

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 881 206**

51 Int. Cl.:

C03C 3/095 (2006.01)

C03C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2014** **PCT/US2014/046637**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015** **WO15009686**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2014** **E 14748034 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021** **EP 3022163**

54 Título: **Composiciones de vidrio, composiciones de vidrio que permiten formar fibras y fibras de vidrio preparadas a partir de las mismas**

30 Prioridad:

15.07.2013 US 201361846266 P

08.07.2014 US 201414325854

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

29.11.2021

73 Titular/es:

ELECTRIC GLASS FIBER AMERICA, LLC

(100.0%)

940 Washburn Switch Road

Shelby, NC 28150, US

72 Inventor/es:

LI, HONG y

WESTBROOK, PAUL A.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 881 206 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

Composiciones de vidrio, composiciones de vidrio que permiten formar fibras y fibras de vidrio preparadas a partir de las mismas

Campo de la invención

La presente invención se refiere a composiciones de vidrio y, en particular, a composiciones de vidrio para la formación de fibras.

Antecedentes de la invención

Las fibras de vidrio se han usado para reforzar diversas resinas poliméricas durante muchos años. Algunas composiciones de vidrio comúnmente usadas para su uso en las aplicaciones de refuerzo incluyen las familias de composiciones "vidrio E", "vidrio R" y "vidrio D". El "vidrio S" es otra familia de composiciones de vidrio comúnmente usada que incluye, por ejemplo, fibras de vidrio disponibles en el mercado a través de AGY (Aiken, Carolina del Sur) con el nombre comercial "vidrio S-2".

En el refuerzo y otras aplicaciones, pueden resultar importantes determinadas propiedades mecánicas de las fibras de vidrio o de los materiales compuestos reforzados con fibras de vidrio. Sin embargo, en muchos casos, la fabricación de fibras de vidrio que tienen propiedades mecánicas mejoradas (por ejemplo, una resistencia superior, un módulo superior, etc.) puede dar como resultado costes superiores debido, por ejemplo, a los costes de los materiales de lotes aumentados, los costes de fabricación aumentados u otros factores. Por ejemplo, el "vidrio S-2" mencionado anteriormente tiene propiedades mecánicas mejoradas en comparación con el vidrio E convencional, pero también cuesta significativamente más, como resultado de las demandas de temperatura y energía sustancialmente más altas para la conversión de los lotes en vidrio, el afinado por fusión y el estirado de las fibras. Los fabricantes de fibra de vidrio continúan buscando composiciones de vidrio que se puedan usar para formar fibras de vidrio que las tengan propiedades mecánicas deseables en un entorno de fabricación comercial.

El documento WO 2013/036796 A2 describe composiciones de vidrio para la formación de fibras de vidrio y productos relacionados. La composición de vidrio comprende en una realización 58-62 por ciento en peso de SiO_2 , 14-17 por ciento en peso de Al_2O_3 , 14-17,5 por ciento en peso de CaO , y 6-9 por ciento en peso de MgO , en donde la cantidad de Na_2O es de 0,09 por ciento en peso o menos.

El documento DE 20 2007 010 874 U1 se refiere a fibras de vidrio térmicamente resistentes que comprenden 62,0 a 66,0 por ciento en peso de SiO_2 , 14,0 a 16,4 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,8 a 1,2 por ciento en peso de TiO_2 , 10,0 a 12,0 por ciento en peso de CaO , 4,0 a 6,0 por ciento en peso de MgO , 0,8 a 1,5 por ciento en peso de ZnO , 0,2 a 0,6 por ciento en peso de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{Li}_2\text{O}$, 0,2 a 0,5 por ciento en peso de CeO_2 , y menos de 0,5 por ciento en peso de $\text{TeO}_2+\text{HfO}_2+\text{La}_2\text{O}_3$, por lo que la suma de todos los componentes de la fibra de vidrio asciende a 100 por ciento en peso.

El documento US 6.358.873, B1 se refiere al vidrio para envolturas de vidrio de lámparas halógenas de tungsteno, lentes de vidrio con filtro y filtros de vidrio que consisten esencialmente en términos de porcentaje en peso sobre la base de óxido, aproximadamente 50-62 % de SiO_2 , 10-17 % de Al_2O_3 , 0-6 % de B_2O_3 , 3,6-10 % de CaO , 0-7,5 % de MgO , 0,1-0,3 % de SrO , 2,4-18 % de BaO , 0-1 % de ZnO , y 1-8 % de Nd_2O_3 .

El documento US 3 978 362 A se refiere a composiciones de vidrio para la fabricación de envolturas para lámparas de tungsteno-bromo que contienen 58-63 por ciento en peso de SiO_2 , 13-16 por ciento en peso de Al_2O_3 , 14-21 por ciento en peso de CaO , 0-5 por ciento en peso de MgO , 0-7 por ciento en peso de BaO , siendo el contenido total de $\text{MgO} + \text{BaO} + \text{CaO}$ al menos el 19 por ciento en peso.

El documento WO 2014/062715 A1 proporciona composiciones de vidrio y fibras de vidrio de elevado módulo y resistencia preparadas a partir de las anteriores, de modo que la composición de vidrio incluye entre aproximadamente 45 y aproximadamente 65 por ciento en peso de SiO_2 ; entre aproximadamente 12 y aproximadamente 27 por ciento en peso de Al_2O_3 , en donde la relación de porcentaje en peso de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ está entre aproximadamente 2 y aproximadamente 4; entre aproximadamente 5 y aproximadamente 15 por ciento en peso de MgO ; entre aproximadamente 2 y aproximadamente 10 por ciento en peso de CaO , en donde la relación de porcentaje en peso de MgO/CaO está entre aproximadamente 1 y aproximadamente 4; entre aproximadamente 0 y aproximadamente 1 por ciento en peso de Na_2O ; entre aproximadamente 0,01 y aproximadamente 14,5 por ciento de Y_2O_3 ; entre aproximadamente 0 y aproximadamente 3 por ciento en peso de TiO_2 ; y entre aproximadamente 0 y aproximadamente 5 por ciento en peso de ZrO_2 .

El documento CN 103086605 A se refiere a fibras de vidrio fabricadas de una composición de vidrio que comprende 62-66 % en peso de SiO_2 , 18-21 % en peso de Al_2O_3 , 0,5-5 % de CaO , 8-12 % en peso de MgO , 0,5-2 % en peso de Li_2O , 0,4-3 % en peso de TiO_2 , 0,1-0,6 % en peso de Fe_2O_3 , 0,1-0,8 % en peso de $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, en donde el contenido de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ es de 0,5-3 % en peso.

