óxido de lantano puede aumentar la cantidad de oxígeno libre y fomentar más transiciones de $[\text{AlO}_6]$ a $[\text{AlO}_4]$, potenciándose así adicionalmente la integridad de la estructura del vidrio y aumentando el módulo del vidrio. En tercer lugar, ya que diversos iones se restringen entre sí, la probabilidad de una disposición regular de iones también se reducirá cuando se reduzca la temperatura, ayudándose así a reducir significativamente la tasa de crecimiento de cristales y mejorar además la resistencia a la cristalización del vidrio. Sin embargo, ya que la masa molar y los radios iónicos del lantano son relativamente grandes, y demasiados iones octocoordinados podrían afectar a la estabilidad de la estructura, la cantidad añadida de lantano no debería ser muy alta.

El CeO_2 es un importante agente de refinamiento de vidrio de tierras raras. Los inventores han encontrado que la sustitución de parte del Y_2O_3 o el La_2O_3 con una pequeña cantidad de CeO_2 puede tener un efecto significativo en el aumento del módulo del vidrio y la inhibición de la cristalización del vidrio, y el efecto será más pronunciado cuando se usen simultáneamente los tres óxidos de tierras raras, es decir, Y_2O_3 , La_2O_3 y CeO_2 , con razones diseñadas de manera razonable entre sí. En opinión de los inventores, por un lado, el CeO_2 puede proporcionar más oxígeno libre con respecto a itrio para compensar un defecto de la red; por otro lado, los tres iones de tierras raras con radios iónicos e intensidades de campo diferentes pueden potenciar el efecto de apilamiento compacto de la estructura, que no sólo potencia adicionalmente la integridad de la estructura del vidrio y mejora las propiedades del vidrio, sino que también refuerza la fuerza de retención entre los iones para mejorar el rendimiento de cristalización del vidrio.

Por tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo restringido del contenido de Y_2O_3 es del 0,1-4,3% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo restringido del contenido de Y_2O_3 puede ser del 0,5-3,9% expresado como porcentaje en peso. Más preferiblemente, el intervalo restringido del contenido de Y_2O_3 puede ser del 1,3-3,9% expresado como porcentaje en peso. El intervalo restringido del contenido de La_2O_3 es de menos del o igual al 1,5% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo restringido del contenido de La_2O_3 puede ser del 0,05-1,2% expresado como porcentaje en peso. El intervalo restringido del contenido de CeO_2 es de menos del o igual al 1,2% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo restringido del contenido de CeO_2 puede ser del 0,05-1% expresado como porcentaje en peso.

Mientras tanto, el intervalo restringido de la razón de porcentajes en peso $C1 = \text{Y}_2\text{O}_3 / (\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2)$ es mayor de 0,6. Preferiblemente, el intervalo restringido de la razón de porcentajes en peso $C1 = \text{Y}_2\text{O}_3 / (\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2)$ puede ser mayor de 0,7. Más preferiblemente, el intervalo restringido de la razón de porcentajes en peso $C1 = \text{Y}_2\text{O}_3 / (\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2)$ puede ser de 0,75-0,97. Mientras tanto, el intervalo del contenido total de $\text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2$ puede ser adicionalmente del 0,1-2% expresado como porcentaje en peso. El intervalo de la razón de porcentajes en peso $C4 = \text{La}_2\text{O}_3 / \text{CeO}_2$ puede ser adicionalmente mayor de 1. El intervalo del contenido total de $\text{Y}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2$ puede ser adicionalmente del 1,4-4,2% expresado como porcentaje en peso.

