

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 068**

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: **21.03.2016 PCT/CN2016/076886**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16165532**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2016 E 16779507 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3415474**

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

30 Prioridad:

**15.03.2016 CN 201610145901**

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

**23.12.2020**

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;  
ZHANG, YUQIANG;  
XING, WENZHONG y  
HONG, XIUCHENG**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 800 068 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 rendimiento, y fibra de vidrio y material compuesto de la misma

5 **Campo técnico de la presente invención.**

La presente invención se refiere a una composición de fibra de vidrio de alto rendimiento, y en particular a una composición de fibra de vidrio de alto rendimiento que puede usarse como material de refuerzo para material compuesto avanzado, y fibra de vidrio y material compuesto hecho de la misma.

10

**Antecedentes de la presente invención**

La fibra de vidrio es un material de fibra inorgánico. Puede obtenerse material compuesto con excelente rendimiento reforzando la resina con fibra de vidrio. Como material base de refuerzo para material compuesto avanzado, las fibras de vidrio de alto rendimiento se aplicaron inicialmente en los campos de defensa y militares, por ejemplo, la industria aeroespacial y las armas. Con los avances en la tecnología y el desarrollo de la economía, la fibra de vidrio de alto rendimiento se ha aplicado ampliamente en campos de la industria ordinaria y asuntos civiles, por ejemplo, palas de turbinas eólicas, recipientes de alta presión, tuberías marinas y producción de automóviles.

15

20

El componente dominante del primer vidrio de alto rendimiento es  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ . El ejemplo típico es el vidrio S-2 desarrollado por la compañía Owens Corning en Estados Unidos, que tiene un módulo de 89-90 GPa. Sin embargo, la producción de vidrio S-2 es difícil. La temperatura de formación de la fibra de vidrio es tan alta como  $1571^\circ C$ , y la temperatura liquidus es tan alta como  $1470^\circ C$ . Es difícil realizar la producción de hornos de tanque a gran escala. Por lo tanto, la empresa OC abandonó la producción de fibra de vidrio S-2 y cedió este derecho de patente a la empresa AGY en Estados Unidos.

25

Más tarde, la compañía OC desarrolló aún más el vidrio HiPer-tex que tiene un módulo de 87-89 GPa. Esto es una compensación para reducir la dificultad de producción a costa de cierto rendimiento de vidrio. Sin embargo, como este diseño solo implica una mejora en el vidrio S-2, tanto la temperatura de formación como la temperatura liquidus de la fibra de vidrio siguen siendo todavía altas y la producción aún es difícil. Todavía es difícil realizar la producción de hornos de tanque a gran escala. Por lo tanto, la empresa OC renunció a la producción de fibra de vidrio HiPer-tex y asignó este derecho de patente a la empresa 3B en Europa.

30

La compañía Saint-Gobain en Francia desarrolló vidrio R que contenía  $MgO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$  como componente dominante, con un módulo de 86-89 GPa. El vidrio R convencional tiene un alto contenido total de Si y Al, no hay una solución efectiva disponible para mejorar el rendimiento de cristalización del vidrio, y la proporción de Si a Mg es irracional. En consecuencia, la formación de vidrio es difícil y el riesgo de cristalización es alto. Mientras tanto, la tensión superficial del vidrio fundido es alta y es muy difícil de aclarar. La temperatura de formación de la fibra de vidrio alcanza los  $1410^\circ C$  y la temperatura liquidus alcanza los  $1350^\circ C$ . Todo esto lleva a dificultades en el estirado eficiente de la fibra de vidrio. Todavía es difícil realizar la producción de hornos de tanque a gran escala.

35

40

En China, el Instituto de Investigación y Diseño de Fibra de Vidrio de Nanjing desarrolló vidrio HS2 que tiene un módulo de 84-87 GPa y que contiene  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  y  $MgO$  como componentes dominantes, así como  $Li_2O$ ,  $B_2O_3$ ,  $CeO_2$  y  $Fe_2O_3$ . La temperatura de formación es de solo  $1245^\circ C$  y la temperatura liquidus es de  $1320^\circ C$ , que son mucho más bajas que las del vidrio S. Sin embargo, la temperatura de formación es más baja que la temperatura liquidus. La diferencia de temperatura se denota por  $\Delta T$ , el valor del cual es negativo. Esto es bastante desventajoso para el estirado eficiente de fibra de vidrio. Es necesario aumentar la temperatura de formación y usar puntas de buje especiales para evitar la desvitrificación del vidrio durante el proceso de estirado. Esto lleva a la dificultad en el control de la temperatura. Todavía es difícil realizar la producción de hornos de tanque a gran escala. Por ejemplo, la US 2016/0068428 describe composición de fibra de vidrio-

45

50

En conclusión, se ha descubierto que en la actualidad, varios tipos de fibra de vidrio de alto rendimiento generalmente tienen dificultades en la producción de hornos de tanque, que se manifiesta específicamente en alta temperatura liquidus, alta tasa de cristalización, alta temperatura de formación, alta tensión superficial, alta dificultad en la clarificación, y un valor bajo o incluso negativo de  $\Delta T$ . Debido a esto, en la mayoría de las empresas, la dificultad de producción se reduce a costa de cierto rendimiento del vidrio. Como resultado, el rendimiento de dicha fibra de vidrio de alto rendimiento no puede mejorarse a medida que aumenta la escala de producción.