Sumario

- 5 Diversas realizaciones de la presente invención proporcionan composiciones de vidrio, composiciones de vidrio que permiten formar fibras y fibras de vidrio formadas a partir de tales composiciones, así como hebras de fibra de vidrio, hilos, tejidos y materiales compuestos que comprenden tales fibras de vidrio adaptadas para su uso en diversas aplicaciones.
- 10 De acuerdo con la presente invención se proporciona una composición de vidrio adecuada para la formación de fibra como se define en las reivindicaciones adjuntas. La composición de vidrio comprende 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes. En algunas realizaciones, el al menos un óxido de tierras raras comprende al menos uno de La_2O_3 , Y_2O_3 , Sc_2O_3 y Nd_2O_3 . En algunas realizaciones, el contenido de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ es mayor del 1 por ciento en peso. El contenido de MgO , en algunas realizaciones, está entre aproximadamente 6 y aproximadamente 9 por ciento en peso.
- 15 20 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hebras de fibras de vidrio. En el presente documento se divulgan varias composiciones de vidrio que permiten formar fibras como parte de la presente invención y se debe entender que diversas realizaciones de la presente invención pueden comprender fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, hilos y otros productos que incorporen fibras de vidrio formadas a partir de tales composiciones.
- 25 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hilos formados a partir de al menos una hebra de fibra de vidrio formada a partir de una composición de vidrio descrita en el presente documento. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a tejidos que incorporan al menos una hebra de fibra de vidrio formada a partir de una composición de vidrio descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, un hilo de relleno usado en el tejido puede comprender la al menos una hebra de fibra de vidrio. Un hilo de urdimbre, en algunas realizaciones, puede comprender la al menos una hebra de fibra de vidrio. En algunas realizaciones, las hebras de fibra de vidrio se pueden usar tanto en los hilos de relleno como en los hilos de urdimbre usados para formar tejidos de acuerdo con la presente invención. En algunas realizaciones, los tejidos de la presente invención pueden comprender un tejido de ligamento tafetán, un tejido de sarga, un tejido de sarga interrumpida, un tejido de ligamento raso, un tejido de unión por cosido o un tejido tejido en 3D.
- 30 35 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos que comprenden una resina polimérica y fibras de vidrio formadas a partir de una de las diversas composiciones de vidrio descritas en el presente documento. Las fibras de vidrio pueden ser de una hebra de fibra de vidrio de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio se pueden incorporar en un tejido, tal como un tejido tejido. Por ejemplo, las fibras de vidrio pueden estar en un hilo de relleno y/o un hilo de urdimbre que se tejen para formar un tejido. En las realizaciones donde el material compuesto comprende un tejido, el tejido puede comprender un tejido de ligamento tafetán, un tejido de sarga, un tejido de sarga interrumpida, un tejido de ligamento raso, un tejido de unión por cosido o un tejido tejido en 3D.
- 40 45 Las fibras de vidrio se pueden incorporar en el material compuesto en otras formas también, tal como se analiza con más detalle más adelante.
- Con respecto a las resinas poliméricas, los materiales compuestos de la presente invención pueden comprender una o más de diversas resinas poliméricas. En algunas realizaciones, la resina polimérica comprende al menos una de las resinas de polietileno, polipropileno, poliamida, polimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, de poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bismaleimidas y de poliuretano termoendurecible. La resina polimérica puede comprender una resina epoxídica en algunas realizaciones.
- 50 55 Los materiales compuestos de la presente invención pueden estar en diversas formas y se pueden usar en diversas aplicaciones. Algunos ejemplos de los usos posibles de los materiales compuestos de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención incluyen, sin limitación, la energía eólica (por ejemplo, las palas de los molinos de viento), las aplicaciones para automóviles, las aplicaciones en materia de seguridad/protección (por ejemplo, el blindaje de balística), las aplicaciones aeroespaciales o en la aviación (por ejemplo, los suelos interiores de los aviones), los recipientes o tanques de alta presión, las carcasas de misiles, la electrónica y otros.
- 60 Estas y otras realizaciones de la presente invención se describen con mayor detalle en la siguiente Descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un gráfico que muestra los valores del módulo de Young con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE_2O_3) en diversas composiciones de vidrio.

La Figura 2 es un gráfico que muestra los valores de la resistencia a la tracción de la fibra original con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE_2O_3) en diversas composiciones de vidrio.

La Figura 3 es un gráfico que muestra las temperaturas de reblandecimiento y transición vítrea con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE_2O_3) en diversas composiciones de vidrio.

La Figura 4 es un gráfico que muestra el coeficiente lineal de expansión térmica con respecto a la cantidad de óxido de escandio (Sc_2O_3) en diversas composiciones de vidrio.

Descripción detallada

La presente invención se refiere, en general, a composiciones de vidrio. En un aspecto, la presente invención proporciona fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener propiedades mecánicas mejoradas, tales como, por ejemplo, el Módulo de Young y la resistencia original, en comparación con las fibras de vidrio E convencionales.

Las composiciones de vidrio de la presente invención comprenden óxidos de tierras raras, además de componentes normalmente hallados en las composiciones de vidrio, tales como SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO y otros. Tales composiciones de vidrio pueden permitir formar fibras y, por tanto, se pueden usar para preparar fibra de vidrio en diversas realizaciones. Tal como entienden aquellos expertos en la materia, la expresión "óxidos de tierras raras" se refiere a los óxidos que incorporan un metal de tierras raras e incluye óxidos de escandio (Sc_2O_3), itrio (Y_2O_3), y los elementos lantánidos (lantano (La_2O_3), cerio (Ce_2O_3 y CeO_2), praseodimio (Pr_2O_3), neodimio (Nd_2O_3), prometio (Pm_2O_3), samario (Sm_2O_3), europio (Eu_2O_3 y EuO), gadolinio (Gd_2O_3), terbio (Tb_2O_3), disprosio (Dy_2O_3), holmio (Ho_2O_3), erbio (Er_2O_3), tulio (Tm_2O_3), iterbio (Yb_2O_3) y lutecio (Lu_2O_3)). Los óxidos de tierras raras se incluyen en las composiciones de vidrio de la presente invención en cantidades que superan aquellas en donde el óxido de tierras raras está presente solo como material residual o impureza en un material de lote incluido con un lote de vidrio para proporcionar otro componente. Las composiciones de vidrio, en algunas realizaciones, pueden comprender una combinación de óxidos de tierras raras (por ejemplo, uno o más de diversos óxidos de tierras raras).

De acuerdo con la presente invención, el uno o más óxidos de tierras raras están presentes en una cantidad mayor del 3 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el uno o más óxidos de tierras raras pueden estar presentes en una cantidad de hasta aproximadamente el 10 por ciento en peso, aunque se pueden usar cantidades mayores en otras realizaciones. El uno o más óxidos de tierras raras, en algunas realizaciones, pueden estar presentes en una cantidad de hasta aproximadamente el 12 por ciento en peso. De acuerdo con la presente invención, el uno o más óxidos de tierras raras están presentes en una cantidad de hasta 15 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el uno o más óxidos de tierras raras pueden estar presentes en una cantidad entre aproximadamente el 4,0 y aproximadamente el 15 por ciento en peso. El uno o más óxidos de tierras raras pueden estar presentes en una cantidad entre aproximadamente el 5,0 y aproximadamente el 15 por ciento en peso, en algunas realizaciones.

La cantidad de óxidos de tierras raras usada en algunas realizaciones puede depender del óxido de tierras raras particular usado, de si se usan otros óxidos de tierras raras en la composición, de las propiedades de fusión de la composición y de las propiedades deseadas de las fibras de vidrio a formar a partir de la composición y otras.

En algunas realizaciones, el óxido de tierras raras usado en las composiciones de vidrio de la presente invención puede comprender La_2O_3 en una cantidad entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 15 por ciento en peso. Tal como se ha expuesto anteriormente y en los Ejemplos más adelante, también se pueden incluir otras cantidades de La_2O_3 en las composiciones de vidrio de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se cree que la inclusión de La_2O_3 en las composiciones de vidrio tiene un impacto deseable en la temperatura de reblandecimiento vítreo y las temperaturas de transición vítrea, así como en la resistencia a la tracción, el alargamiento, el coeficiente de expansión térmica y otras propiedades de las fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones.

En algunas realizaciones, el óxido de tierras raras usado en las composiciones de vidrio de la presente invención puede comprender Y_2O_3 en una cantidad entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 15 por ciento en peso. Tal como se ha expuesto anteriormente y en los Ejemplos más adelante, también se pueden incluir otras cantidades de Y_2O_3 en las composiciones de vidrio de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas realizaciones, se cree que la inclusión de Y_2O_3 en las composiciones de vidrio tiene un impacto deseable en la temperatura de reblandecimiento vítreo y la temperatura de transición vítrea, así como en el módulo, la resistencia a la tracción, el alargamiento, el coeficiente de expansión térmica y otras propiedades de las fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones.

En algunas realizaciones, el óxido de tierras raras usado en las composiciones de vidrio de la presente invención puede comprender Sc_2O_3 en una cantidad entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 4 por ciento en peso. Tal como se ha expuesto anteriormente y en los Ejemplos más adelante, también se pueden incluir otras cantidades de Sc_2O_3 en las composiciones de vidrio de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas

realizaciones, aunque se cree que la inclusión de Sc_2O_3 en las composiciones de vidrio tiene un impacto deseable en algunas propiedades de las fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones (por ejemplo, la temperatura de reblandecimiento vítreo, la temperatura de transición vítrea, el coeficiente de expansión térmica, etc.), también se ha observado que la presencia de Sc_2O_3 eleva la temperatura liquidus de las composiciones.

5 En algunas realizaciones, el óxido de tierras raras usado en las composiciones de vidrio de la presente invención puede comprender Nd_2O_3 en una cantidad entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 15 por ciento en peso. Tal como se ha expuesto anteriormente y en los Ejemplos más adelante, también se pueden incluir otras cantidades de Nd_2O_3 en las composiciones de vidrio de acuerdo con algunas realizaciones. En algunas
10 realizaciones, se cree que la inclusión de Nd_2O_3 en las composiciones de vidrio tiene un impacto deseable en la temperatura de reblandecimiento vítreo y la temperatura de transición vítrea, así como en el módulo, la resistencia a la tracción, el alargamiento, el coeficiente de expansión térmica y otras propiedades de las fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones.

