

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 244**

51 Int. Cl.:

C03C 13/00 (2006.01)

C03C 3/00 (2006.01)

C03C 3/087 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2006 PCT/US2006/042437**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2007 WO07055968**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2006 E 06827148 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019 EP 1951633**

54 Título: **Composición para vidrio de alto rendimiento, fibras de vidrio de alto rendimiento y artículos fabricados a partir de los mismos**

30 Prioridad:

04.11.2005 US 267739

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

16.03.2020

73 Titular/es:

**OCV INTELLECTUAL CAPITAL, LLC (100.0%)
One Owens Corning Parkway
Toledo, OH 43659, US**

72 Inventor/es:

**HOFMANN, DOUGLAS, A. y
MCGINNIS, PETER, B.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 748 244 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 para vidrio de alto rendimiento, fibras de vidrio de alto rendimiento y artículos fabricados a partir de los mismos

Campo técnico y aplicabilidad industrial de la invención

La presente invención se refiere en general a una composición para fibras de vidrio continuas para su uso en aplicaciones de alta resistencia, así como a fibras y artículos de vidrio de alta resistencia.

Antecedentes de la invención

La composición de vidrio más común para elaborar hebras continuas de fibra de vidrio es "E-Glass". La temperatura líquida de E-Glass es aproximadamente 1149°C (2100°F) o inferior. Una ventaja de E-Glass es que su temperatura de líquido permite que las temperaturas de operación para producir fibras de vidrio sean aproximadamente de 1038°C a 1316°C (1900°F a 2400°F). La clasificación ASTM para hilos de fibra de E-Glass utilizados en placas de circuitos impresos y aplicaciones aeroespaciales define la composición como de 52 a 56% en peso de SiO₂, de 16 a 25% en peso de CaO, de 12 a 16% en peso de Al₂O₃, de 5 a 10% en peso de B₂O₃, de 0 a 5% en peso de MgO, de 0 a 2% en peso de Na₂O y K₂O, de 0 a 0,8% en peso de TiO₂, de 0,05 a 0,4% en peso de Fe₂O₃ y de 0 a 1,0% en peso de flúor.

Las fibras sin boro se comercializan bajo la marca registrada ADVANTEX (Owens Corning, Toledo, Ohio, EE. UU.). Las fibras sin boro, tales como las descritas en la Patente de estados Unidos Núm. 5.789.329, incorporada a la presente memoria como referencia en su totalidad, ofrece una mejora significativa en las temperaturas de funcionamiento sobre el E-Glass que contiene boro. Las fibras de vidrio sin boro se incluyen en la definición de la ASTM de fibras de E-Glass para su uso en aplicaciones de uso general.

S-Glass es una familia de vidrios compuesta principalmente de óxidos de magnesio, aluminio y silicio con una composición química que produce fibras de vidrio que tienen una mayor resistencia mecánica que las fibras de E-Glass. La composición para formar S-Glass incluye aproximadamente 65% en peso de SiO₂, 25% en peso de Al₂O₃ y 10% en peso de MgO. El vidrio S tiene una composición que fue diseñada originalmente para su uso en aplicaciones de alta resistencia, tales como armaduras balísticas.

R-Glass es una familia de vidrios que se compone principalmente de los óxidos de silicio, aluminio, magnesio y calcio con una composición química que produce fibras de vidrio con una mayor resistencia mecánica que las fibras de E-Glass. R-Glass tiene una composición que contiene de aproximadamente 58 a aproximadamente 60% en peso de SiO₂, de aproximadamente 23,5 a aproximadamente 25,5% en peso de Al₂O₃, de aproximadamente 14 a aproximadamente 17% en peso de CaO más MgO, 0% de B₂O₃, 0% de F₂ y menos de aproximadamente 2% en peso de componentes diversos. R-Glass contiene más alúmina y sílice que E-Glass y requiere temperaturas más altas de fusión y procesamiento durante la formación de la fibra. Típicamente, las temperaturas de fusión y procesamiento para R-Glass son al menos aproximadamente 160°C más altas que las de E-Glass. Este aumento en la temperatura de procesamiento requiere el uso de un fundidor revestido de platino de alto coste. Además, la proximidad de la temperatura líquida a la temperatura de formación en R-Glass requiere que el vidrio se fibrice a una viscosidad inferior a E-Glass, que habitualmente se fibrica en o cerca de 1000 poises. La fibrización de R-Glass con la viscosidad habitual de 1000 poises probablemente daría como resultado la desvitrificación del vidrio, lo que causa interrupciones del procedimiento y una reducción de la productividad.