55

**Resumen de la presente invención**

60

La presente invención está dirigida a resolver los problemas descritos anteriormente. Un objetivo de la presente invención es proporcionar una composición de fibra de vidrio de alto rendimiento que pueda aumentar significativamente la resistencia mecánica y el módulo elástico del vidrio, y sobre esta base, pueda superar los problemas del vidrio de alto rendimiento convencional, es decir, un alto riesgo de cristalización, la alta tensión superficial, la alta dificultad en la clarificación y la dificultad en la producción en horno de tanque eficiente, reducir

65

significativamente la temperatura liquidus y la temperatura de formación del vidrio, y en iguales condiciones, reducir significativamente la tasa de cristalización, la tensión superficial y la tasa de burbujas del vidrio. La composición es particularmente adecuada para la producción en horno de tanque de fibra de vidrio de módulo alto y alta resistencia que tiene una tasa de burbujas baja.

5 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la presente invención proporciona una composición de fibra de vidrio de alto rendimiento, que contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 10 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 15 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
| 20 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

En donde, se define además que una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

25 En donde, se define además que una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

En donde, se define, además, que el contenido de Li<sub>2</sub>O en porcentaje en peso es del 0,1-1%.

30 En donde, se define además que el contenido de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0,05-6%.

En donde, se define además que el contenido de La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0,05-2%.

En donde, se define además que el contenido de SrO en porcentaje en peso es inferior al 2,5%.

35 En donde, se define además que el contenido de CaO en porcentaje en peso es del 4-11%.

En donde, se define además que el contenido de MgO en porcentaje en peso es del 6-12%.

40 En donde, se define además que una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5.

En donde, se define además que una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor o igual a 1.

45 En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
| 50 | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
| 55 | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

60 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
| 65 | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |

## ES 2 800 068 T3

|   |   |         |
|---|---|---------|
|   | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |
|   | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O | <2.5%   |
|   | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
| 5 | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|   | CaO   | 2-14%   |
|   | MgO   | <13%    |
|   | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

10 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1 = K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
| 15 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.05-2% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 20 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
| 25 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

25 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1 = K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
| 30 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 35 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
| 40 | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

40 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1 = K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
| 45 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 50 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
| 55 | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

60 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1 = K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2 = (MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
| 65 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |

## ES 2 800 068 T3

|    |   |        |
|----|---|--------|
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O | <2.5%  |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%    |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1% |
| 5  | CaO+MgO+SrO   | 10-24% |
|    | CaO   | 2-14%  |
|    | MgO   | <13%   |
|    | SrO   | <2.5%  |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%    |
| 10 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%  |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
| 20 | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.05-2% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
| 25 | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

30 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

En donde, se define además que el contenido de SrO en porcentaje en peso es del 0.1-2%.

35 En donde, se define además que el contenido de SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es inferior al 80%.

En donde, se define además que el contenido de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0.5-5%.

40 En donde, se define además que el contenido de Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0.05-1%.

En donde, se define además que el contenido de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 1-6%.

En donde, se define además que una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,1-1,7.

45 En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

|    |   |        |
|----|---|--------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64% |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24% |
| 50 | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1-6%   |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%  |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%    |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1% |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24% |
| 55 | CaO   | 4-11%  |
|    | MgO   | 6-12%  |
|    | SrO   | <2.5%  |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%    |
| 60 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%  |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor o igual a 1.

En donde, el contenido de los componentes en porcentaje en peso es el siguiente:

65

|    |   |        |
|----|---|--------|
| 5  | SiO <sub>2</sub>  | 54-62% |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 13-21% |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1-6%   |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.5-5% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.3%  |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%    |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1% |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24% |
| 10 | CaO   | 4-11%  |
|    | MgO   | 6-12%  |
|    | SrO   | <2.5%  |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%    |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%  |

15 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,1-1,7.

20 En donde, el compuesto de fibra de vidrio de alto rendimiento contiene además CeO<sub>2</sub>, cuyo contenido en porcentaje en peso es del 0-1%.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, la presente invención proporciona fibra de vidrio hecha de la composición de fibra de vidrio descrita anteriormente.

25 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, la presente invención proporciona material compuesto que comprende la fibra de vidrio descrita anteriormente.

30 Con respecto a la composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención, como las principales innovaciones, se introduce un óxido de metal alcalino K<sub>2</sub>O en un alto contenido, junto con óxidos de tierras raras Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, para controlar la proporción de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O y la proporción de (MgO+SrO) a CaO; el contenido de K<sub>2</sub>O, Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SrO, CaO, MgO y CaO+MgO+SrO está configurado racionalmente; y se utilizan el efecto alcalino mixto de K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O y Li<sub>2</sub>O y el efecto mixto alcalino-térreo de CaO, MgO y SrO. Además, puede introducirse selectivamente una cantidad adecuada de CeO<sub>2</sub> o similar.

35 Específicamente, la composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 40 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
| 45 | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

50 A continuación se describirán la función y el contenido de los componentes en la composición de fibra de vidrio.

55 El SiO<sub>2</sub> es un óxido importante para formar la red de vidrio y desempeña un papel de estabilización de todos los componentes. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de SiO<sub>2</sub> en porcentaje en peso es del 52-64%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de SiO<sub>2</sub> en porcentaje en peso es del 54-62%.

60 El Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> también es un óxido para formar la red de vidrio y desempeña un papel sustantivo en las propiedades mecánicas del vidrio en combinación con el SiO<sub>2</sub>. Si el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es demasiado bajo, el vidrio no puede obtener propiedades mecánicas suficientemente altas; y si el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es demasiado alto, tanto la viscosidad como la tensión superficial del vidrio serán demasiado altas y, como resultado, es difícil fundir y clarificar el vidrio. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 12-24%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 13-21%. Además, puede definirse que el contenido de SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es inferior al 80%.