15 También se pueden usar diversas combinaciones de óxidos de tierras raras para lograr las propiedades deseables (por ejemplo, la resistencia a la tracción, el módulo, la resistencia específica, el módulo específico, etc.). Por ejemplo, la selección de un óxido de tierras raras particular y su cantidad relativa puede influir en la densidad de la fibra, que a su vez puede influir en la resistencia específica (resistencia a la tracción dividida por la densidad) y en el módulo específico (módulo dividido por la densidad). De manera análoga, la selección de un óxido de tierras raras particular y su cantidad relativa puede influir en las propiedades de fusión de las composiciones de vidrio. Por
20 ejemplo, tal como se ha señalado anteriormente, la presencia de Sc_2O_3 en determinadas cantidades puede aumentar la temperatura liquidus de una composición de vidrio. De manera similar, el óxido de cerio (Ce_2O_3 y CeO_2) puede actuar como agente de oxidación y agente de afinado, de tal manera que, en algunas realizaciones, la cantidad de óxido de cerio no puede ser mayor del 2 por ciento en peso. Finalmente, la selección de un óxido de
25 tierras raras particular y su cantidad relativa puede influir en el coste de preparación de las fibras de vidrio debido a su impacto en las propiedades de fusión y debido a su coste como materia prima, ya que el coste de los óxidos de tierras raras varía sustancialmente.

30 Tal como se ha señalado anteriormente, las composiciones de vidrio de la presente invención y, en particular, las composiciones de vidrio que permiten formar fibras también incluyen otros componentes, incluyendo SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO y otros.

De acuerdo con la presente invención, una composición de vidrio adecuada para la formación de fibras comprende el 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , el 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , el 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes. En algunas realizaciones, el al menos un óxido de tierras raras comprende al menos uno de
40 La_2O_3 , Y_2O_3 , Sc_2O_3 y Nd_2O_3 .

Se debe entender que cualquier componente de una composición de vidrio descrito como presente en una cantidad entre aproximadamente el 0 por ciento en peso y otro porcentaje en peso no se requiere necesariamente en todas las realizaciones. En otras palabras, tales componentes pueden ser opcionales en algunas realizaciones,
45 dependiendo, por supuesto, de las cantidades de otros componentes incluidos en las composiciones. De manera análoga, en algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden estar sustancialmente libres de tales componentes, lo que significa que cualquier cantidad del componente presente en la composición de vidrio resultaría de la presencia del componente como impureza de traza en un material de lote.

50 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de SiO_2 presente en las composiciones de vidrio. En algunas realizaciones, el SiO_2 puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente 51 y aproximadamente 63 por ciento en peso. El SiO_2 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 54 y aproximadamente 63 por ciento en peso. Las composiciones de vidrio, en algunas realizaciones, pueden comprender al menos un 60 por ciento en peso de SiO_2 .

55 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de Al_2O_3 presente en las composiciones de vidrio. El Al_2O_3 puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente el 14,5 y el 19 por ciento en peso, en algunas realizaciones. En algunas realizaciones, el Al_2O_3 puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente 15 y 19 por ciento en peso.

60 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de CaO presente en las composiciones de vidrio. En algunas realizaciones, el CaO puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente el 0,5 y aproximadamente el 10 por ciento en peso.

65 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de MgO presente en las composiciones de vidrio. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención

comprenden entre 0 y aproximadamente un 12 por ciento en peso de MgO . En algunas realizaciones, el MgO puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente un 9 por ciento. El MgO puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 6 y aproximadamente 9 por ciento en peso.

- 5 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de Na_2O presente en las composiciones de vidrio. El Na_2O puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad de hasta aproximadamente un 1,0 por ciento en peso.

- 10 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de K_2O presente en las composiciones de vidrio. El K_2O puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, El K_2O puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente 1 por ciento en peso.

- 15 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de Li_2O presente en las composiciones de vidrio. Las composiciones de vidrio de la presente invención comprenden hasta el 2 por ciento en peso de Li_2O . En algunas realizaciones, el Li_2O puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente 1 por ciento en peso.

- 20 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad total del contenido de Na_2O , K_2O y Li_2O . En algunas realizaciones, el contenido de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ en las composiciones de vidrio de la presente invención es mayor del 1 por ciento en peso. El contenido de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$, en algunas realizaciones, es de hasta aproximadamente un 2,5 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el contenido de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$ está presente en una cantidad mayor de aproximadamente 1 por ciento en peso y de hasta aproximadamente 2,5 por ciento en peso.

- 25 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de B_2O_3 presente en las composiciones de vidrio. En algunas realizaciones, el B_2O_3 puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 2 por ciento en peso. El B_2O_3 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención pueden estar sustancialmente exentas de B_2O_3 , lo que significa que cualquier B_2O_3 presente en la composición de vidrio resultaría de la presencia de B_2O_3 como impureza traza en un material del lote. En otras realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención pueden comprender más de aproximadamente el 1 por ciento en peso de B_2O_3 .

- 35 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de Fe_2O_3 presente en las composiciones de vidrio. En algunas realizaciones, El Fe_2O_3 puede estar presente en una cantidad menor del 1,0 por ciento en peso. El Fe_2O_3 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 0,5 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el Fe_2O_3 puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente un 0,4 por ciento en peso.

- 40 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de TiO_2 presente en las composiciones de vidrio. El TiO_2 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 3 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el TiO_2 puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente el 3 por ciento en peso.

- 45 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de ZrO_2 presente en las composiciones de vidrio. El ZrO_2 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 3 por ciento en peso. En algunas realizaciones, el ZrO_2 puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente el 2 por ciento en peso. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención pueden estar sustancialmente libres de ZrO_2 , lo que significa que cualquier ZrO_2 presente en la composición de vidrio resultaría de la presencia de ZrO_2 como impureza de traza en un material de lote.

- 50 Algunas realizaciones de la presente invención se pueden caracterizar por la cantidad de P_2O_5 presente en las composiciones de vidrio. El P_2O_5 puede estar presente, en algunas realizaciones, en una cantidad entre aproximadamente 0 y aproximadamente 3 por ciento en peso. En algunas realizaciones, El P_2O_5 puede estar presente en una cantidad de hasta aproximadamente el 2,5 por ciento en peso. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención pueden estar sustancialmente libres de P_2O_5 , lo que significa que cualquier P_2O_5 presente en la composición de vidrio resultaría de la presencia de P_2O_5 como impureza de traza en un material de lote.

- 60 El sulfato (expresado como SO_3) también puede estar presente como agente de refinado. También pueden estar presentes pequeñas cantidades de impurezas procedentes de las materias primas o de la contaminación durante los procesos de fusión, tales como SrO , BaO , Cl_2 , P_2O_5 , Cr_2O_3 o NiO (sin limitarse a estas formas químicas particulares). También pueden estar presentes otros agentes de refinado y/o adyuvantes de procesamiento, tales como As_2O_3 , MnO , MnO_2 , Sb_2O_3 , SnO_2 o CeO_2 (sin limitarse a estas formas químicas concretas). Estas impurezas y

agentes de refinado, cuando están presentes, están normalmente presentes, cada uno, en cantidades menores del 0,5 % en peso de la composición de vidrio total.

5 Tal como se ha señalado anteriormente, las composiciones de vidrio, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, permiten formar fibras. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención tienen temperaturas de formación (T_F) deseables para su uso en operaciones comerciales de fabricación de fibra de vidrio. Tal como se usa en el presente documento, la expresión "temperatura de formación", o T_F , significa la temperatura a la que la composición de vidrio tiene una viscosidad de 1000 poise (o "temperatura de log 3"). Las composiciones de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, tienen una temperatura de
10 formación (T_F) que varía de aproximadamente 1.250 °C a aproximadamente 1.415 °C. En otra realización, las composiciones de vidrio de la presente invención tienen una temperatura de formación que varía de aproximadamente 1.250 °C a aproximadamente 1.350 °C. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio tienen una temperatura de formación que varía de aproximadamente 1.250 °C a aproximadamente 1.310 °C.

15 Las composiciones de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, tienen una temperatura liquidus que varía desde aproximadamente 1190 °C a aproximadamente 1515 °C. En otra realización, las composiciones de vidrio de la presente invención tienen una temperatura liquidus que varía de aproximadamente 1.190 °C a aproximadamente 1.300 °C. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención tienen una temperatura liquidus que varía de aproximadamente 1.190 °C a aproximadamente 1.260 °C.