El CaO , MgO y SrO tienen principalmente el efecto de control de la cristalización del vidrio, la regulación de la viscosidad del vidrio y el control de la velocidad de endurecimiento del vidrio fundido. Se han obtenido efectos inesperados especialmente sobre el control de la cristalización del vidrio controlando el contenido de CaO , MgO y SrO y las razones de los mismos. Generalmente, la fase cristalina después de la cristalización de vidrios de alto rendimiento basados en un sistema de $\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ comprende principalmente dióxido de silicio ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) y anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Para inhibir de manera eficaz la tendencia a la cristalización de las dos fase cristalinas, reducir la temperatura del liquidus y la tasa de cristalización del vidrio, diseñando de manera razonable los intervalos de contenido de CaO , MgO y SrO y las razones de los mismos, que hacen un uso completo del efecto de alcalinotérreos mezclados para alcanzar una estructura compacta de apilamiento, es necesaria más energía para formar y hacer crecer los núcleos de los cristales, inhibiéndose así la tendencia a la cristalización del vidrio y optimizando de manera eficaz la velocidad de endurecimiento del vidrio fundido. Los inventores han encontrado que, el contenido de MgO en la composición de esta invención se aumenta en gran medida en comparación con el contenido de vidrio R tradicional y vidrio R mejorado, y la composición puede tener mayor módulo de elasticidad, inferior temperatura y tasa de cristalización cuando el intervalo del contenido de MgO se mantiene de manera rígida al 9,05-9,95% expresado como porcentaje en peso y el intervalo de la razón de porcentajes en peso de $\text{MgO} / (\text{CaO} + \text{SrO})$ se diseña de manera razonable para que sea de 0,9-1,6. Los inventores han encontrado adicionalmente que, el crecimiento de anortita podría controlarse de manera eficaz para inhibir la tendencia a la cristalización del vidrio controlando de manera razonable la razón de SiO_2/CaO , ya que el impulso del crecimiento de dióxido de silicio es relativamente fuerte en los dos cristales debido al contenido relativamente alto de MgO en la composición de esta invención.

Por tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo restringido del contenido de MgO es del 9,05-9,95% expresado como porcentaje en peso. El intervalo restringido del contenido de CaO es del 6-10% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo del contenido de CaO puede ser del 6,8-9,3% expresado como porcentaje en peso.

De manera adicional, en algunas soluciones técnicas, el intervalo del contenido de CaO puede ser adicionalmente del 8-9,3% expresado como porcentaje en peso. El intervalo del contenido de SrO puede ser adicionalmente menos del o igual al 2% expresado como porcentaje en peso.

- 5 Mientras tanto, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2 = \text{SiO}_2/\text{CaO}$ puede ser adicionalmente de 5,8-9,3. Preferiblemente, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2 = \text{SiO}_2/\text{CaO}$ puede ser de 6,3-8,5. Más preferiblemente, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2 = \text{SiO}_2/\text{CaO}$ puede ser de 6,7-8. El intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3 = \text{MgO}/(\text{CaO} + \text{SrO})$ puede ser adicionalmente de 0,9-1,6. Preferiblemente, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3 = \text{MgO}/(\text{CaO} + \text{SrO})$ puede ser de 1-1,5. Más preferiblemente, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3 = \text{MgO}/(\text{CaO} + \text{SrO})$ puede ser de 1,05-1,4.

15 Tanto el K_2O como el Na_2O son buenos agentes fundentes que pueden reducir la viscosidad del vidrio. Los inventores han encontrado que, sustituyendo el Na_2O por K_2O mientras que se mantiene la cantidad total de óxidos de metales alcalinos sin cambiar puede reducir la tendencia a la cristalización del vidrio y mejorar el rendimiento de obtención de fibras. El Li_2O puede no sólo reducir la viscosidad del vidrio de manera drástica para mejorar el rendimiento de fusión, sino también ayudar de manera notable a mejorar las propiedades mecánicas, en comparación con el Na_2O y el K_2O . Además, una pequeña cantidad de Li_2O puede proporcionar oxígeno libre considerable, fomentándose así más iones de aluminio para formar una coordinación tetraédrica que podría ayudar a reforzar la red del vidrio y reducir adicionalmente la tendencia a la cristalización del vidrio. Pero la cantidad añadida de iones de metales alcalinos no debe ser demasiado alta, ya que el alto contenido de iones de metales alcalinos reducirá la resistencia a la corrosión del vidrio. De manera adicional, los óxidos de tierras raras tienen una alcalinidad relativamente fuerte, y pueden desempeñar un papel similar al de los óxidos de metales alcalinos y los óxidos de metales alcalinotérreos en algunos aspectos. Por tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo del contenido total de $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ es de menos del o igual al 0,99% expresado como porcentaje en peso. El intervalo del contenido de Li_2O es de menos del o igual al 0,65% expresado como porcentaje en peso. El intervalo del contenido total de $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ puede ser adicionalmente del 0,4-0,94% expresado como porcentaje en peso. El intervalo del contenido de Li_2O puede ser adicionalmente del 0,05-0,55% expresado como porcentaje en peso. El intervalo del contenido total de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ puede ser adicionalmente del 0,15-0,55% expresado como porcentaje en peso.

30 La introducción de Fe_2O_3 facilita la fusión del vidrio y también puede mejorar las propiedades de cristalización del vidrio. Sin embargo, ya que los iones férricos y los iones ferrosos tienen efectos de coloración, debería limitarse la cantidad introducida. Por tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo restringido del contenido de Fe_2O_3 es de menos del 1% expresado como porcentaje en peso.