65 Tanto K<sub>2</sub>O como Na<sub>2</sub>O pueden disminuir la viscosidad del vidrio y son un buen fundente. Se ha descubierto

que, en un caso donde el contenido de óxido de metal alcalino es alto, el reemplazo de  $K_2O$  con  $Na_2O$  puede reducir la tendencia a la cristalización del vidrio y mejorar el rendimiento de formación de fibra, y puede reducir significativamente la tensión superficial del vidrio fundido y mejorar efectivamente el efecto de clarificación del vidrio, y también puede aumentar la resistencia mecánica del vidrio. Particularmente cuando el contenido de  $K_2O$  en porcentaje en peso es superior al 1%, se obtienen resultados inesperados. En comparación con  $Na_2O$  y  $K_2O$ , el  $Li_2O$  no solo puede reducir significativamente la viscosidad del vidrio para mejorar el rendimiento de fusión del vidrio, sino que también puede ser muy útil para las propiedades mecánicas del vidrio. Por otra parte, una pequeña cantidad de  $Li_2O$  puede proporcionar una cantidad considerable de oxígeno libre. Esto facilita la formación de la estructura de coordinación tetraédrica por más iones de Al, mejora la estructura de red del sistema de vidrio y reduce aún más la posibilidad de cristalización del vidrio. Sin embargo, el contenido de  $Li_2O$  no debe ser demasiado alto, ya que demasiados iones de  $Li^+$  mostrarán un evidente efecto de rotura de la red, lo que perjudicará la estabilidad de la estructura del vidrio y acelerará la cristalización del vidrio. Por lo tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de  $Na_2O+K_2O+Li_2O$  en porcentaje en peso es inferior al 2,5%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de  $Na_2O+K_2O+Li_2O$  en porcentaje en peso es inferior al 2,3%. Por otra parte, se define que el contenido de  $K_2O$  en porcentaje en peso es superior al 1%. Además, puede definirse que el contenido de  $Li_2O$  en porcentaje en peso es del 0,1-1%. Se define que una proporción C1 en porcentaje en peso de  $K_2O$  a  $R_2O$ ,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44. Preferiblemente, puede definirse que una proporción C1 en porcentaje en peso de  $K_2O$  a  $R_2O$ ,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5.

Se ha descubierto que, en un caso donde el contenido de óxido de metal alcalino es alto, se introducen uno o más de los óxidos de tierras raras  $Y_2O_3$ ,  $La_2O_3$  y  $Gd_2O_3$ . Debido al fuerte efecto de acumulación de aniones de los óxidos de tierras raras, el oxígeno libre excedente se captura para llenar los vacíos en la estructura del vidrio, para mejorar aún más la estabilidad y la compacidad de la estructura del vidrio, para mejorar las propiedades mecánicas del vidrio. Por otra parte, los óxidos de tierras raras pueden prevenir eficazmente la migración de otros iones, para reducir la tendencia a la cristalización del vidrio. También se ha descubierto que el uso de dos o más de los óxidos de tierras raras, cuya proporción se controla a un valor apropiado, tiene un efecto sinérgico significativo y tiene mejores efectos para mejorar las propiedades mecánicas del vidrio y suprimir la cristalización del vidrio que el uso de un solo óxido de tierra rara. Se obtienen resultados inesperados. Por un lado, el uso de varios óxidos de tierras raras puede proporcionar abundantes estructuras de coordinación de iones fuera de la red, lo que facilita la estabilidad de la estructura del vidrio y mejora las propiedades mecánicas del vidrio; y, por otro lado, cuando la temperatura baja, la probabilidad de una disposición regular de varios tipos de iones de tierra rara con diferentes radios se reduce, lo que facilita la reducción significativa en la tasa de crecimiento de los cristales y, por lo tanto, mejora aún más la resistencia contra la cristalización del vidrio. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de  $RE_2O_3=Y_2O_3+La_2O_3+Gd_2O_3$  en porcentaje en peso es del 0,05-8%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de  $RE_2O_3=Y_2O_3+La_2O_3+Gd_2O_3$  en porcentaje en peso es del 1-6%. Además, puede definirse que el contenido de  $Y_2O_3$  en porcentaje en peso es del 0,05-6%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de  $Y_2O_3$  en porcentaje en peso es del 0,5-5%. Además, puede definirse que el contenido de  $La_2O_3$  en porcentaje en peso es del 0,05-2%. Además, puede definirse que el contenido de  $Gd_2O_3$  en porcentaje en peso es del 0,05-1%.

El CaO, MgO y SrO desempeñan un papel en el control de la cristalización del vidrio y el ajuste de la viscosidad del vidrio. Particularmente en el aspecto de controlar la cristalización del vidrio, se obtienen resultados inesperados controlando su cantidad de uso y su proporción. En general, para el vidrio de alto rendimiento que contiene MgO-CaO- $Al_2O_3$ - $SiO_2$  como componentes dominantes, las fases cristalinas resultantes de la cristalización del vidrio principalmente incluyen diópsido ( $CaMgSi_2O_6$ ) y anortita ( $CaAl_2Si_2O_8$ ). Para suprimir eficazmente la tendencia a la cristalización de las dos fases cristalinas y reducir la temperatura liquidus y la tasa de cristalización del vidrio, en la presente invención, controlando adecuadamente el contenido de CaO+MgO+SrO y la proporción de los componentes  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , se forma una estructura acumulada más compacta por el efecto de tierra alcalina mixta, por lo que se requiere mucha energía para la formación y el crecimiento del núcleo cristalino. De esta manera, se suprime la tendencia a la cristalización del vidrio. Además, la introducción de una cantidad apropiada de SrO hace que la estructura de vidrio formada sea más estable, lo que es bueno para la mejora adicional del rendimiento del vidrio. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de CaO+MgO+SrO en porcentaje en peso es del 10-24%. Como un óxido importante fuera de la red, un contenido demasiado alto de CaO aumentará la tendencia a la cristalización del vidrio, lo que resulta en un riesgo de separar la anortita, la wollastonita u otros cristales. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de CaO en porcentaje en peso es del 2-14%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de CaO en porcentaje en peso es del 4-11%. El MgO juega un papel similar al CaO en el vidrio, pero la intensidad de campo del  $Mg^{2+}$  es más alta. Desempeña un papel importante en el aumento del módulo de vidrio. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de MgO en porcentaje en peso es inferior al 13%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de MgO en porcentaje en peso es del 6-12%. Además, puede definirse que el contenido de SrO en porcentaje en peso es inferior al 2,5%. Preferiblemente, puede definirse que el contenido de SrO en porcentaje en peso es del 0,1-2%. Además, puede definirse que una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9. Preferiblemente, puede definirse que la proporción C2 es mayor o igual a 1. Más preferiblemente, puede definirse que la proporción C2 es 1,1-1,7.