20 En algunas realizaciones, la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura liquidus de una composición de vidrio de la presente invención resulta deseable para las operaciones comerciales de fabricación de fibra de vidrio. Por ejemplo, en algunas realizaciones de las composiciones de vidrio, la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura liquidus varía de aproximadamente 35 °C a más de 60 °C. En algunas
25 realizaciones, la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura liquidus de una composición de vidrio de la presente invención es de al menos de 50 °C.

Tal como se proporciona en el presente documento, se pueden formar fibras de vidrio a partir de algunas realizaciones de las composiciones de vidrio de la presente invención. Por tanto, las realizaciones de la presente
30 invención pueden comprender fibras de vidrio formadas a partir de cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio se pueden disponer en un tejido. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención se pueden proporcionar en otras formas, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, en forma de hebras continuas, hebras cortadas (en seco o en húmedo), hilos, mechas, materiales preimpregnados, etc. En resumen, se pueden usar diversas realizaciones de las
35 composiciones de vidrio (y cualquier fibra formada a partir de las mismas) en diversas aplicaciones.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hebras de fibras de vidrio. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hilos que comprenden hebras de fibras de vidrio. Algunas realizaciones de hilos de la presente invención son particularmente adecuadas en las aplicaciones de tejido. Además, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a tejidos de fibra de vidrio. Algunas realizaciones de tejidos de fibra de vidrio de la presente invención son particularmente adecuadas para su uso en las aplicaciones de refuerzo, especialmente las aplicaciones de refuerzo en las que un módulo alto, una resistencia alta y/o un alargamiento alto resultan importantes. Además, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos que incorporan hebras de fibras de vidrio, hilos de fibra de vidrio y tejidos de fibra de vidrio, tales como los materiales
45 compuestos poliméricos reforzados con fibra. Algunos compuestos de la presente invención son particularmente adecuados para su uso en las aplicaciones de refuerzo, especialmente las aplicaciones de refuerzo en las que un módulo alto, una resistencia alta y/o un alargamiento alto resultan importantes, tales como la energía eólica (por ejemplo, las palas de los molinos de viento), las aplicaciones para automóviles, las aplicaciones en materia de seguridad/protección (por ejemplo, el blindaje de balística o los paneles de blindaje), las aplicaciones aeroespaciales o en la aviación (por ejemplo, los suelos interiores de los aviones), los recipientes o tanques de alta presión, las carcasas de misiles y otros. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para automóviles. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos aeroespaciales. Otras realizaciones de la presente solicitud se refieren a materiales compuestos de aviación. Otras realizaciones más de la presente invención se refieren a materiales compuestos adecuados para su uso en las
50 aplicaciones de energía eólica. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales preimpregnados. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para aplicaciones en materia de seguridad/protección, tales como paneles de blindaje. Otras realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para recipientes o tanques de almacenamiento de alta presión. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para carcasas de
55 misiles. Otras realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para su uso en las aplicaciones de aislamiento térmico a alta temperatura. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a placas de circuito impreso, donde los coeficientes de expansión térmica inferiores resultan particularmente deseables, tales como los sustratos para el empaquetado de chips.

65 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hebras de fibras de vidrio. En algunas realizaciones, una hebra de fibra de vidrio comprende una pluralidad de fibras de vidrio que comprende una composición de vidrio

que comprende los siguientes componentes:

- 51-63 por ciento en peso de SiO_2 ;
- 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 ;
- 5 0,5-10 por ciento en peso de CaO ;
- 0-12 por ciento en peso de MgO ;
- 0-1 por ciento en peso de Na_2O ;
- 0-1 por ciento en peso de K_2O ;
- El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso;
- 10 0-3 por ciento en peso de TiO_2 ;
- 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 ;
- 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 ;
- 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 ;
- 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 ;
- 15 al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta un 15 por ciento en peso; y
- 0-11 por ciento en peso del total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, el al menos un óxido de tierras raras comprende al menos uno de La_2O_3 , Y_2O_3 , Sc_2O_3 y Nd_2O_3 .

En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden presentar propiedades mecánicas y de otro tipo deseables. Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden presentar una o más propiedades mecánicas mejoradas con respecto a las fibras de vidrio formadas a partir de vidrio E. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden proporcionar una o más propiedades mejoradas con respecto a las fibras de vidrio formadas a partir de vidrio R y/o vidrio S. Los ejemplos de propiedades deseables presentadas en algunas realizaciones de fibras de vidrio de la presente invención incluyen, sin limitación, la resistencia a la tracción, el módulo de Young, el coeficiente de expansión térmica, el punto de reblandecimiento, el alargamiento y la constante dieléctrica.

Las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener valores del módulo de Young (E) deseables, en algunas realizaciones. En algunas realizaciones, las fibras formadas a partir de las composiciones de vidrio de la presente invención pueden tener un módulo de Young mayor de aproximadamente 87 GPa. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un módulo de Young mayor de aproximadamente 90 GPa. Las fibras formadas a partir de las composiciones de vidrio de la presente invención pueden tener un módulo de Young mayor de aproximadamente 92 GPa, en algunas realizaciones. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un módulo de Young mayor de aproximadamente 93 GPa. Las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un módulo de Young mayor de aproximadamente 95 GPa, en algunas realizaciones. A menos que se indique de otro modo en el presente documento, los valores del módulo de Young analizados en el presente documento se determinan usando el procedimiento expuesto en el apartado de Ejemplos más adelante.

Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener resistencias a la tracción deseables. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener una resistencia a la tracción mayor de 4.000 MPa. Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener una resistencia a la tracción mayor de 4.500 MPa. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener una resistencia a la tracción mayor de aproximadamente 5.000 MPa. Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener una resistencia a la tracción mayor de aproximadamente 5500 MPa. A menos que se indique de otro modo en el presente documento, los valores de la resistencia a la tracción se determinan usando el procedimiento expuesto en el apartado de Ejemplos.

Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener valores de alargamiento deseables. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un alargamiento de al menos el 5,0 %. Las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un alargamiento de al menos el 5,5 %, en algunas realizaciones. A menos que se indique de otro modo en el presente documento, los valores del alargamiento se determinan usando el procedimiento expuesto en el apartado de Ejemplos.

Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener coeficientes de expansión térmica deseables. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un coeficiente de expansión térmica menor de aproximadamente 4,5 ppm/°C. Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener un coeficiente de expansión térmica menor de aproximadamente 3,1 ppm/°C. A menos que se indique de otro modo, los coeficientes de expansión térmica se determinan usando el procedimiento expuesto en el apartado de Ejemplos.

Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener puntos de reblandecimiento deseables. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un punto de reblandecimiento de al menos aproximadamente 900 °C. Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas

realizaciones, pueden tener un punto de reblandecimiento de al menos aproximadamente 950 °C. A menos que se indique de otro modo, los valores del punto de reblandecimiento se determinan usando el procedimiento expuesto en el apartado de Ejemplos.

- 5 Las fibras de vidrio de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden tener valores de la constante dieléctrica (D_k) deseables para su uso en las aplicaciones de electrónica. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un valor de la constante dieléctrica (D_k) de menos de aproximadamente 6,0 a una frecuencia de 1 MHz. A menos que se indique de otro modo en el presente documento, la constante dieléctrica (D_k) se determina de 1 MHz a 1 GHz mediante el método de ensayo de la ASTM D150 ("Standard Test Methods for A-C Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating Materials").

- 10 Las hebras de fibra de vidrio pueden comprender fibras de vidrio de diversos diámetros, dependiendo de la aplicación deseada. En algunas realizaciones, una hebra de fibra de vidrio de la presente invención comprende al menos una fibra de vidrio que tiene un diámetro entre aproximadamente 5 y aproximadamente 18 μm . En otras realizaciones, la al menos una fibra de vidrio tiene un diámetro entre aproximadamente 5 y aproximadamente 10 μm .

- 15 En algunas realizaciones, las hebras de fibra de vidrio de la presente invención se pueden formar hasta dar mechas. Las mechas pueden comprender mechas ensambladas, de múltiples extremos o de un extremo individual de estirado directo. Las mechas que comprenden hebras de fibra de vidrio de la presente invención pueden comprender mechas de un extremo individual de estirado directo que tienen diversos diámetros y densidades, dependiendo de la aplicación deseada. En algunas realizaciones, una mecha que comprende las hebras de fibra de vidrio de la presente invención presenta una densidad de hasta aproximadamente 225 m/kg (112 yardas/libra).