35 El TiO_2 puede no sólo reducir la viscosidad del vidrio a alta temperatura, sino también tener un determinado efecto fundente. Sin embargo, ya que los iones de titanio tienen efectos de coloración, en la composición de fibra de vidrio de esta invención, el intervalo restringido del contenido de TiO_2 es del 0,1-1,5% expresado como porcentaje en peso. Preferiblemente, el intervalo de contenido de TiO_2 puede ser del 0,1-1% expresado como porcentaje en peso.

40 En la composición de fibra de vidrio de esta invención, puede introducirse de manera selectiva una pequeña cantidad de B_2O_3 , que puede mejorar adicionalmente el rendimiento de cristalización del vidrio. Por tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, el intervalo restringido del contenido de B_2O_3 puede ser del 0-3% expresado como porcentaje en peso.

45 Además de los componentes mencionados anteriormente, puede estar presente una pequeña cantidad de otros componentes en la composición de vidrio según la presente invención, y el porcentaje en peso total de los otros componentes es de menos del o igual al 2%.

50 En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, los efectos beneficiosos producidos por los intervalos seleccionados mencionados anteriormente de los componentes se explicarán a través de los datos experimentales proporcionados a continuación.

55 Las siguientes son realizaciones de intervalos de contenido preferidos de los componentes contenidos en la composición de fibra de vidrio según la presente invención.

Realización preferida 1

60 La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO_2	el 55,7-58,9%
Al_2O_3	el 15-19,9%
Y_2O_3	el 0,1-4,3%

La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3.

5 Realización preferida 2

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

10

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,75-0,97.

Realización preferida 3

15 La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

5 Realización preferida 4

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

10 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

15 Realización preferida 5

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

20 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

25 Realización preferida 6

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

5 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

Realización preferida 7

10 La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 56,5-58,9%
Al ₂ O ₃	el 16-19,5%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6,8-9,3%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	el 0,05-0,55%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

15 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,75-0,97, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

Realización preferida 8

20 La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%

La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 8-9,3%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

5

Realización preferida 9

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

10

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	el 0,4-0,94%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

15

Realización preferida 10

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

20

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%

Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	0,1-1%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,7-8 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

5

Realización preferida 11

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

10

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,05-1,4.

15

Realización preferida 12

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

20

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es mayor de 1.

25 Realización preferida 13

La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 1,3-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

- 5 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

Realización preferida 14

- 10 La composición de fibra de vidrio de alto módulo según la presente invención comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 1,4-4,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

- 15 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2= SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3= MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

Descripción detallada de la invención

- 20 Para aclarar mejor los propósitos, soluciones técnicas y ventajas de los ejemplos de la presente invención, a continuación, se describen de manera clara y completa las soluciones técnicas en los ejemplos de la presente invención. Obviamente, los ejemplos descritos en el presente documento son sólo parte de los ejemplos de la presente invención y no son todos los ejemplos. Todas las otras realizaciones a modo de ejemplo obtenidas por un experto en la técnica basándose en los ejemplos en la presente invención sin la realización de un trabajo creativo estarán dentro del alcance de protección de la presente invención. Lo que es necesario que quede claro es que, siempre que no exista conflicto, los ejemplos y las características de los ejemplos en la presente solicitud pueden
- 25

combinarse de manera arbitraria entre sí.

El concepto de la presente invención es que, la composición de fibra de vidrio comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso: SiO₂ el 55,7-58,9%, Al₂O₃ el 15-19,9%, Y₂O₃ el 0,1-4,3%, La₂O₃ menos del o igual al 1,5%, CeO₂ menos del o igual al 1,2%, CaO el 6-10%, MgO el 9,05-9,95%, SrO menos del o igual al 2%, Li₂O+Na₂O+K₂O menos del o igual al 0,99%, Li₂O menos del o igual al 0,65%, Fe₂O₃ menos del 1% y TiO₂ 0,1-1,5%, y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6. La composición puede no sólo mejorar significativamente el módulo del vidrio, sino también resolver los problemas de producción de vidrio de alto módulo tradicional, tales como el alto riesgo de cristalización, la dificultad de refinamiento y la dificultad de realización de una producción en hornos de cuba a gran escala eficiente. La composición puede reducir significativamente la temperatura del liquidus, la tasa de cristalización de vidrio fundido y la cantidad de burbujas en las mismas condiciones y, por tanto, es más adecuada para la producción en hornos de cuba a gran escala de fibra de vidrio de alto módulo con baja cantidad de burbujas.