Las tablas IA-IE exponen las composiciones para varias composiciones de vidrio de alta resistencia convencionales.

Tabla I-A

Constituyente	Vidrio chino de alta resistencia	ALUMINOSILICATO DE MAGNESIO DE MECHA CONTINUA RUSA	NITTOBO "T" Tejido de Vidrio "B"	NITTOBO "T" Tejido de Vidrio (Hilo) "C"
SiO ₂	55,08	55,81	64,58	64,64
CaO	0,33	0,38	0,44	0,40
Al ₂ O ₃	25,22	23,78	24,44	24,57
B ₂ O ₃	1,85		0,03	0,03
MgO	15,96	15,08	9,95	9,92
Na ₂ O	0,12	0,063	0,08	0,09

ES 2 748 244 T3

Constituyente	Vidrio chino de alta resistencia	ALUMINOSILICATO DE MAGNESIO DE MECHA CONTINUA RUSA	NITTOBO "T" Tejido de Vidrio "B"	NITTOBO "T" Tejido de Vidrio (Hilo) "C"
Flúor	0,03		0,034	0,037
TiO ₂	0,023	2,33	0,019	0,018
Fe ₂ O ₃	1,1	0,388	0,187	0,180
K ₂ O	0,039	0,56	0,007	0,010
ZrO ₂	0,007	0,15		
Cr ₂ O ₃		0,011	0,003	0,003
Li ₂ O		1,63		
CeO ₂				

Tabla I-B

Constituyente	Hilo Nitto Boseki A&P	Hilo Nitto Boseki NT6030	Vidrio Nitto Boseki TE RST-220PA-535CS	Vetrotex Saint Gobain SR Glass Stratifils SR CG 250 P109	Vidrio de Alta Resistencia Polotsk STEKLOVOLOKNO
SiO ₂	65,51	64,60	64,20	63,90	58,64
CaO	0,44	0,58	0,63	0,26	0,61
Al ₂ O ₃	24,06	24,60	25,10	24,40	25,41
B ₂ O ₃					0,04
MgO	9,73	9,90	9,90	10,00	14,18
Na ₂ O	0,04	0,06	0,020	0,039	0,05
Flúor	0,07				0,02
TiO ₂	0,016	0,000	0,000	0,210	0,624
Fe ₂ O ₃	0,067	0,079	0,083	0,520	0,253
K ₂ O	0,020	0,020	0,020	0,540	0,35
ZrO ₂	0,079				
Cr ₂ O ₃	0,0010			0,001	0,023
Li ₂ O					
CeO ₂					

Tabla I-C

Constituyente	Hilo Chino de Alta Resistencia (8 micras)	Mecha de Vidrio China de Alta Resistencia	Mecha de Vidrio Zentron S-2	Muestra de Vidrio SOLAIS	Hilos de Vidrio Avanzados de R Glass
SiO ₂	55,22	55,49	64,74	64,81	58,46
CaO	0,73	0,29	0,14	0,55	9,39
Al ₂ O ₃	24,42	24,88	24,70	24,51	24,55
B ₂ O ₃	3,46	3,52		0,02	0,04
MgO	12,46	12,28	10,24	9,35	5,91
Na ₂ O	0,104	0,06	0,17	0,16	0,079
Flúor	0,07			0,02	0,054
TiO ₂	0,32	0,36	0,015	0,04	0,196
Fe ₂ O ₃	0,980	0,930	0,045	0,238	0,400

ES 2 748 244 T3

Constituyente	Hilo Chino de Alta Resistencia (8 micras)	Mecha de Vidrio China de Alta Resistencia	Mecha de Vidrio Zentron S-2	Muestra de Vidrio SOLAIS	Hilos de Vidrio Avanzados de R Glass
K ₂ O	0,240	0,150	0,005	0,03	0,67
ZrO ₂					
Cr ₂ O ₃	0,0050			0,007	0,005
Li ₂ O	0,59	0,63			
CeO ₂	1,23	1,25			