- 25 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hilos que comprenden al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento. En algunas realizaciones, un hilo de la presente invención comprende al menos una hebra de fibra de vidrio que comprende una composición de vidrio que comprende 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 por ciento en peso y hasta el 15 por ciento en peso y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

- 30 En algunas realizaciones, un hilo de la presente invención comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, en donde la al menos una hebra de fibra de vidrio se recubre al menos parcialmente con una composición de apresto. En algunas realizaciones, la composición de apresto es compatible con una resina polimérica termoendurecible. En otras realizaciones, la composición de apresto puede comprender una composición de apresto de almidón-aceite.

- 35 Los hilos pueden tener diversas densidades lineales de masa, dependiendo de la aplicación deseada. En algunas realizaciones, un hilo de la presente invención tiene una densidad lineal de masa de aproximadamente 10.079 m/kg (5.000 yardas/libra) a aproximadamente 20.159 m/kg (10.000 yardas/libra).

- 40 Los hilos pueden tener diversos niveles de torsión y direcciones, dependiendo de la aplicación deseada. En algunas realizaciones, un hilo de la presente invención tiene una torsión en la dirección z de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 2 vueltas cada 2,54 cm (cada pulgada). En otras realizaciones, un hilo de la presente invención tiene una torsión en la dirección z de aproximadamente 0,7 vueltas cada 2,54 cm (cada pulgada).

- 45 Los hilos se pueden preparar a partir de una o más hebras que se tuercen en conjunto y/o doblan, dependiendo de la aplicación deseada. Los hilos se pueden preparar a partir de una o más hebras que se tuercen en conjunto, pero no se doblan; tales hilos se conocen como "sencillos". Los hilos de la presente invención se pueden preparar a partir de una o más hebras que se tuercen en conjunto, pero no se doblan. En algunas realizaciones, los hilos de la presente invención comprenden 1-4 hebras torcidas en conjunto. En otras realizaciones, los hilos de la presente invención comprenden 1 hebra torcida.

- 50 Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a tejidos que comprenden al menos una hebra de fibra de vidrio. En algunas realizaciones, un tejido comprende al menos una hebra de fibra de vidrio que comprende una composición de vidrio que comprende 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes. En algunas realizaciones, un tejido de la presente invención comprende un hilo, tal como se desvela en el presente documento. Los tejidos de la presente invención, en algunas realizaciones, pueden comprender al menos un hilo de relleno que comprenda al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento. Los tejidos de la presente invención, en algunas realizaciones,

pueden comprender al menos un hilo de urdimbre que comprenda al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento. En algunas realizaciones, un tejido de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un tejido, el tejido de fibra de vidrio es un tejido tejido de acuerdo con el estilo de tejido industrial n.º 7781. En otras realizaciones, el tejido comprende un tejido de ligamento tafetán, un tejido de sarga, un tejido de sarga interrumpida, un tejido de ligamento raso, un tejido de unión por cosido (también conocido como tejido no rizado) o un tejido "tridimensional".

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto, la resina polimérica comprende una resina epoxídica. En otras realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto, la resina polimérica puede comprender resinas de polietileno, polipropileno, poliamida, poliimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, de poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bis-maleimidas y de poliuretano termoendurecible.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos aeroespaciales. En algunas realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención presenta propiedades deseables para su uso en las aplicaciones aeroespaciales, tales como una resistencia alta, un alargamiento alto, un módulo alto y/o una densidad baja.

En algunas realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto aeroespacial de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que

comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos aeroespaciales de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto aeroespacial, la resina polimérica comprende una resina epoxídica. En otras realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto aeroespacial, la resina polimérica puede comprender resinas de polietileno, polipropileno, poliamida, poliimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, de poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bis-maleimidas y de poliuretano termoendurecible.

Los ejemplos de piezas en las que se podrían usar los materiales compuestos aeroespaciales de la presente invención pueden incluir, aunque no de forma limitativa, paneles de suelo, compartimentos superiores, galeras, respaldos de asiento y otros compartimentos internos que sean potencialmente propensos al impacto, así como componentes externos, tales como las palas del rotor del helicóptero.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos de aviación. En algunas realizaciones, un material compuesto de aviación de la presente invención presenta propiedades deseables para su uso en las aplicaciones de aviación, tales como una resistencia alta, un alargamiento alto, un módulo alto, una densidad inferior, una resistencia específica alta y/o un módulo específico alto. El alargamiento alto de algunos materiales compuestos de aviación de la presente invención puede hacer que tales materiales compuestos sean especialmente deseables para su uso en las aplicaciones de aviación en las que es importante una resistencia al impacto alta, tales como las aplicaciones interiores de las aeronaves. En algunas realizaciones, los materiales compuestos de aviación de la presente invención pueden demostrar un rendimiento de impacto aumentado en comparación con los materiales compuestos formados a partir de tejidos de vidrio E. Los materiales compuestos de aviación de la presente invención pueden ser adecuados para su uso en los interiores de las aeronaves (incluyendo, entre otras cosas, compartimentos de almacenamiento de equipaje, asientos y suelos).

En algunas realizaciones, un material compuesto para aviación de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto de aviación de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de aviación de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto de aviación de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto de aviación de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de aviación de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos de aviación de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto de aviación, la resina polimérica comprende una resina fenólica. En otras realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto de aviación, la resina polimérica puede comprender resinas epoxídicas, de polietileno, polipropileno, poliamida, poliimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, de poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bis-maleimidas y poliuretano termoendurecible. Los ejemplos de piezas en las que se podrían usar los materiales compuestos de aviación de la presente invención pueden incluir, pero sin limitación, paneles de suelo, compartimentos superiores, galeras, respaldos de asiento y otros compartimentos internos que sean potencialmente propensos al impacto, así como componentes externos, tales como las palas del rotor del helicóptero.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para automóviles. En algunas realizaciones, un material compuesto para automóviles de la presente invención presenta propiedades deseables para su uso en las aplicaciones para automóviles, tales como una resistencia alta, un alargamiento alto y una densidad de fibra baja. La combinación de una resistencia alta y un alargamiento alto (o fallo a tensión) de algunos materiales compuestos de la presente invención puede hacer que tales materiales compuestos sean especialmente

deseables para su uso en las aplicaciones para automóviles en las que es importante una resistencia al impacto alta, tales como los componentes estructurales de automóviles, las carrocerías y los parachoques. En algunas realizaciones, los materiales compuestos para automóviles de la presente invención pueden demostrar un rendimiento de impacto aumentado en comparación con los materiales compuestos formados a partir de tejidos de vidrio E, tejidos de vidrio R y/o tejidos de vidrio S.

En algunas realizaciones, un material compuesto para automoción de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto para automóviles de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para automóviles de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto para automóviles de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto para automóviles de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para automóviles de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos para automóviles de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto para automóviles, la resina polimérica puede comprender una resina termoplástica o una resina termoendurecible. Los ejemplos de resinas termoplásticas comunes que se usan en los materiales compuestos para automóviles incluyen, sin limitación, polipropileno, poliamida, poliamida de alta temperatura, poliéster y otras resinas termoplásticas conocidas por los expertos en la materia. Los ejemplos de resinas termoendurecibles comunes que se usan en los materiales compuestos para automóviles incluyen, sin limitación, resinas epoxídicas, fenólicas, de poliéster y otros tipos de resinas termoendurecibles conocidas por los expertos en la materia. Los ejemplos de piezas en las que se podrían usar los materiales compuestos para automóviles de la presente invención pueden incluir, pero sin limitación, componentes estructurales de automóviles, carrocerías y parachoques.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos que se pueden usar en las aplicaciones de energía eólica. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica presenta propiedades deseables para su uso en las aplicaciones de energía eólica, tales como un módulo alto, un alargamiento alto, una densidad de fibra baja y/o un módulo específico alto. Los materiales compuestos de la presente invención pueden ser adecuados para su uso en las palas de turbinas eólicas, particularmente las palas de turbinas eólicas largas que son más ligeras, pero también fuertes en comparación con otras palas de turbinas eólicas largas.

En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende una resina polimérica y al menos

un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos de la presente invención adecuados para su uso en las aplicaciones de energía eólica pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica, la resina polimérica comprende una resina epoxídica. En otras realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto adecuado para su uso en las aplicaciones de energía eólica, la resina polimérica puede comprender resinas de poliéster, ésteres de vinilo, poliuretanos termoendurecibles o resinas de polidiciclopentadieno.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención presenta propiedades deseables para su uso en tales aplicaciones, tales como una resistencia alta, un alargamiento alto, una densidad baja y/o una resistencia específica alta.