Los valores de contenido específico de SiO₂, Al₂O₃, Y₂O₃, La₂O₃, CeO₂, CaO, MgO, Li₂O, Na₂O, K₂O, Fe₂O₃, TiO₂ y SrO en la composición de fibra de vidrio de la presente invención se seleccionan para usarse en los ejemplos, que se comparan con las propiedades de vidrio S, vidrio R tradicional y vidrio R mejorado en cuanto a los siguientes seis parámetros de propiedades:

(1) Temperatura de conformado, la temperatura a la que el vidrio fundido tiene una viscosidad de 10³ poise.

(2) Temperatura del liquidus, la temperatura a la que los núcleos de los cristales comienzan a formarse cuando el cristal fundido se enfría, es decir, la temperatura del límite superior para la cristalización del vidrio.

(3) Valor de ΔT , que es la temperatura diferencial entre la temperatura de conformado y la temperatura del liquidus e indica el intervalo de temperaturas a la que puede realizarse el estirado de fibras.

(4) Temperatura máxima de cristalización, la temperatura del máximo de cristalización más fuerte en la prueba de DTA (*Differential Thermal Analysis*, análisis térmico diferencial). Generalmente, cuanto mayor sea la temperatura, más energía es necesaria para hacer crecer los núcleos de los cristales, y la tendencia a la cristalización del vidrio es más pequeña.

(5) Módulo de elasticidad, el módulo en la dirección longitudinal que indica la capacidad del vidrio para resistir la deformación elástica, que va a medirse según la norma ASTM2343.

(6) Cantidad de burbujas, que va a determinarse aproximadamente en un procedimiento explicado de la siguiente manera:

Usar moldes específicos para comprimir los materiales del lote en cada ejemplo en muestras de la misma dimensión, que luego se colocarán en la plataforma de muestras de un microscopio de calentamiento. Calentar las muestras de vidrio según procedimientos convencionales hasta una temperatura espacial establecida previamente de 1500°C, y luego se enfría la muestra de vidrio hasta la temperatura ambiental sin conservación de calor. Finalmente, se examina cada una de las muestras de vidrio de manera microscópica en un microscopio de polarización para determinar la cantidad de burbujas en las muestras. En el que, la cantidad de burbujas se identifica según una puntuación específica de la imagen del microscopio.

Los seis parámetros mencionados anteriormente y los métodos de medición de los mismos son bien conocidos por un experto en la técnica. Por tanto, los parámetros mencionados anteriormente pueden usarse 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 de la siguiente manera: cada componente puede adquirirse a partir de los materiales de partida apropiados; los materiales de partida se mezclan en las proporciones apropiadas de manera que cada componente alcance el porcentaje en peso final esperado; el lote mezclado se funde y clarifica; luego el vidrio fundido se estira a través de las puntas de las boquillas, formándose así la fibra de vidrio; la fibra de vidrio se atenúa en la virola rotatoria de un bobinador para formar tortas o envases. Por supuesto, pueden usarse métodos convencionales para procesar de manera profunda estas fibras de vidrio para cumplir los requisitos esperados.

A continuación, se proporcionan las realizaciones a modo de ejemplo de la composición de fibra de vidrio según la presente invención.

Ejemplo 1

SiO ₂	el 58,2%
Al ₂ O ₃	el 18,0%
CaO	el 8,2%
MgO	el 9,8%
Y ₂ O ₃	el 3,4%
La ₂ O ₃	el 0,43%
CeO ₂	el 0,1%
Na ₂ O	el 0,13%
K ₂ O	el 0,30%
Li ₂ O	el 0,49%
Fe ₂ O ₃	el 0,46%
TiO ₂	el 0,49%

en la que, la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,86, la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 7,11, la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,20 y la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es de 4,3.

5

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

Temperatura de conformado	1298°C
Temperatura del liquidus	1198°C
ΔT	100°C
Temperatura máxima de cristalización	1037°C
Módulo de elasticidad	97,4 GPa
Cantidad de burbujas	3

Ejemplo 2

10

SiO ₂	el 57,8%
Al ₂ O ₃	el 19,1%
CaO	el 7,8%
MgO	el 9,5%
Y ₂ O ₃	el 3,5%
La ₂ O ₃	el 0,25%
CeO ₂	el 0,15%
Na ₂ O	el 0,20%
K ₂ O	el 0,23%
Li ₂ O	el 0,51%
Fe ₂ O ₃	el 0,46%
TiO ₂	el 0,50%

en la que, la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,90, la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 7,41, la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,22 y la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es de 1,67.