Tabla I-D

Constituyente	Hilos de Vidrio Avanzados de S Glass	Mecha Culimeta	Hilo IVG Vertex B96 675	Mecha de Vidrio IVG Vertex	Mecha de Vidrio IVG Vertex Outside Núm. 1
SiO ₂	64,61	59,37	58,34	58,58	58,12
CaO	0,17	0,27	0,31	0,30	0,31
Al ₂ O ₃	24,84	25,49	23,81	24,26	24,09
B ₂ O ₃	0,04	0,05			
MgO	10,11	13,47	14,99	15,02	15,36
Na ₂ O	0,118	0,024	0,05	0,02	0,03
Flúor	0,03		0,04	0,04	0,04
TiO ₂	0,011	0,530	1,380	0,67	0,91
Fe ₂ O ₃	0,042	0,374	0,333	0,336	0,303
K ₂ O		0,48	0,42	0,28	0,29
ZrO ₂		0,152	0,129	0,165	0,157
Cr ₂ O ₃	0,0050	0,0120	0,0100	0,0120	0,0120
Li ₂ O					
CeO ₂					

Tabla I-E

Constituyente	Mecha de vidrio IVG Vertex Outside Núm. 2	Hebra de Fibra de Vidrio RH CG250 P109
SiO ₂	58,69	58,54
CaO	0,29	9,35
Al ₂ O ₃	24,3	25,39
B ₂ O ₃		
MgO	15,06	6,15
Na ₂ O	0,03	0,10
Flúor	0,04	0,16
TiO ₂	0,64	0,008
Fe ₂ O ₃	0,331	0,069
K ₂ O	0,36	0,14
ZrO ₂	0,187	0,006
Cr ₂ O ₃	0,0130	
Li ₂ O		

Constituyente	Mecha de vidrio IVG Vertex Outside Núm. 2	Hebra de Fibra de Vidrio RH CG250 P109
CeO ₂		

El R-Glass y el S-Glass se producen fundiendo los componentes de las composiciones en un recipiente de fusión revestido de platino. Los costes de formar fibras de R-Glas y S-Glass son drásticamente más altos que las fibras de E-Glass debido al coste de producción de las fibras en tales fusores. Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de composiciones de vidrio útiles en la formación de fibras de vidrio de alto rendimiento a partir de un procedimiento de fusión directa en un horno con revestimiento refractario y fibras formadas a partir de tales composiciones.

Las fibras de vidrio resistentes a altas temperaturas se describen en los documentos WO 2007/050529, US 2004/092379 y WO 02/42233.

Compendio de la invención

La invención, en parte, es una composición de vidrio para la formación de fibras de vidrio continuas que son adecuadas para su uso en aplicaciones de alta resistencia. La composición de la presente invención se puede formar a un bajo coste en fibras de vidrio empleando fusión directa de bajo coste en hornos con revestimiento refractario debido a la temperatura de fibrización relativamente baja de las fibras de vidrio. Una vez formada en fibras, la composición de vidrio proporciona las características de resistencia de las fibras de vidrio de mayor precio, tales como S-Glass. La composición de la presente invención está compuesta de 61 a 68% en peso de SiO₂, de 15 a 19% en peso de Al₂O₃, de 15 a 20% en peso de RO, donde RO es igual a la suma de MgO, CaO, SrO y BaO, y de 0 a 3% en peso de óxidos de metales alcalinos, comprendiendo dicha composición MgO. La composición preferiblemente no contiene más de aproximadamente 4% en peso de óxidos o halógenos seleccionados del grupo que consiste en ZnO, SO₃, Flúor, B₂O₃, TiO₂, ZrO₂ y Fe₂O₃. Las propiedades deseadas del vidrio producido a partir de la composición de la presente invención incluyen una temperatura de fibrización de menos de aproximadamente 1.454,44°C (2650°F) y una temperatura liquidus que está preferiblemente por debajo de la temperatura de fibrización en al menos aproximadamente 26,67°C (80°F), más preferiblemente al menos aproximadamente 48,89°C (120°F), y lo más preferiblemente al menos aproximadamente 65,56°C (150°F).