En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto para su uso en recipientes y/o tanques de alta presión, la resina polimérica puede comprender una resina termoendurecible. Los ejemplos de resinas termoendurecibles comunes que se usan en recipientes y/o tanques de alta presión incluyen, sin limitación, resinas epoxídicas, fenólicas, de poliéster, de éster de vinilo y otras resinas termoendurecibles conocidas por los expertos en la materia.

En algunas realizaciones, los materiales compuestos de la presente invención pueden ser útiles en las aplicaciones de seguridad y/o protección. Por ejemplo, los materiales compuestos de la presente invención, en algunas realizaciones, son adecuados para su uso en las aplicaciones de esfuerzo mecánico alto, incluyendo, pero sin limitación, las aplicaciones de impacto de energía alto. Las fibras de vidrio útiles en algunas realizaciones de la presente invención pueden presentar propiedades especialmente deseables en las aplicaciones de impacto de energía alto, tales como las aplicaciones de resistencia balística o a las explosiones. En comparación con las fibras de vidrio que comprenden vidrio E, las fibras de vidrio útiles en algunas realizaciones de la presente invención pueden presentar una constante dieléctrica baja, una pérdida dieléctrica baja, una temperatura de transición vítrea alta y/o una expansión térmica baja.

En algunas realizaciones, los materiales compuestos de la presente invención pueden ser adecuados para su uso en las aplicaciones de blindaje. Por ejemplo, algunas realizaciones de los materiales compuestos se pueden usar en la

producción de paneles de blindaje. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP (en inglés "proyectil de simulación de fragmentos") de calibre 0,30 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 274 m/s (900 pies por segundo (en inglés "fps"))) a una densidad de área de panel de aproximadamente 9,76 kg/m² (2 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 5-6 mm) cuando se mide mediante la norma del método de ensayo del departamento de defensa estadounidense para el ensayo de balística para la determinación de la V50 para el blindaje, MIL-STD-662F, diciembre de 1997 (a continuación en el presente documento "MIL-STD-662F"). En este contexto, la expresión "material compuesto" se refiere genéricamente a un material que comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, mientras que el término "panel" se refiere a un material compuesto que tiene una forma o unas dimensiones físicas similares a una lámina. En otras realizaciones, un material compuesto de la presente invención se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,50 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 365 m/s (1.200 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 23,4 - 23,9 kg/m² (4,8 - 4,9 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 13 - 13,5 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. Como los valores de la V50 pueden depender de la densidad de área de panel y el espesor de panel, los materiales compuestos de la presente invención pueden tener diferentes valores de la V50, dependiendo de la manera en la que se construya el panel. Una ventaja de algunas realizaciones de la presente invención es la provisión de materiales compuestos que tienen valores de la V50 superiores a los materiales compuestos contruidos de manera similar ensamblados usando fibras de vidrio E.

En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO₂, 14,5-19 por ciento en peso de Al₂O₃, 0,5-10 por ciento en peso de CaO, 0-12 por ciento en peso de MgO, 0-1 por ciento en peso de Na₂O, 0-1 por ciento en peso de K₂O, El Li₂O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO₂, 0-3 por ciento en peso de ZrO₂, 0-2 por ciento en peso de B₂O₃, 0-3 por ciento en peso de P₂O₅, 0-1 por ciento en peso de Fe₂O₃, al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes, en donde el material compuesto se adapta para usar en aplicaciones de resistencia a las explosiones o de balística. Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a paneles, tales como paneles de blindaje, que comprenden materiales compuestos de la presente invención. En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,30 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 274 m/s (900 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 9,76 kg/m² (2 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 5-6 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En otras realizaciones, un material compuesto de la presente invención se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,30 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 304 m/s (1.000 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 9,76 kg/m² (2 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 5-6 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En otras realizaciones más de la presente invención, un material compuesto se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,30 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 335 m/s (1.100 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 9,76 kg/m² (2 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 5-6 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En algunas realizaciones de la presente invención, un material compuesto se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,30 (por ejemplo, de aproximadamente 274 m/s (900 fps) a aproximadamente 347 m/s (1.140 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 9,76 kg/m² (2 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 5-6 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F.

En algunas realizaciones, un material compuesto de la presente invención se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,50 (por ejemplo, de al menos aproximadamente 365 m/s (1.200 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 23,4 - 23,9 kg/m² (4,8 - 4,9 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 13 - 13,5 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En otras realizaciones de la presente invención, un material compuesto se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,50 (de al menos aproximadamente 396 m/s (1.300 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 23,4 - 23,9 kg/m² (4,8 - 4,9 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 13 - 13,5 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En otras realizaciones más de la presente invención, un material compuesto se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,50 (de al menos aproximadamente 426 m/s (1.400 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 23,4 - 23,9 kg/m² (4,8 - 4,9 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 13 - 13,5 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F. En algunas realizaciones de la presente invención, un material compuesto se puede formar hasta dar un panel, en donde se espera que el panel presente valores deseables de la V50 de FSP de calibre 0,50 (por ejemplo, de aproximadamente 365 m/s (1.200 fps) a aproximadamente 438 m/s (1.440 fps) a una densidad de área de panel de aproximadamente 23,4 - 23,9 kg/m² (4,8 - 4,9 libras/pie²) y un espesor de panel de aproximadamente 13 - 13,5 mm) cuando se mide mediante la MIL-STD-662F.

Los materiales compuestos de la presente invención adaptados para su uso en la resistencia a las explosiones o de balística pueden comprender diversas resinas poliméricas. En algunas realizaciones de la presente invención, un material compuesto comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, el material compuesto se puede formar hasta dar un panel, tal como un panel de blindaje para la resistencia balística o a las explosiones, y la resina polimérica comprende una resina epoxídica. Un material compuesto de la presente invención, en algunas realizaciones, comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, el material compuesto se puede formar hasta dar un panel, tal como un panel de blindaje para la resistencia balística o a las explosiones, y la resina polimérica comprende una resina de polidiciclopentadieno. En algunas realizaciones de la presente invención, la resina polimérica puede comprender resinas de polietileno, polipropileno, poliamidas (incluyendo nailon), tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, poliéster, ésteres de vinilo, poliuretanos termoendurecibles, ésteres de cianato, o de bis-maleimida.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención presenta propiedades deseables para su uso en tales aplicaciones, tales como un módulo alto, una resistencia alta, un alargamiento alto, un coeficiente de expansión térmica bajo, una temperatura de reblandecimiento vítreo alta y/o una temperatura de transición vítrea alta.

En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuesta en la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, dispuesto en la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales compuestos para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material compuesto para su uso en carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos, la resina polimérica puede comprender una resina termoendurecible. Los ejemplos de resinas termoendurecibles comunes que se pueden usar en tales aplicaciones incluyen, sin limitación, resinas epoxídicas, fenólicas, de poliéster y otros tipos de resinas termoendurecibles conocidas por los expertos en la materia.

Aunque en el presente documento se describen varios usos y aplicaciones de ejemplo de los materiales compuestos de la presente invención, las personas expertas en la materia pueden identificar otros usos posibles de tales materiales compuestos, incluyendo, por ejemplo, otras aplicaciones en la industria del petróleo y el gas, otras aplicaciones relacionadas con el transporte y las infraestructuras, otras aplicaciones en energías alternativas, otras aplicaciones de aislamiento térmico a alta temperatura (es decir, protección térmica) (debido a una resistencia superior, un módulo superior, una temperatura de reblandecimiento superior y una temperatura de transición vítrea superior), etc.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales preimpregnados. Los materiales preimpregnados de la presente invención pueden comprender una resina polimérica y al menos una hebra de fibra

de vidrio, tal como se desvela en el presente documento. En algunas realizaciones, un material preimpregnado de la presente invención comprende una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio en contacto con la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio comprende una composición de vidrio que comprende los siguientes componentes: 51-63 por ciento en peso de SiO_2 , 14,5-19 por ciento en peso de Al_2O_3 , 0,5-10 por ciento en peso de CaO , 0-12 por ciento en peso de MgO , 0-1 por ciento en peso de Na_2O , 0-1 por ciento en peso de K_2O , El Li_2O está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso, 0-3 por ciento en peso de TiO_2 , 0-3 por ciento en peso de ZrO_2 , 0-2 por ciento en peso de B_2O_3 , 0-3 por ciento en peso de P_2O_5 , 0-1 por ciento en peso de Fe_2O_3 , al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta 15 por ciento en peso, y 0-11 por ciento en peso total de otros constituyentes.