El  $TiO_2$  no solo puede disminuir la viscosidad del vidrio a altas temperaturas, sino que también desempeña un cierto papel de fundente. Sin embargo, los iones de titanio tienen un cierto papel de colorante, y especialmente cuando el contenido de  $TiO_2$  supera el 2%, el efecto colorante se vuelve significativo y afectará a la apariencia de los productos de fibra de vidrio. Por lo tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de  $TiO_2$  en porcentaje en peso es inferior a 2%.

El  $Fe_2O_3$  facilita la fusión del vidrio y también puede mejorar el rendimiento de cristalización del vidrio. Sin embargo, como los iones férricos y los iones ferrosos tienen una función de coloración, sus cantidades de uso no deberían ser altas. Por lo tanto, en la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de  $Fe_2O_3$  en porcentaje en peso es inferior al 1,5%.

En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, puede introducirse selectivamente una cantidad apropiada de  $CeO_2$  para mejorar aún más la tendencia a la cristalización y el efecto de aclaración del vidrio. En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, se define que el contenido de  $CeO_2$  en porcentaje en peso es del 0-1%.

Además, se permite que la composición de fibra de vidrio de la presente invención contenga además una pequeña cantidad de otros componentes, cuyo contenido en porcentaje en peso generalmente no supera el 2%.

En la composición de fibra de vidrio de la presente invención, los efectos beneficiosos obtenidos definiendo el contenido de componentes en los intervalos anteriores se describirán a continuación mediante datos experimentales específicos en las realizaciones.

A continuación se darán ejemplos preferidos de los intervalos de contenido de componentes en la composición de fibra de vidrio de la presente invención. De acuerdo con los siguientes ejemplos preferidos, el módulo elástico de la fibra de vidrio formada por la composición es mayor de 90 GPa y la resistencia de la fibra individual es mayor de 4,250 MPa.

Ejemplo preferido 1

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| $SiO_2$                          | 52-64%  |
| $Al_2O_3$                        | 12-24%  |
| $RE_2O_3=Y_2O_3+La_2O_3+Gd_2O_3$ | 0.05-8% |
| $R_2O=Li_2O+Na_2O+K_2O$          | <2.5%   |
| $K_2O$                           | >1%     |
| $Li_2O$                          | 0,1-1%  |
| $CaO+MgO+SrO$                    | 10-24%  |
| $CaO$                            | 2-14%   |
| $MgO$                            | <13%    |
| $TiO_2$                          | <2%     |
| $Fe_2O_3$                        | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de  $K_2O$  a  $R_2O$ ,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

Ejemplo preferido 2

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| $SiO_2$                          | 52-64%  |
| $Al_2O_3$                        | 12-24%  |
| $RE_2O_3=Y_2O_3+La_2O_3+Gd_2O_3$ | 0.05-8% |
| $Y_2O_3$                         | 0.05-6% |
| $R_2O=Li_2O+Na_2O+K_2O$          | <2.5%   |
| $K_2O$                           | >1%     |
| $CaO+MgO+SrO$                    | 10-24%  |
| $CaO$                            | 2-14%   |
| $MgO$                            | <13%    |
| $TiO_2$                          | <2%     |
| $Fe_2O_3$                        | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de  $K_2O$  a  $R_2O$ ,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

Ejemplo preferido 3

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 5  |   |         |
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
| 10 | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.05-2% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
| 15 | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O, C1=K<sub>2</sub>O/R<sub>2</sub>O, es mayor de 0,44.

Ejemplo preferido 4

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 25 |   |         |
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
| 30 | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
| 35 | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O, C1=K<sub>2</sub>O/R<sub>2</sub>O, es mayor de 0,44.

Ejemplo preferido 5

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 45 |   |         |
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 50 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0,1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
| 55 | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O, C1=K<sub>2</sub>O/R<sub>2</sub>O, es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO, C2=(MgO+SrO)/CaO, es mayor de 0,9.

Ejemplo preferido 6

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

65

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |
| 5  | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
| 10 | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

15 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

Ejemplo preferido 7

20 La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
|    | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
| 25 | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.05-2% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
| 30 | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
| 35 | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

40 Ejemplo preferido 8

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 45 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 50 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
| 55 | SrO   | 0.1-2%  |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

60 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

Ejemplo preferido 9

65 La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 5  | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-5% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
| 10 | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
| 15 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

Ejemplo preferido 10

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 25 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |
|    | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0.05-1% |
| 30 | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
| 35 | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |
|    | CeO <sub>2</sub>  | 0-1%    |

40 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

Ejemplo preferido 11

45 La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 50 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-6% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
| 55 | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
| 60 | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,1-1,7.