Descripción detallada y realizaciones preferidas de la invención

Las propiedades de fibrización de la composición de vidrio de la presente invención incluyen la temperatura de fibrización, liquidus y delta-T. La temperatura de fibrización se define como la temperatura que corresponde a una viscosidad de aproximadamente 1000 Poise. Como se comenta con más detalle a continuación, una temperatura de fibrización reducida reduce el coste de producción de las fibras, permite una vida útil más larga del casquillo, aumenta el rendimiento, permite que el vidrio se derrita en un fundidor con revestimiento refractario y reduce el uso de energía. Por ejemplo, a una temperatura de fibrización más baja, un casquillo funciona a una temperatura más fría y no se "afloja" tan rápidamente. El aflojamiento es un fenómeno que ocurre en los casquillos que se mantienen a una temperatura elevada durante períodos prolongados de tiempo. Al reducir la temperatura de fibrización, se puede reducir la velocidad de aflojamiento del casquillo y se puede aumentar la vida útil del casquillo. Además, una temperatura de fibrización más baja permite un mayor rendimiento ya que se puede derretir más vidrio en un período dado a una entrada de energía dada. Como resultado, el coste de producción se reduce. Además, una temperatura de fibrización más baja también permitirá que el vidrio formado con la composición de la invención se derrita en un fundidor con revestimiento refractario ya que sus temperaturas de fusión y fibrización están por debajo de las temperaturas de uso superiores de muchos materiales refractarios disponibles comercialmente.

La temperatura liquidus se define como la temperatura más alta a la que existe equilibrio entre el vidrio líquido y su fase cristalina primaria. A todas las temperaturas por encima de la liquidus, el vidrio está libre de cristales en su fase primaria. A temperaturas inferiores a la liquidus, se pueden formar cristales.

Otra propiedad de fibrización es delta-T (ΔT), que se define como la diferencia entre la temperatura de fibrización y la liquidus. Una ΔT más grande ofrece un mayor grado de flexibilidad durante la formación de las fibras de vidrio y ayuda a inhibir la desvitrificación del vidrio (es decir, la formación de cristales dentro de la masa fundida) durante la fusión y la fibrización. El aumento de ΔT también reduce el coste de producción de las fibras de vidrio al permitir una mayor vida útil del casquillo y al proporcionar una ventana de proceso más amplia para formar fibras.

Los vidrios de la presente invención son adecuados para fundirse en fundidores de vidrio con revestimiento refractario disponibles comercialmente, que se emplean ampliamente en la fabricación de fibras de refuerzo de vidrio. Los componentes del lote inicial generalmente incluyen SiO₂ (arena de sílice molida) y Al₂O₃ (alúmina calcinada), así como modificadores de cadena de materiales de origen tales como MgCO₃ (magnesita), CaCO₃ (piedra caliza), SrCO₃ (estroncianita), BaCO₃ (witherita), ZrSiO₄ (circón) y Na₂CO₃ (natrita)

El lote de vidrio está compuesto de 61 a 68 por ciento en peso de SiO₂, de 15 a 19 por ciento en peso de Al₂O₃, de

15 a 20 por ciento en peso de RO, donde RO es igual a la suma de MgO, CaO y SrO, y de 0 a 3 por ciento en peso de óxidos de metales alcalinos, comprendiendo el lote MgO. Un lote de acuerdo con la presente invención incluirá típicamente pequeñas cantidades de ZnO, SO₃, Flúor, B₂O₃, TiO₂ y Fe₂O₃, preferiblemente en una cantidad inferior al 4 por ciento en peso. Además, el vidrio producido a partir de dicho lote tendrá preferiblemente una temperatura de fibrización de menos de 1,454,44°C (2650°F), una ΔT de al menos 26,67°C (80°F), preferiblemente una ΔT de al menos 48,89°C (120°F), y lo más preferiblemente una ΔT de al menos 65,56°C (150°F), y un coeficiente de expansión térmica (CTE) de 4,10x10⁻⁶ m/m/°C (2,28x10⁻⁶ in/in/°F) a 4,99x10⁻⁶ m/m/°C (2,77 x10⁻⁶ in/in/°F). Adicionalmente, el vidrio de la presente invención tiene preferiblemente una resistencia superior a 4,137 MPa (600 KPSI), preferiblemente una resistencia superior a 4,344 MPa (630 KPSI), y lo más preferiblemente una resistencia superior a 4,792 MPa (695 KPSI). Adicionalmente, las fibras de vidrio tendrán deseablemente un módulo mayor que 82,7 GPa (12,0 Mpsi), preferiblemente mayor que 84,0 GPa (12,18 Mpsi), y lo más preferiblemente mayor que 86,9 GPa (12,6 Mpsi). Se apreciará que ciertos detalles de construcción no se proporcionan en vista de que tales detalles son convencionales y están bien dentro del conocimiento práctico de la técnica.