En algunas realizaciones, un material preimpregnado de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, en contacto con la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material preimpregnado de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos una parte de una mecha que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, un material preimpregnado de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un hilo, tal como se desvela en el presente documento, en contacto con la resina polimérica. En otras realizaciones más, un material preimpregnado de la presente invención comprende una resina polimérica y al menos un tejido, tal como se desvela en el presente documento, en contacto con la resina polimérica. En algunas realizaciones, un material preimpregnado de la presente invención comprende al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se desvela en el presente documento.

Los materiales preimpregnados de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un material preimpregnado, la resina polimérica comprende una resina epoxídica. En otras realizaciones de la presente invención que comprenden un material preimpregnado, la resina polimérica puede comprender resinas de polietileno, polipropileno, poliamida, poliimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólicas, de poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bis-maleimidas y de poliuretano termoendurecible.

Aunque muchas de las aplicaciones de las fibras de vidrio descritas en el presente documento son aplicaciones de refuerzo, algunas realizaciones de las fibras de vidrio de la presente invención se pueden utilizar en las aplicaciones de electrónica, tales como las placas de circuito impreso ("PCB" en inglés). Más particularmente, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a refuerzos de fibra de vidrio que tienen propiedades eléctricas que permiten potenciar el rendimiento de una PCB. Por ejemplo, algunas realizaciones de las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener una constante dieléctrica (D_k) deseable en las aplicaciones de electrónica. La constante dieléctrica de un material (D_k), también conocida como "permitividad", es una medida de la capacidad de un material para almacenar energía eléctrica. Un material a usar como condensador tiene, deseablemente, una D_k relativamente alta, mientras que un material a usar como parte de un sustrato de PCB tiene, deseablemente, una D_k baja, particularmente en los circuitos de alta velocidad. La D_k es la relación de la carga que se almacenaría (es decir, la capacidad eléctrica) de un material dado entre dos placas de metal respecto a la cantidad de carga que se almacenaría en un hueco (aire o vacío) entre las mismas dos placas de metal. Como otro ejemplo, algunas realizaciones de las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener un coeficiente de expansión térmica deseable en las aplicaciones de electrónica. Por consiguiente, algunas realizaciones de la presente invención se pueden usar en diversas aplicaciones eléctricas, incluyendo, sin limitación, placas de circuito impreso, precursores de placas de circuito impreso (por ejemplo, tejidos, laminados, materiales preimpregnados, etc.). En tales realizaciones, la placa de circuito impreso u otro material compuesto a usar en las aplicaciones eléctricas puede comprender una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio en contacto con la resina polimérica, en donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio se formó a partir de cualquiera de las composiciones de vidrio desveladas en el presente documento como parte de la presente invención. La resina polimérica puede incluir cualquiera de aquellas conocidas por aquellos expertos en la materia para su uso en las placas de circuito impreso u otras aplicaciones eléctricas.

A continuación, en cuanto a los métodos de fabricación de las fibras de vidrio de la presente invención y los productos relacionados, las fibras de vidrio de la presente invención se pueden preparar de la manera convencional bien conocida en la técnica, mediante la combinación de las materias primas usadas para suministrar los óxidos específicos que forman la composición de las fibras. Las fibras de vidrio de acuerdo con las diversas realizaciones de la presente invención se pueden formar usando cualquier proceso conocido en la técnica para la formación de fibras de vidrio y, más deseablemente, cualquier proceso conocido en la técnica para la formación de fibras de vidrio esencialmente continuas. Por ejemplo, aunque sin limitación, en el presente documento, las fibras de vidrio de acuerdo con las realizaciones no limitantes de la presente invención se pueden formar usando métodos de formación de fibras por fusión directa o por fusión indirecta. Estos métodos son bien conocidos en la técnica y no se cree que sea necesario un análisis adicional de los mismos en vista de la presente divulgación. Véase, *por ejemplo*, K. L. Loewenstein, The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibers, 3ª ed., Elsevier, N.Y., 1993, en las páginas 47-48 y 117-234.

Después de la formación de las fibras de vidrio, se puede aplicar una composición de apresto primario a las fibras de vidrio usando cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia. En algunas realizaciones, la composición de apresto se puede aplicar inmediatamente después de la formación de las fibras de vidrio. En general, las fibras de vidrio usadas para formar hebras de fibra de vidrio, tejidos, materiales compuestos, laminados y materiales preimpregnados de la presente invención se recubrirán al menos parcialmente con una composición de apresto. Un experto en la materia puede elegir una de las muchas composiciones de apresto disponibles en el mercado para las fibras de vidrio basándose en varios factores, incluyendo, por ejemplo, las propiedades de rendimiento de las composiciones de apresto, la flexibilidad deseada del tejido resultante, el coste y otros factores. En algunas realizaciones, la composición de apresto no comprende una composición de apresto de almidón-aceite. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden una composición de apresto que no comprende una composición de apresto de almidón-aceite, una fibra de vidrio o hebra de fibra de vidrio aprestada no necesita someterse a tratamiento adicionalmente con una composición de encolado antes de usar la fibra o hebra en las aplicaciones de tejido. En otras realizaciones que comprenden una composición de apresto que no comprende una composición de apresto de almidón-aceite, una fibra de vidrio o hebra de fibra de vidrio aprestada se puede someter a tratamiento adicionalmente con una composición de encolado antes de usar la fibra o hebra en las aplicaciones de tejido. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden una composición de apresto primario, la composición de apresto puede comprender una composición de apresto de almidón-aceite. En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden una composición de apresto de almidón-aceite, la composición de apresto de almidón-aceite se puede retirar posteriormente de un tejido formado a partir de al menos una fibra de vidrio o hebra de fibra de vidrio aprestada. En algunas realizaciones, el apresto de almidón-aceite se puede retirar de un tejido usando cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia, tal como, pero sin limitación, la limpieza por calor. En realizaciones de la presente invención que comprenden tejidos de los que se ha retirado una composición de apresto de almidón-aceite, un tejido de la presente invención se puede someter a tratamiento adicionalmente con un recubrimiento de acabado.

Los ejemplos no limitantes de composiciones de apresto disponibles en el mercado que se pueden usar en algunas realizaciones de la presente invención incluyen las composiciones de apresto usadas a menudo en las mechas de un extremo individual, tales como Hybon 2026, Hybon 2002, Hybon 1383, Hybon 2006, Hybon 2022, Hybon 2032, Hybon 2016 y Hybon 1062, así como las composiciones de apresto usadas a menudo en los hilos, tales como 1383, 611, 900, 610, 695 y 690, refiriéndose cada una de las mismas a composiciones de apresto para productos disponibles en el mercado a través de PPG Industries, Inc.

Las hebras de fibra de vidrio de la presente invención se pueden preparar mediante cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia. Los tejidos de fibra de vidrio de la presente invención, generalmente, se pueden preparar mediante cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia, tal como, pero sin limitación, el entretejido de hilos de trama (también denominados "hilos de relleno") en una pluralidad de hilos de urdimbre. Tal entretejido se puede lograr mediante el posicionamiento de los hilos de urdimbre en una matriz generalmente paralela y plana sobre un telar y, después de eso, el tejido de los hilos de trama en los hilos de urdimbre mediante el paso de los hilos de trama por encima y por debajo de los hilos de urdimbre en un patrón repetitivo predeterminado. El patrón usado depende del estilo de tejido deseado.

Los hilos de urdimbre generalmente se pueden preparar usando técnicas conocidas por aquellos expertos en la materia. Los hilos de urdimbre se pueden formar mediante la atenuación de una pluralidad de corrientes de vidrio fusionado a partir de un casquillo o hilador. Después de eso, se puede aplicar una composición de apresto a las fibras de vidrio individuales y las fibras se pueden agrupar para formar una hebra. Las hebras se pueden procesar posteriormente hasta dar hilos mediante la transferencia de las hebras a una bobina a través de un bastidor de torsión. Durante esta transferencia, se puede dar una torsión a las hebras para ayudar a mantener unido el haz de fibras. Estas hebras torcidas se pueden enrollar, a continuación, alrededor de la bobina y las bobinas se pueden usar en los procesos de tejido.