65 Ejemplo preferido 12

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |        |
|----|---|--------|
| 5  | SiO <sub>2</sub>  | 52-64% |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24% |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1-6%   |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%  |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%    |
| 10 | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1% |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24% |
|    | CaO   | 4-11%  |
|    | MgO   | 6-12%  |
|    | SrO   | 0.1-2% |
| 15 | TiO <sub>2</sub>  | <2%    |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%  |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor o igual a 1.

20 Ejemplo preferido 13

La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de la presente invención contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 25 | SiO <sub>2</sub>  | 54-62%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 13-21%  |
|    | SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <80%    |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1-6%    |
| 30 | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.05-5% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.3%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
| 35 | CaO   | 4-11%   |
|    | MgO   | 6-12%   |
|    | SrO   | <2.5%   |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
| 40 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor o igual a 0,5, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,1-1,7.

45 **Descripción detallada de la presente invención.**

Para hacer los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de las realizaciones de la presente invención más claros, las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención se describirán clara y completamente. Aparentemente, las realizaciones descritas son solo algunas de las realizaciones de la presente invención, pero no todas. Todas las demás realizaciones obtenidas por una persona experta en la técnica sin pagar un esfuerzo creativo en base a las realizaciones en la presente invención entrarán dentro del alcance de protección de la presente invención. Debe observarse que las realizaciones en la presente solicitud y las características en las realizaciones pueden combinarse a voluntad si no entran en conflicto.

55 La idea básica de la presente invención es que la composición de fibra de vidrio contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso: 52-64% de SiO<sub>2</sub>, 12-24% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,05-8% de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, menos del 2,5% de Li<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O, más del 1% de K<sub>2</sub>O, 10-24% de CaO+MgO+SrO, 2-14% de CaO, menos del 13% de MgO, menos del 2% de TiO<sub>2</sub> y menos del 1,5% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La composición puede aumentar en gran medida la resistencia mecánica y el módulo elástico del vidrio, y también puede reducir significativamente la temperatura liquidus y la temperatura de formación del vidrio, y en condiciones iguales, puede reducir en gran medida la velocidad de cristalización, la tensión superficial y la tasa de burbujas del vidrio. La composición es particularmente adecuada para la producción en horno de tanque de fibra de vidrio de módulo alto y alta resistencia que tiene una baja tasa de burbujas.

65 Los valores específicos de contenido de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> y SrO en la composición de fibra de vidrio de la presente invención se seleccionan como realizaciones

para comparar con parámetros de rendimiento de vidrio S, vidrio R convencional y vidrio R mejorado. Se usan seis parámetros de rendimiento para la comparación del rendimiento:

- 5 (1) temperatura de formación, que corresponde a la temperatura del vidrio fundido a una viscosidad de  $10^3$  P;
- (2) temperatura liquidus, que corresponde a la temperatura a la cual los núcleos de cristal comienzan a formarse cuando se enfría el vidrio fundido, es decir, la temperatura tope de la cristalización del vidrio;
- (3)  $\Delta T$ , que es la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura liquidus y representa el intervalo de temperatura para la formación de fibra;
- 10 (4) temperatura máxima de cristalización, que corresponde a la temperatura en el pico más alto de la cristalización del vidrio durante la prueba de DTA; en casos generales, una temperatura más alta significa que se requiere más energía para el crecimiento de los núcleos de cristal y la baja tendencia a la cristalización del vidrio;
- (5) módulo elástico, que es un módulo elástico longitudinal, representa la resistencia del vidrio contra la deformación elástica y se prueba de acuerdo con ASTM2343;
- 15 (6) resistencia del filamento, la resistencia máxima a la tracción que puede soportar una única fibra;
- (7) cantidad de burbujas, en donde el método general para medir la cantidad de burbujas es como sigue: Usar moldes específicos para comprimir los materiales del lote de vidrio en cada ejemplo en muestras de la misma dimensión, que luego se colocarán en la plataforma de muestra de un microscopio de alta temperatura Calentar las muestras de acuerdo con los procedimientos estándar hasta la temperatura espacial preestablecida de  $1500^{\circ}$  C y luego enfriarlas directamente con el crisol de enfriamiento del microscopio a la temperatura ambiente sin preservación del calor. Finalmente, cada una de las muestras de vidrio se examina bajo un microscopio polarizador para determinar la cantidad de burbujas en las muestras. Se identifica una burbuja de acuerdo con una amplificación específica del microscopio.

25 Los siete parámetros y sus métodos de medición son bien conocidos por los expertos en la técnica y, por lo tanto, el rendimiento de la composición de fibra de vidrio de la presente invención puede representarse eficazmente por los parámetros.

30 El proceso específico de los experimentos es el siguiente: los componentes pueden seleccionarse de materias primas adecuadas, varias materias primas se mezclan en proporción para lograr el porcentaje en peso final deseado, y los lotes mezclados se funden y se clarifican; luego, el vidrio fundido se estira a través de las puntas del buje en un buje para formar fibra de vidrio, y la fibra de vidrio se enrolla en un mandril rotatorio de una máquina de bobinado para formar tortas o paquetes. Por supuesto, dicha fibra de vidrio puede procesarse adicionalmente de manera convencional para satisfacer los requisitos esperados.

35 A continuación se proporcionarán realizaciones específicas de la composición de fibra de vidrio de la presente invención.

**Realización 1**

|    |                                |       |
|----|--------------------------------|-------|
| 40 | SiO <sub>2</sub>               | 58.6% |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.9% |
|    | CaO                            | 7.3%  |
|    | MgO                            | 9.9%  |
| 45 | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 3.9%  |
|    | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.3%  |
|    | Na <sub>2</sub> O              | 0.23% |
|    | K <sub>2</sub> O               | 1.05% |
| 50 | Li <sub>2</sub> O              | 0.50% |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.44% |
|    | TiO <sub>2</sub>               | 0.63% |

55 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es 0,59, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,36.