15 La presente invención también incluye un material compuesto que incluye fibras de vidrio, como se describió anteriormente, combinadas con un material de matriz endurecible. El material compuesto es especialmente útil en aplicaciones donde se desean alta resistencia y rigidez y bajo peso. Tales aplicaciones incluyen aeronaves, automoción y energía eólica (tales como palas de molinos de viento), así como cualquier otra aplicación donde se desee bajo peso, rigidez y alta resistencia. Los materiales de matriz endurecible adecuados incluyen resinas termoendurecibles y termoplásticas. A modo de ejemplo, los materiales de matriz termoendurecible adecuados incluyen ésteres de vinilo, poliésteres, resinas epoxídicas y combinaciones o copolímeros de los mismos. Típicamente, las palas de los molinos de viento se forman mediante cualquier técnica de fabricación de materiales compuestos adecuada, tales como la infusión de resina asistida por vacío o la colocación de refuerzo preimpregnado.

25 Habiendo descrito generalmente esta invención, se puede obtener una comprensión adicional mediante la referencia a ciertos ejemplos específicos ilustrados a continuación que se proporcionan solo con fines ilustrativos y no se pretende que sean exhaustivos o limitantes a menos que se especifique lo contrario.

30 **Ejemplos**

Los vidrios en los ejemplos enumerados en las Tablas IIA - IIC se fundieron en crisoles de platino o en un fundidor continuo revestido de platino para determinar las propiedades mecánicas y físicas del vidrio y las fibras producidas a partir de los mismos. Las unidades de medida para las propiedades físicas son: Viscosidad (°C), temperatura Liquidus (°C) y ΔT (°C). En algunos ejemplos, los vidrios fueron fibrizados y se midieron la Fuerza (MPa), Densidad (g/cc), Módulo (GPa), Punto de reblandecimiento (°C) y coeficiente de expansión térmica (CTE) (m/m/(°C)).

40 La temperatura de fibrización se midió empleando un viscosímetro de husillo giratorio. La viscosidad de fibrización se define como 1000 Poise. El líquido se midió colocando un recipiente de platino cargado con vidrio en un horno de gradiente térmico durante 16 horas. La mayor temperatura a la que estaban presentes cristales se consideró la temperatura liquidus. El módulo se midió utilizando la técnica sónica en una sola fibra de vidrio. La resistencia a la tracción se midió en una fibra única prístina. El CTE se midió con un dilatómetro en el intervalo de temperatura de 25 a 600 grados C. La temperatura del punto de reblandecimiento se midió utilizando el método de alargamiento de fibra ASTM C338.

Tabla IA

Vidrio	Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4*	Ej. 5*	Ej. 6 *
SiO ₂	62,63	62,42	61,75	63,01	63,07	63,16
CaO	8,49	8,64	8,57	4,84	4,85	4,8
Al ₂ O ₃	18,50	18,54	18,82	19,99	20,03	19,76
MgO	9,47	9,64	9,65	11,26	11,28	11,33
Na ₂ O	0,70	0,69		0,70	0,70	
TiO ₂	0,0	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02
Fe ₂ O ₃	0,20	0,05	0,045	0,20	0,05	0,037
Viscosidad medida (°C)	1366,11 (2491°F)	na	na	1378,89 (2514°F)	na	na
Liquidus medida (°C)	1238,33 (2261°F)	1230,56 (2247°F)	na	1279,44 (2335°F)	na	na

ES 2 748 244 T3

Vidrio	Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4*	Ej. 5*	Ej. 6 *
DT medida (°C)	110 (230°F)	na	na	81,67 (179°F)	na	na
Fuerza medida (MPa)	4633,44 (672 KPsi)	na	na	4792,02 (695 KPsi)	na	na
Densidad medida (g/cc)	2,556	na	na	2,530	na	na
Módulo medido (GPa)	85,5 (12,4 MPsi)	86,88 (12,6 MPsi)	na	86,88 (12,6 MPsi)	87,57 (MPsi)	na
Punto de reblandecimiento (°C)	na	na	na	962,78 (1765°F)	na	na
CTE m/m/(°C)	na	na	na	$4,10 \times 10^{-6}$ ($2,28 \times 10^{-6}$ in/in/°F)	na	na