15

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

Temperatura de conformado	1299°C
Temperatura del liquidus	1198°C
ΔT	101°C
Temperatura máxima de cristalización	1038°C

Módulo de elasticidad	98,5 GPa
Cantidad de burbujas	2

Ejemplo 3

SiO ₂	el 58,5%
Al ₂ O ₃	el 17,5%
CaO	el 8,1%
MgO	el 9,8%
Y ₂ O ₃	el 3,9%
La ₂ O ₃	el 0,25%
CeO ₂	el 0,05%
Na ₂ O	el 0,11%
K ₂ O	el 0,31%
Li ₂ O	el 0,50%
Fe ₂ O ₃	el 0,46%
TiO ₂	el 0,52%

5 en la que, la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,93, la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 7,22, la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,21 y la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es de 5,0.

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

10

Temperatura de conformado	1298°C
Temperatura del liquidus	1200°C
ΔT	98°C
Temperatura máxima de cristalización	1039°C
Módulo de elasticidad	99,4 GPa
Cantidad de burbujas	3

Ejemplo 4

SiO ₂	el 58,1%
Al ₂ O ₃	el 18,3%
CaO	el 8,1%
MgO	el 9,8%
Y ₂ O ₃	el 3,2%
La ₂ O ₃	el 0,3%
CeO ₂	el 0,1%
Na ₂ O	el 0,14%
K ₂ O	el 0,35%
Li ₂ O	el 0,43%
Fe ₂ O ₃	el 0,46%
TiO ₂	el 0,72%

15 en la que, la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,89, la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 7,17, la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,21 y la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es de 3,0.

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

20

Temperatura de conformado	1298°C
Temperatura del liquidus	1201°C
ΔT	97°C
Temperatura máxima de cristalización	1035°C
Módulo de elasticidad	96,8 GPa
Cantidad de burbujas	3

Ejemplo 5

SiO ₂	el 58,5%
Al ₂ O ₃	el 17,4%
CaO	el 8,05%
MgO	el 9,8%
Y ₂ O ₃	el 3,6%
La ₂ O ₃	el 0,07%
CeO ₂	el 0,05%
Na ₂ O	el 0,11%
K ₂ O	el 0,31%
Li ₂ O	el 0,51%
Fe ₂ O ₃	el 0,44%
TiO ₂	el 0,46%
SrO	el 0,6%

- 5 en la que, la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,97, la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 7,27, la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1,22, y la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es de 1,4.

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

10

Temperatura de conformado	1298°C
Temperatura del liquidus	1202°C
ΔT	96°C
Temperatura máxima de cristalización	1035°C
Módulo de elasticidad	98,1
Cantidad de burbujas	4

Las comparaciones de los parámetros de 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, vidrio R tradicional y vidrio R mejorado se realizan adicionalmente a continuación por medio de tablas, en las que el contenido de componentes de la composición de fibra de vidrio se expresa como porcentaje en peso. Lo que es necesario que quede claro es que la cantidad total de los componentes en los ejemplos es ligeramente menor del 100%, y debe entenderse que la cantidad restante son impurezas traza o una pequeña cantidad de componentes que no puede analizarse.

15

Tabla 1A

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Componente	SiO ₂	58,4	58,5	58,1	58,1	58,1	58,6	58,3
	Al ₂ O ₃	19,3	17,4	18,3	17,7	18,3	19,6	17,9
	CaO	8,1	8,05	6,8	8,1	8,1	8,7	8,3
	MgO	9,95	9,8	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9
	Y ₂ O ₃	0,25	3,6	3,2	3,2	3,2	0,5	2,6
	La ₂ O ₃	0,1	0,07	0,3	-	0,3	0,2	1,2