Los valores de seis parámetros medidos en la Realización 1 son respectivamente:

|    |                                    |          |
|----|------------------------------------|----------|
| 60 | temperatura de formación           | 1298° C  |
|    | temperatura liquidus               | 1206° C  |
|    | $\Delta T$                         | 92° C    |
|    | temperatura pico de cristalización | 1033° C  |
|    | módulos elásticos                  | 96.0 GPa |
|    | resistencia del filamento          | 4290 MPa |
| 65 | cantidad de burbujas               | 3        |

**Realización 2**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58.6% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.9% |
| CaO                            | 6.8%  |
| MgO                            | 9.6%  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 3.9%  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.3%  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.23% |
| K <sub>2</sub> O               | 1.05% |
| Li <sub>2</sub> O              | 0.50% |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.44% |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.63% |
| SrO                            | 0.8%  |

5 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es 0,59, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,53.

Los valores de seis parámetros medidos en la Realización 2 son respectivamente:

|    |                                    |          |
|----|------------------------------------|----------|
| 20 | temperatura de formación           | 1300° C  |
|    | temperatura liquidus               | 1205° C  |
|    | ΔT                                 | 95° C    |
|    | temperatura pico de cristalización | 1034° C  |
| 25 | módulos elásticos                  | 96.8 GPa |
|    | resistencia del filamento          | 4305 MPa |
|    | cantidad de burbujas               | 4        |

**Realización 3**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 58.6% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.9% |
| CaO                            | 7.2%  |
| MgO                            | 9.9%  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 3.9%  |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.3%  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.18% |
| K <sub>2</sub> O               | 1.30% |
| Li <sub>2</sub> O              | 0.50% |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.44% |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.53% |

30 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es 0,67, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,38.

Los valores de seis parámetros medidos en la Realización 3 son respectivamente:

|    |                                    |          |
|----|------------------------------------|----------|
| 45 | temperatura de formación           | 1297° C  |
|    | temperatura liquidus               | 1205° C  |
|    | ΔT                                 | 92° C    |
|    | temperatura pico de cristalización | 1033° C  |
| 50 | módulos elásticos                  | 96.5 GPa |
|    | resistencia del filamento          | 4330 MPa |
|    | cantidad de burbujas               | 2        |

**Realización 4**

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 59.2% |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16.9% |
| CaO                            | 7.6%  |
| MgO                            | 9.8%  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 2.9%  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.21% |
| K <sub>2</sub> O               | 1.03% |
| Li <sub>2</sub> O              | 0.40% |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.44% |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.41% |
| SrO                            | 0.8%  |

60

## ES 2 800 068 T3

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de  $K_2O$  a  $R_2O$ ,  $C1=K_2O/R_2O$ , es 0,63, y una proporción C2 en porcentaje en peso de  $(MgO+SrO)$  a  $CaO$ ,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es 1,29.

Los valores de seis parámetros medidos en la Realización 4 son respectivamente:

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| temperatura de formación           | 1293° C  |
| temperatura liquidus               | 1199° C  |
| $\Delta T$                         | 94° C    |
| temperatura pico de cristalización | 1031° C  |
| módulos elásticos                  | 95.3 GPa |
| resistencia del filamento          | 4295 MPa |
| cantidad de burbujas               | 3        |

La comparación de las realizaciones anteriores y otras realizaciones de la composición de fibra de vidrio de la presente invención con parámetros de rendimiento de vidrio S, vidrio R convencional y vidrio R mejorado se detallará a continuación mediante tablas, donde se representa el contenido de la composición de fibra de vidrio en porcentaje en peso. Debe observarse que el contenido total de los componentes en las realizaciones es ligeramente inferior al 100%, y puede entenderse que el resto es una cantidad traza de impurezas o una pequeña cantidad de componentes que no pueden analizarse.

Tabla 1A

|             |                                       | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   |
|-------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Componentes | $SiO_2$                               | 59.2 | 59.3 | 59.5 | 58.4 | 58.0 | 58.8 | 58.6 |
|             | $Al_2O_3$                             | 16.9 | 16.8 | 17.5 | 17.8 | 19.1 | 17.0 | 16.9 |
|             | CaO                                   | 7.6  | 6.9  | 8.9  | 9.1  | 6.9  | 5.7  | 7.2  |
|             | MgO                                   | 9.8  | 11.1 | 9.8  | 10.1 | 9.0  | 10.5 | 9.9  |
|             | $Y_2O_3$                              | 2.9  | 3.0  | -    | -    | 3.5  | 5.0  | 3.9  |
|             | $La_2O_3$                             | -    | 0.3  | 1.1  | -    | 0.4  | -    | 0.3  |
|             | $Gd_2O_3$                             | -    | -    | -    | 0.4  | -    | -    | -    |
|             | $Na_2O$                               | 0.21 | 0.21 | 0.23 | 0.23 | 0.13 | 0.27 | 0.18 |
|             | $K_2O$                                | 1.03 | 1.05 | 1.02 | 1.08 | 1.10 | 1.08 | 1.30 |
|             | $Li_2O$                               | 0.40 | 0.20 | 0.30 | 0.60 | 0.41 | 0.51 | 0.45 |
|             | $Fe_2O_3$                             | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.44 |
|             | $TiO_2$                               | 0.41 | 0.41 | 0.39 | 0.57 | 0.76 | 0.45 | 0.53 |
| SrO         | 0.8                                   | -    | 0.6  | -    | -    | -    | -    |      |
| Proporción  | C1                                    | 0.63 | 0.72 | 0.66 | 0.57 | 0.67 | 0.58 | 0.67 |
|             | C2                                    | 1.29 | 1.61 | 1.10 | 1.11 | 1.30 | 1.84 | 1.38 |
| Parámetros  | Temperatura de Formación/° C          | 1293 | 1295 | 1297 | 1294 | 1301 | 1301 | 1297 |
|             | Temperatura Liquidus/° C              | 1199 | 1205 | 1200 | 1203 | 1201 | 1205 | 1205 |
|             | $\Delta T/^\circ C$                   | 94   | 90   | 97   | 91   | 100  | 96   | 92   |
|             | Temperatura pico de cristalización/°C | 1031 | 1028 | 1032 | 1030 | 1031 | 1035 | 1033 |
|             | Módulo elástico/GPa                   | 95.3 | 96.1 | 93.9 | 93.5 | 96.8 | 98.6 | 96.5 |
|             | Resistencia del filamento/MPa         | 4295 | 4305 | 4270 | 4260 | 4315 | 4350 | 4330 |
|             | Cantidad de burbujas                  | 3    | 4    | 4    | 4    | 3    | 3    | 2    |