* no está dentro del alcance de las reivindicaciones

Tabla II-B

Vidrio	Ej. 7	Ej. 8	Ej. 9	Ej. 10	Ej. 11	Ej. 12
SiO ₂	62,32	63,89	63,14	61,39	61,39	65,00
CaO	11,56	11,21	11,96	11,96	8,71	13,00
Al ₂ O ₃	17,25	16,39	16,39	18,14	18,89	15,00
MgO	7,98	6,62	6,62	6,62	9,62	5,00
Na ₂ O	0,70	0,75	0,75	0,75	0,25	1,00
TiO ₂	0,00	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00
Fe ₂ O ₃	0,20	0,39	0,39	0,39	0,39	
Viscosidad medida (°C)	1347,78 (2458°F)	1367,22 (2493°F)	1335 (2435 °F)	1332,78 (2431 °F)	1334,44 (2434°F)	2509 (1376,11°F)
Liquidus medida (°C)	1260,56 (2301°F)	1242,22 (2268°F)	1256,67 (2294°F)	1289,44 (2353°F)	1238,33 (2261°F)	2226 (1218,89°F)
DT medida (°C)	69,44 (157°F)	107,22 (225°F)	60,56 (141°F)	25,56 (78°F)	78,33 (173°F)	283 (139,44°F)
Fuerza medida (MPa)	4357,64 (632 KPsi)	4385,22 (636 KPsi)	4288,69 (622 KPsi)	4240,43 (615 KPsi)	4702,39 (682 KPsi)	4219,74 (612 KPsi)
Densidad medida (g/cc)	2,573	2,553	2,567	2,567	2,564	na
Módulo medido (GPa)	84,12 (12,2 MPsi)	84,12 (12,2 MPsi)	84,12 (12,2 MPsi)	84,12 (12,2 MPsi)	86,88 (12,6 MPsi)	na
Punto de reblandecimiento (°C)	942,78 (1729°F)	na	na	na	na	na
CTE m/m/(°C)	$4,99 \times 10^{-6}$ ($2,77 \times 10^{-6}$ in/in/°F)	na	na	na	na	na

Tabla II-C

Vidrio	Ej. 13	Ej. 14	Ej.15 *	Ej. 16	Ej. 17	Ej. 18
SiO ₂	63,89	65,00	64,00	63,89	65,00	65,00
CaO	6,96	14,00	4,00	8,96	14,00	12,50
Al ₂ O ₃	18,64	15,00	20,00	18,89	15,00	15,00
MgO	9,62	6,00	11,00	6,62	5,00	5,00

ES 2 748 244 T3

Vidrio	Ej. 13	Ej. 14	Ej.15 *	Ej. 16	Ej. 17	Ej. 18
Na ₂ O	0,25	0,00	1,00	0,75	0,00	1,00
TiO ₂	0,25	0,00	0,00	0,75	1,00	1,00
Fe ₂ O ₃	0,39	0,00	0,00	0,14	0,00	0,50
Viscosidad medida (°C)	1378,33 (2513°F)	1375,56 (2508°F)	1397,78 (2548°F)	1407,22 (2565°F)	1360,56 (2481°F)	1383,89 (2523°F)
Liquidus medida (°C)	1280,56 (2337°F)	1300,56 (2373°F)	1316,11 (2401°F)	1253,33 (2288°F)	1317,22 (2403°F)	1219,44 (2227°F)
DT medida (°C)	80 (176°F)	57,22 (135°F)	63,89 (147°F)	136,11 (277°F)	25,56 (78°F)	146,67 (296°F)
Fuerza medida (MPa)	4792,02 (695 KPsi)	4302,48 (624 KPsi)	na	na	4164,58 (604 KPsi)	na
Densidad medida (g/cc)	2,480	2,554	na	na	2,546	na
Módulo medido (GPa)	84,81 (12,3 MPsi)	82,74 (12,0 MPsi)	na	na	82,05 (11,9 MPsi)	na
Punto de reblandecimiento (°C)	na	na	na	na	na	na
CTE m/m/(°C)	na	na	na	na	na	na
* no está dentro del alcance de las reivindicaciones						

Como se entiende en la técnica, las composiciones de la invención ilustrativas anteriores no siempre suman 100% de los componentes enumerados debido a convenciones estadísticas (tales como redondeo y promedio) y al hecho de que algunas composiciones pueden incluir impurezas que no están enumeradas. Por supuesto, las cantidades reales de todos los componentes, incluidas las impurezas, en una composición siempre suman 100%. Además, se debe entender que cuando se especifican pequeñas cantidades de componentes en las composiciones, por ejemplo, cantidades del orden de aproximadamente 0,05 por ciento en peso o menos, esos componentes pueden estar presentes en forma de impurezas traza presentes en las materias primas, en lugar de añadirse intencionadamente.