	CeO ₂	0,05	0,05	0,1	1,0	0,1	0,05	-
	Na ₂ O	0,14	0,11	0,14	0,14	0,14	0,15	0,13
	K ₂ O	0,19	0,31	0,35	0,35	0,35	0,19	0,26
	Li ₂ O	0,64	0,51	0,43	0,43	0,43	0,65	0,51
	Fe ₂ O ₃	0,53	0,44	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44
	TiO ₂	1,35	0,46	0,72	0,72	0,72	1,0	0,46
	SrO	1,0	0,6	1,3	-	-	-	-
Razón	C1	0,63	0,97	0,89	0,76	0,89	0,67	0,68
	C2	7,21	7,27	8,54	7,17	7,17	6,74	7,02
	C3	1,23	1,22	1,44	1,21	1,21	1,14	1,18
	C4	2,0	1,4	3,0	-	3,0	4,0	-
Parámetro	Temperatura de conformado/°C	1300	1298	1303	1297	1298	1305	1298
	Temperatura del liquidus/°C	1208	1202	1203	1205	1201	1208	1205
	ΔT/°C	92	96	100	92	97	97	93
	Temperatura máxima de cristalización/°C	1032	1035	1036	1032	1035	1032	1031
	Módulo de elasticidad/GPa	93,8	98,1	97,4	96,1	96,8	94,2	95,6
	Cantidad de burbujas /piezas	6	4	5	2	4	5	5

Tabla 1B

Componente	SiO ₂	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
	Al ₂ O ₃	58,6	57,8	57,8	57,8	57,7	58,9	58,1
	CaO	18,1	19,1	19,1	19,1	19,05	15,9	19,5
	MgO	7,5	7,8	7,8	7,8	8,6	9,3	8,3
	Y ₂ O ₃	9,4	9,5	9,5	9,5	9,05	9,95	9,95
	La ₂ O ₃	4,3	3,5	3,5	3,5	3,2	3,5	1,5
	CeO ₂	0,15	0,25	0,4	-	0,4	0,35	0,55
	Na ₂ O	0,05	0,15	-	-	0,1	0,15	0,15
	K ₂ O	0,14	0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,13
	Li ₂ O	0,40	0,23	0,23	0,23	0,23	0,26	0,21
	Fe ₂ O ₃	0,25	0,51	0,51	0,51	0,51	0,49	0,61
	TiO ₂	0,51	0,46	0,46	0,46	0,46	0,39	0,44
	SrO	0,60	0,50	0,50	0,90	0,50	0,64	0,56
		-	-	-	-	-	-	-
Razón	C1	0,96	0,90	0,90	1,0	0,86	0,90	0,68
	C2	7,81	7,41	7,41	7,41	6,71	6,33	7,0
	C3	1,25	1,22	1,22	1,22	1,05	1,07	1,20
	C4	3,0	1,67	-	-	4,0	2,33	3,67
Parámetro	Temperatura de conformado/°C	1298	1299	1298	1300	1299	1296	1304
	Temperatura del liquidus/°C	1200	1198	1204	1210	1203	1206	1203
	ΔT/°C	98	101	94	90	96	90	101
	Temperatura máxima de cristalización/°C	1040	1038	1033	1024	1035	1033	1032
	Módulo de elasticidad/GPa	98,4	98,5	97,0	96,0	96,6	96,0	94,6

	Cantidad de burbujas /piezas	3	2	5	8	4	3	4
--	------------------------------	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 1C

		A15	A16	A17	A18	Vidrio S	Vidrio R tradicional	Vidrio R mejorado
Componente	SiO ₂	58,1	57,8	58,5	58,2	65	60	60,75
	Al ₂ O ₃	19,05	19,3	17,5	18,0	25	25	15,8
	CaO	7,85	7,6	8,1	8,2	-	9	13,9
	MgO	9,95	9,7	9,8	9,8	10	6	7,9
	Y ₂ O ₃	2,5	3,4	3,9	3,4	-	-	-
	La ₂ O ₃	0,4	0,2	0,25	0,43	-	-	-
	CeO ₂	0,2	0,1	0,05	0,1	-	-	-
	Na ₂ O	0,23	0,21	0,11	0,13	cantidad traza	cantidad traza	0,73
	K ₂ O	0,33	0,46	0,31	0,30	cantidad traza	cantidad traza	
	Li ₂ O	0,34	0,19	0,50	0,49	-	-	0,48
	Fe ₂ O ₃	0,46	0,46	0,46	0,46	cantidad traza	cantidad traza	0,18
	TiO ₂	0,59	0,58	0,52	0,49	cantidad traza	cantidad traza	0,12
	SrO	-	-	-	-	-	-	-
Razón	C1	0,81	0,92	0,93	0,86	-	-	-
	C2	7,40	7,61	7,22	7,11	-	6,67	4,37
	C3	1,27	1,28	1,21	1,20	-	0,67	0,57
	C4	2,0	2,0	5,0	4,3	-	-	-
Parámetro	Temperatura de conformado/°C	1301	1305	1298	1298	1571	1430	1278
	Temperatura del liquidus/°C	1203	1203	1200	1198	1470	1350	1210
	ΔT/°C	98	102	98	100	101	80	68
	Temperatura máxima de cristalización/°C	1035	1036	1039	1037	-	1010	1016
	Módulo de elasticidad/GPa	95,5	96,9	99,4	97,4	89	88	87
	Cantidad de burbujas /piezas	4	4	3	3	40	30	25