Tabla 1B

|    |             | A8                                    | A9   | A10  | A11  | Vidrio S | Vidrio R convencional | Vidrio R mejorado |       |
|----|-------------|---------------------------------------|------|------|------|----------|-----------------------|-------------------|-------|
| 5  | Componentes | SiO <sub>2</sub>                      | 58.6 | 58.6 | 58.6 | 58.6     | 65                    | 60                | 60.75 |
|    |             | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 16.9 | 16.9 | 16.9 | 16.9     | 25                    | 25                | 15.80 |
| 10 |             | CaO                                   | 7.3  | 8.0  | 6.8  | 7.3      | -                     | 9                 | 13.90 |
|    |             | MgO                                   | 9.9  | 9.2  | 9.6  | 9.9      | 10                    | 6                 | 7.90  |
|    |             | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | 3.9  | 3.9  | 3.9  | 3.9      | -                     | -                 | -     |
| 15 |             | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.3      | -                     | -                 | -     |
|    |             | Na <sub>2</sub> O                     | 0.18 | 0.23 | 0.23 | 0.23     | Cantidad traza        | Cantidad traza    | 0.73  |
| 20 |             | K <sub>2</sub> O                      | 1.15 | 1.05 | 1.05 | 1.05     | Cantidad traza        | Cantidad traza    |       |
|    |             | Li <sub>2</sub> O                     | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50     | -                     | -                 | 0.48  |
| 25 |             | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>        | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44     | Cantidad traza        | Cantidad traza    | 0.18  |
|    |             | TiO <sub>2</sub>                      | 0.58 | 0.63 | 0.63 | 0.63     | Cantidad traza        | Cantidad traza    | 0.12  |
| 30 |             | SrO                                   | -    | -    | 0.8  | -        | -                     | -                 | -     |
|    | Proporción  | C1                                    | 0.63 | 0.59 | 0.59 | 0.59     | -                     | -                 | -     |
|    |             | C2                                    | 1.36 | 1.15 | 1.53 | 1.36     | -                     | -                 | -     |
| 35 | Parámetros  | Temperatura de formación/°C           | 1299 | 1230 | 1300 | 1298     | 1571                  | 1430              | 1278  |
|    |             | Temperatura Liquidus /°C              | 1204 | 1205 | 1205 | 1206     | 1470                  | 1350              | 1210  |
| 40 |             | ΔT/°C                                 | 95   | 95   | 95   | 92       | 101                   | 80                | 68    |
|    |             | Temperatura pico de cristalización/°C | 1034 | 1034 | 1034 | 1033     | -                     | 1010              | 1016  |
| 45 |             | Módulo elástico/GPa                   | 96.5 | 95.7 | 96.8 | 96.0     | 89                    | 88                | 87    |
|    |             | Resistencia del filamento/MPa         | 4320 | 4280 | 4305 | 4290     | -                     | 4220              | 4109  |
|    |             | Cantidad de burbujas                  | 3    | 3    | 4    | 3        | 40                    | 30                | 25    |

50 Se puede saber por las tablas anteriores que, en comparación con el vidrio S y el vidrio R convencional, la composición de fibra de vidrio de la presente invención tiene los siguientes beneficios: (1) el módulo elástico es mucho más alto; (2) la temperatura liquidus es mucho más baja, y esto es útil para reducir el riesgo de cristalización del vidrio y mejorar la eficiencia de formación de la fibra; y la temperatura pico de cristalización es más alta, y esto significa que la formación y el crecimiento de los núcleos de cristal necesitan más energía durante la cristalización del vidrio, es decir, la velocidad de cristalización del vidrio de la presente invención es menor en condiciones iguales; (3) el número de burbujas disminuye notablemente, y esto significa que el efecto de clarificación del vidrio se mejora significativamente.

60 En comparación con el vidrio R mejorado, la composición de fibra de vidrio de la presente invención tiene los siguientes beneficios: (1) el módulo elástico es mucho más alto; (2) la temperatura pico de cristalización es más alta, y esto significa que la formación y el crecimiento de los núcleos de cristal necesitan más energía durante la cristalización del vidrio, es decir, la velocidad de cristalización del vidrio de la presente invención es menor en condiciones iguales; (3) la resistencia del filamento es mucho mayor; (4) el número de burbujas disminuye notablemente, y esto significa que el efecto de clarificación del vidrio mejora significativamente.