Además, se pueden añadir componentes a la composición del lote, por ejemplo, para facilitar el procesamiento, que a continuación se eliminan, formando así una composición de vidrio que está esencialmente libre de dichos componentes. Así, por ejemplo, cantidades mínimas de componentes tales como flúor y sulfato pueden estar presentes en forma de impurezas traza en las materias primas que proporcionan los componentes de sílice, calcio, alúmina y magnesia en la práctica comercial de la invención o pueden ser coadyuvantes de procesamiento que son esencialmente eliminados durante la fabricación.

Como se desprende de los ejemplos anteriores, las composiciones de fibra de vidrio de la invención tienen propiedades ventajosas, tales como bajas temperaturas de fibrización y amplias diferencias entre las temperaturas liquidus y las temperaturas de fibrización (valores altos de ΔT). Otras ventajas y modificaciones obvias de la invención resultarán evidentes para el experto en la técnica a partir de la descripción anterior y más adelante a través de la práctica de la invención). El vidrio de alto rendimiento de la presente invención se funde y refina a temperaturas relativamente bajas, tiene una viscosidad viable en un amplio intervalo de temperaturas relativamente bajas y un bajo intervalo de temperatura liquidus.

REIVINDICACIONES

1. Una composición discontinua para la formación de fibras de vidrio, que comprende:
- 5 de 61 a 68 por ciento en peso de SiO₂;
 de 15 a 19 por ciento en peso de Al₂O₃;
 de 15 a 20 por ciento en peso de RO, donde RO es igual a la suma de MgO, CaO, SrO y BaO en la
 composición de lote; y
10 de 0 a 3 por ciento en peso de óxidos de metales alcalinos;
 en donde la composición comprende MgO.
2. La composición de lote de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
 menos de 4 por ciento en peso de compuestos seleccionados del grupo que consiste en ZnO, SO₃, Flúor, B₂O₃, TiO₂
 y Fe₂O₃.
- 15 3. La composición de lote de la reivindicación 1, en donde el vidrio producido a partir de dicho lote tiene una
 temperatura de fibrización de menos de 1.454,44°C (2650°F) y una ΔT de al menos 26,67°C (80°F).
- 20 4. La composición de lote de la reivindicación 3, en donde el vidrio producido a partir de dicho lote tiene una ΔT de al
 menos 49,89°C (120°F).
- 25 5. La composición de lote de la reivindicación 1, en donde el vidrio producido a partir de dicho lote tiene un punto de
 reblandecimiento de 962,78°C (1765°F).
- 30 6. Una fibra de vidrio formada a partir de la composición discontinua de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en
 donde dicha fibra tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de entre 4,10x10⁻⁶ m/m/°C (2,28x10⁻⁶ in/in/°F) y
 4,99x10⁻⁶ m/m/°C (2,77 x10⁻⁶ in/in/°F).
- 35 7. La fibra de vidrio de la reivindicación 6, en donde dicha fibra tiene una resistencia superior a 4,137 MPa (600
 KPSI).
- 40 8. La fibra de vidrio de la reivindicación 6, en donde dicha fibra tiene un módulo en exceso de 82,7 GPa (12,0 MPSI).
9. Un artículo reforzado con fibra de vidrio que comprende:
- fibras de vidrio según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8; y
 un material de matriz curable.
10. El artículo reforzado con fibra de vidrio de la reivindicación 9, en donde dicho artículo reforzado es una pala para
 una turbina eólica.
11. El artículo reforzado con fibra de vidrio de la reivindicación 9, en donde dicho material de matriz curable se
 selecciona del grupo que consiste en éster de vinilo, poliéster, resina epoxídica y combinaciones o copolímeros de
 los mismos.