Puede observarse a partir de los valores en las tablas anteriores 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) módulo de elasticidad mucho mayor. (2) Temperatura del liquidus mucho menor, que ayuda a reducir el riesgo de cristalización y aumentar la eficacia del estirado de fibras; temperatura máxima de cristalización mucho mayor, lo que significa que es necesaria mucha más energía para formar y hacer crecer los núcleos de los cristales durante el procedimiento de cristalización, esto quiere decir que, la tasa de cristalización del vidrio fundido de la presente invención es inferior en las mismas condiciones. (3) Cantidad de burbujas mucho menor, lo que significa que el rendimiento de refinamiento del vidrio fundido de la presente invención es excelente.

El vidrio S y el vidrio R tradicional no pueden producirse en horno de cuba. Para reducir la dificultad de la producción en hornos de cuba, el vidrio R tradicional mejorado sacrifica algunas de las propiedades del vidrio para reducir la temperatura del liquidus y la temperatura de conformado. En cambio, la composición de fibra de vidrio de la presente invención puede no sólo proporcionar una temperatura del liquidus suficientemente baja y menos tasa de cristalización, sino que también es adecuada para la producción en hornos de cuba, mejorar en gran medida el módulo de elasticidad del vidrio, y resolver el cuello de botella de que el módulo del vidrio S y el vidrio R no pueden mejorarse con el crecimiento de la escala de producción.

Por tanto, la composición de fibra de vidrio de la presente invención realiza un avance en el módulo de elasticidad,

las propiedades de cristalización y el rendimiento de refinamiento del vidrio, en comparación con los vidrios de alto módulo convencionales, y en gran medida mejora el módulo de elasticidad, reduce el riesgo de cristalización del vidrio fundido y la cantidad de burbujas en las mismas condiciones y, por tanto, es más adecuada para la producción en hornos de cuba a gran escala de fibra de vidrio de alto módulo con baja cantidad de burbujas.

De manera adicional, la composición de fibra de vidrio que comprende tres clases de óxidos de tierras raras, en comparación con la composición de fibra de vidrio que comprende óxido de itrio como el único óxido de tierras raras (véase el ejemplo A11), tienen las siguientes ventajas excepcionales: (a) temperatura máxima de cristalización mucho mayor, lo que significa que es necesaria más energía para formar y hacer crecer los núcleos de los cristales durante el procedimiento de cristalización, esto quiere decir que, la composición tiene menor tasa de cristalización en las mismas condiciones; y tiene menor temperatura del liquidus, lo que ayuda a reducir el riesgo de cristalización y aumentar la eficacia del estirado de fibras. (b) Módulo de elasticidad mucho mayor. (c) Cantidad de burbujas mucho menor, lo que significa que el rendimiento de refinamiento del vidrio fundido de la presente invención es excelente. Por ejemplo, la temperatura máxima de cristalización del ejemplo A9 se aumentó hasta 14°C, la temperatura del liquidus se disminuyó en 12°C, el módulo de elasticidad se aumentó en 2,5 GPa y la cantidad de burbujas se redujo en el 75%, en comparación con aquellas respectivamente en A11. La composición tiene una mejora notable de diversas propiedades y ofrece efectos técnicos inesperados.

La composición de fibra de vidrio según la presente invención puede usarse para elaborar fibras de vidrio que tienen las excelentes propiedades mencionadas anteriormente.

La composición de fibra de vidrio según la presente invención puede usarse en combinación con uno o más materiales orgánicos y/o inorgánicos para preparar materiales compuestos que tienen excelentes rendimientos, tales como materiales base reforzados con fibra de vidrio.

Finalmente, lo que debe de quedar claro es que, en este texto, los términos “contiene”, “comprende” o cualquier otra variante están destinados a significar “incluye de manera no exclusiva” de manera que cualquier procedimiento, método, artículo o equipo que contiene una serie de factores debe incluir no sólo tales factores, sino también incluir los que no se enumeran de manera explícita, o también incluir factores intrínsecos de tal procedimiento, método, objeto o equipo. Sin más limitaciones, los factores definidos por la expresión “contiene un...” o sus variantes no excluyen que existan otros factores en el procedimiento, método, artículo o equipo que incluye dichos factores.