5 Tanto el vidrio S como la clase R convencional no pueden realizar la producción en horno de tanque, y la clase R mejorada reduce la temperatura liquidus y la temperatura de formación a costa de cierto rendimiento para reducir la dificultad de producción y realizar la producción en horno de tanque. Por el contrario, la composición de la presente invención no solo puede realizar la producción en horno de tanque con una temperatura liquidus suficientemente baja y una tasa de cristalización más baja, sino que también mejora notablemente el módulo de vidrio. Se resuelve el cuello de botella técnico de que el módulo fibra de vidrio S y de vidrio R no se puede mejorar con el aumento de la escala de producción.

10 La fibra de vidrio que tiene un rendimiento excelente puede elaborarse a partir de la composición de fibra de vidrio de la presente invención.

15 El material compuesto que tiene un rendimiento excelente, por ejemplo, materiales base reforzados con fibra de vidrio, puede fabricarse mediante la combinación de la composición de fibra de vidrio de la presente invención y uno o más materiales orgánicos y/o inorgánicos.

20 Finalmente, debe observarse que, como se usa en la presente, el término "comprender/comprendiendo", "contener/conteniendo" o cualquier otra variante del mismo no es exclusivo, de tal manera que un proceso, método, objeto o dispositivo que contiene una serie de los elementos contiene no solo estos elementos, sino también otros elementos que no se enumeran claramente, o contiene además elementos inherentes al proceso, método, objeto o dispositivo. Sin más restricciones, un elemento definido por la afirmación "comprende un/uno..." no excluye otros elementos idénticos en el proceso, método, objeto o dispositivo que incluye este elemento.

25 Las realizaciones anteriores se usan meramente para describir las soluciones técnicas de la presente invención y no se pretende que limiten las soluciones técnicas de la presente invención. Aunque la presente invención ha sido descrita en detalle por las realizaciones anteriores, una persona experta en la técnica debe entender que todavía pueden hacerse modificaciones a las soluciones técnicas registradas en las realizaciones anteriores o pueden hacerse reemplazos equivalentes a parte de características técnicas, y estas modificaciones o reemplazos no harán que la esencia de las soluciones técnicas correspondientes se aparten del espíritu y el alcance de las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención.

#### **Aplicabilidad industrial de la presente invención**

35 La composición de la presente invención no solo puede realizar la producción en hornos de tanque con una temperatura liquidus suficientemente baja y una velocidad de cristalización más baja, sino que también mejora notablemente el módulo de vidrio. Se resuelve el cuello de botella técnico de que el módulo de la fibra de vidrio S y de vidrio R no se puede mejorar con el aumento de la escala de producción. En comparación con los vidrios actuales de alto rendimiento de la corriente principal, la composición de fibra de vidrio de la presente invención ha hecho un gran progreso el módulo elástico, la resistencia mecánica, el rendimiento de cristalización y la clarificación del vidrio. En igualdad de condiciones, el módulo elástico y la resistencia mecánica del vidrio mejoran notablemente, el riesgo de cristalización disminuye significativamente y la cantidad de burbujas se reduce significativamente. Por lo tanto, toda la solución técnica es particularmente adecuada para la producción en horno de tanque de fibra de vidrio de modulo alto y alta resistencia que tiene una tasa de burbujas baja.

**REIVINDICACIONES**

1. Una composición de fibra de vidrio de alto rendimiento, que contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 5  | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
| 10 | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
| 15 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

En donde, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44.

20 2. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

3. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de Li<sub>2</sub>O en porcentaje en peso es del 0,1-1%.

25 4. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0,05-6%.

30 5. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en porcentaje en peso es del 0,05-2%.

6. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de CaO en porcentaje en peso es del 4-11%.

35 7. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de MgO en porcentaje en peso es del 6-12%.

8. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |         |
|----|---|---------|
| 40 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64%  |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24%  |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05-8% |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%   |
|    | K <sub>2</sub> O  | >1%     |
| 45 | Li <sub>2</sub> O   | 0.1-1%  |
|    | CaO+MgO+SrO   | 10-24%  |
|    | CaO   | 2-14%   |
|    | MgO   | <13%    |
|    | SrO   | <2.5%   |
| 50 | TiO <sub>2</sub>  | <2%     |
|    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <1.5%   |

y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de 0,44, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de 0,9.

55 9. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el contenido de SrO en porcentaje en peso es del 0,1-2%.

60 10. La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que contiene los siguientes contenidos de componentes en porcentaje en peso:

|    |   |        |
|----|---|--------|
| 65 | SiO <sub>2</sub>  | 52-64% |
|    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12-24% |
|    | RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1-6%   |
|    | R <sub>2</sub> O=Li <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O   | <2.5%  |

|   |                                |        |
|---|--------------------------------|--------|
| 5 | K <sub>2</sub> O               | >1%    |
|   | Li <sub>2</sub> O              | 0.1-1% |
|   | CaO+MgO+SrO                    | 10-24% |
|   | CaO                            | 4-11%  |
|   | MgO                            | 6-12%  |
|   | SrO                            | <2.5%  |
|   | TiO <sub>2</sub>               | <2%    |
|   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | <1.5%  |

10 y, una proporción C1 en porcentaje en peso de K<sub>2</sub>O a R<sub>2</sub>O,  $C1=K_2O/R_2O$ , es mayor de o igual a 0,5, y una proporción C2 en porcentaje en peso de (MgO+SrO) a CaO,  $C2=(MgO+SrO)/CaO$ , es mayor de o igual a 1.

15 **11.** La composición de fibra de vidrio de alto rendimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que contiene además CeO<sub>2</sub>, el contenido del cual en porcentaje en peso es del 0-1%.

**12.** Una fibra de vidrio, elaborada de la fibra de vidrio de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

**13.** Un material compuesto, que comprende la fibra de vidrio de acuerdo con la reivindicación 12.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65