Los ejemplos anteriores se proporcionan con el propósito de ilustración en lugar de limitación de las soluciones técnicas de la presente invención. Aunque la presente invención se describe en detalle por medio de los ejemplos mencionados anteriormente, un experto en la técnica debe entender que también pueden realizarse modificaciones en las soluciones técnicas incorporadas por todos los ejemplos mencionados anteriormente o puede realizarse la sustitución equivalente en algunas de las características técnicas. Sin embargo, tales modificaciones o sustituciones no producirán que las soluciones técnicas resultantes se desvíen sustancialmente de los intervalos de las soluciones técnicas respectivamente incorporadas por todos los ejemplos de la presente invención.

Aplicabilidad industrial de la invención

La composición de fibra de vidrio de la presente invención puede tener no sólo una temperatura del liquidus favorable y menos tasa de cristalización, sino que también es adecuada para la producción en hornos de cuba, mejorar en gran medida el módulo de elasticidad del vidrio, y resolver el cuello de botella de que el módulo del vidrio S y el vidrio R no puede mejorarse con el crecimiento de la escala de producción. La composición de fibra de vidrio de la presente invención realiza un avance en el módulo de elasticidad, las propiedades de cristalización y el rendimiento de refinamiento del vidrio en comparación con el vidrio de alto módulo convencional, mejora en gran medida el módulo de elasticidad, reduce el riesgo de cristalización de vidrio fundido y la cantidad de burbujas en las mismas condiciones y, por tanto, es más adecuada para la producción en hornos de cuba a gran escala de fibra de vidrio de alto módulo con baja cantidad de burbujas.

REIVINDICACIONES

1. Composición de fibra de vidrio de alto módulo, en la que, que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

5

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6.

2. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que el intervalo del contenido total de La₂O₃+CeO₂ expresado como porcentaje en peso es del 0,1-2%.

10

3. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1 ó 2, en la que el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3.

4. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1 ó 2, en la que el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

15

5. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1 ó 2, en la que el contenido de Y₂O₃ expresado como porcentaje en peso es del 0,5-3,9%.

20

6. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que, que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	menos del o igual al 1,5%
CeO ₂	menos del o igual al 1,2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

25

7. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1 ó 6, en la que el contenido de CeO₂ expresado como porcentaje en peso es del 0,05-1%.

30

8. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que, que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,1-4,3%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1,5%

- 5 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,6, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 5,8-9,3 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 0,9-1,6.

9. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que, que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 55,7-58,9%
Al ₂ O ₃	el 15-19,9%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%
CaO	el 6-10%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	menos del o igual al 0,65%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

- 15 en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es mayor de 0,7, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

10. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que, que comprende los siguientes componentes expresados como porcentaje en peso:

SiO ₂	el 56,5-58,9%
Al ₂ O ₃	el 16-19,5%
Y ₂ O ₃	el 0,5-3,9%
La ₂ O ₃	el 0,05-1,2%
CeO ₂	el 0,05-1%
La ₂ O ₃ +CeO ₂	el 0,1-2%

CaO	el 6,8-9,3%
MgO	el 9,05-9,95%
SrO	menos del o igual al 2%
Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	menos del o igual al 0,99%
Li ₂ O	el 0,05-0,55%
Fe ₂ O ₃	menos del 1%
TiO ₂	el 0,1-1%

en la que, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C1=Y_2O_3/(Y_2O_3+La_2O_3+CeO_2)$ es de 0,75-0,97, el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C2=SiO_2/CaO$ es de 6,3-8,5 y el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C3=MgO/(CaO+SrO)$ es de 1-1,5.

- 5 11. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que el contenido total de Li₂O+Na₂O+K₂O expresado como porcentaje en peso es del 0,4-0,94%.
- 10 12. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 2, en la que el intervalo de la razón de porcentajes en peso $C4=La_2O_3/CeO_2$ es mayor de 1.
13. Composición de fibra de vidrio de alto módulo según la reivindicación 1, en la que el contenido total de Y₂O₃+La₂O₃+CeO₂ expresado como porcentaje en peso es del 1,4-4,2%.
- 15 14. Fibra de vidrio, en la que, que se produce a partir de la composición de fibra de vidrio descrita en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
15. Material compuesto, en el que, que incorpora la fibra de vidrio descrita en la reivindicación 14.