El posicionamiento de los hilos de urdimbre en el telar, generalmente, se puede realizar usando técnicas conocidas por aquellos expertos habituales en la materia. El posicionamiento de los hilos de urdimbre en el telar se puede realizar por medio de un plegador de telar. Un plegador de telar comprende una cantidad especificada de hilos de urdimbre (también denominados "extremos") enrollados en una disposición esencialmente paralela (también denominada "lámina de urdimbre") alrededor de un núcleo cilíndrico. La preparación del plegador de telar puede comprender combinar múltiples paquetes de hilos, comprendiendo cada paquete una fracción de la cantidad de extremos requeridos para el plegador de telar, hasta dar un paquete o plegador de telar individual. Por ejemplo y aunque sin limitación, en el presente documento, un tejido de estilo 7781 de 127 cm de ancho (50 pulgadas), que utiliza una entrada de hilos DE75, requiere normalmente 2.868 extremos. Sin embargo, el equipo convencional para la formación de un plegador de telar no permite que todos estos extremos se transfieran de las bobinas a un plegador individual en una operación. Por lo tanto, múltiples plegadores que comprenden una fracción de la cantidad de extremos requeridos, normalmente denominados "plegadores de sección", se pueden producir y, después de eso, combinar para formar el plegador de telar. De manera similar a un plegador de telar, un plegador de sección puede incluir un núcleo cilíndrico que comprenda una pluralidad de hilos de urdimbre esencialmente paralelos enrollados alrededor del mismo. Aunque un experto en la materia reconocerá que el plegador de sección puede comprender

cualquier cantidad de hilos de urdimbre requeridos para formar el plegador de telar final, generalmente, la cantidad de extremos contenidos en un plegador de sección está limitada por la capacidad de la fileta de urdimbre. En un tejido de estilo 7781, normalmente, se proporcionan cuatro plegadores de sección de 717 extremos cada uno de hilos DE75 y, cuando se combinan, ofrecen los 2.868 extremos requeridos para la lámina de urdimbre, tal como se ha analizado anteriormente.

Los materiales compuestos de la presente invención se pueden preparar mediante cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia, tal como, pero sin limitación, el moldeo por infusión de resina asistida por vacío, el prensado por extrusión, el moldeo por compresión, el moldeo por transferencia de resina, el bobinado de filamentos, el curado en autoclave/por material preimpregnado y la extrusión por estirado. Los materiales compuestos de la presente invención se pueden preparar usando técnicas de moldeo, tales como las conocidas por aquellos expertos habituales en la materia. En particular, las realizaciones de materiales compuestos de la presente invención que incorporan tejidos de fibra de vidrio tejidos se pueden preparar usando técnicas conocidas por aquellos expertos en la materia para la preparación de tales materiales compuestos.

Como ejemplo, algunos materiales compuestos de la presente invención se pueden preparar usando un moldeo por compresión asistido por vacío, técnica que es bien conocida por aquellos expertos en la materia y se describe brevemente más adelante. Tal como saben aquellos expertos en la materia, con el moldeo por compresión asistido por vacío, se coloca una pila de tejidos de vidrio preimpregnados dentro de una platina de prensa. En algunas realizaciones de la presente invención, la pila de tejidos de vidrio preimpregnados puede incluir uno o más tejidos de la presente invención, tal como se describe en el presente documento, que se han cortado hasta el tamaño y la forma deseados. Tras finalizar la operación de apilamiento de la cantidad correspondiente de capas, la prensa se cierra y las platinas se conectan a una bomba de vacío, de tal manera que la platina superior se comprime sobre la pila de tejidos hasta que se alcanza la presión deseada. El vacío ayuda a la evacuación del aire atrapado dentro de la pila y proporciona un contenido de hueco reducido en el laminado moldeado. Después de la conexión de las platinas a una bomba de vacío, la temperatura de las platinas se aumenta, a continuación, para acelerar la velocidad de conversión de la resina (por ejemplo, una resina termoendurecible) hasta un ajuste de temperatura predeterminado específico para la resina utilizada y se mantiene a ese ajuste de temperatura y presión hasta que el laminado alcanza el curado completo. En este punto, se apaga el calor y las platinas se enfrían mediante circulación de agua hasta que estas alcanzan la temperatura ambiente. A continuación, se pueden abrir las platinas y se puede retirar el laminado moldeado de la prensa.

Como otro ejemplo, algunos materiales compuestos de la presente invención se pueden preparar usando una tecnología de infusión de resina asistida por vacío, tal como se describe adicionalmente en el presente documento. Una pila de tejidos de fibra de vidrio de la presente invención se puede cortar hasta el tamaño deseado y se puede colocar sobre un tablero de vidrio sometido a tratamiento con liberación de silicona. A continuación, la pila se puede cubrir con una cubierta pelable, equipada con un medio para potenciar el flujo, y embolsarse al vacío usando una película de embolsado de nailon. A continuación, el denominado "estratificado" puede estar sujeto a una presión de vacío de aproximadamente 91.432 Pa (27 pulgadas de Hg). Por separado, la resina polimérica que se ha de reforzar con los tejidos de fibra de vidrio se puede preparar usando técnicas conocidas por aquellos expertos en la materia para esa resina particular. Por ejemplo, en algunas resinas poliméricas, una resina adecuada (por ejemplo, una resina epoxídica curable con amina) se puede mezclar con un agente de curado adecuado (por ejemplo, una amina para una resina epoxídica curable con amina) en las proporciones recomendadas por el fabricante de la resina o conocidas de otro modo por una persona experta habitual en la materia. A continuación, la resina combinada se puede desgasificar en una cámara de vacío durante 30 minutos y se puede infundir a través de la preforma de tejido hasta que se logre el empapado sustancialmente completo de la pila de tejido. En este punto, el tablero se puede cubrir con mantas calentadas (con un ajuste hasta una temperatura de aproximadamente 45 - 50 °C) durante 24 horas. A continuación, los materiales compuestos rígidos resultantes se pueden desmoldear y curarse posteriormente a aproximadamente 121 °C (250 °F) durante 4 horas en un horno de convección programable. Sin embargo, tal como conocen las personas expertas habituales en la materia, diversos parámetros, tales como el tiempo de desgasificación, el tiempo de calentamiento y las condiciones de curado posterior, pueden variar basándose en el sistema de resina específico usado y las personas expertas habituales en la materia entienden la manera de seleccionar tales parámetros basándose en un sistema de resina particular.

Los materiales preimpregnados de la presente invención se pueden preparar mediante cualquier medio adecuado conocido por un experto habitual en la materia, tal como, pero sin limitación, el paso de hebras de fibra de vidrio, mechas o tejidos a través de un baño de resina; usando una resina basada en disolvente; o usando una película de resina.

Tal como se ha señalado anteriormente, los materiales compuestos de la presente invención pueden comprender una resina polimérica, en algunas realizaciones. Se puede usar diversas resinas poliméricas. Las resinas poliméricas que se sabe que son útiles en las aplicaciones de refuerzo pueden ser particularmente útiles, en algunas realizaciones. En algunas realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina termoendurecible. Los sistemas de resina termoendurecible útiles, en algunas realizaciones de la presente invención, pueden incluir, pero sin limitación, sistemas de resina epoxídica, resinas con base fenólica, poliésteres, ésteres de vinilo, poliuretanos termoendurecibles, resinas de polidiciclopentadieno (pDCPD), ésteres de cianato y bis-maleimidas. En algunas

realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina epoxídica. En otras realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina termoplástica. Los polímeros termoplásticos útiles, en algunas realizaciones de la presente invención, incluyen, pero sin limitación, polietileno, polipropileno, poliamidas (incluyendo nailon), tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretanos termoplásticos (TPU), sulfuros de polifenileno y poliéter éter cetona (PEEK). Los ejemplos no limitantes de resinas poliméricas disponibles en el mercado útiles en algunas realizaciones de la presente invención incluyen la resina epoxídica EPIKOTE MGS® RIMR 135 con el agente de curado Epikure MGS RIMH 1366 (disponible a través de Momentive Specialty Chemicals Inc., de Columbus, Ohio), la epoxi Applied Pleramic MMFCS2 (disponible a través de Applied Pleramic, Inc., Benicia, California) y la epoxi modificada EP255 (disponible a través de Barrday Composite Solutions, Millbury, MA).

La invención se ilustrará a través de la siguiente serie de realizaciones específicas. Sin embargo, un experto en la materia entenderá que los principios de la invención contemplan muchas otras realizaciones.

Ejemplos

La Tabla 1 proporciona una pluralidad de composiciones de vidrio que permiten formar fibras de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención, así como datos relacionados con diversas propiedades de tales composiciones. Los ejemplos marcados con un "comp." son ejemplos comparativos, aunque los ejemplos restantes representan diversas realizaciones de la presente invención.

Los vidrios en estos Ejemplos se prepararon mediante la fusión de mezclas de productos químicos de calidad comercial y reactiva (los productos químicos de calidad reactiva se usaron solo en los óxidos de tierras raras) en forma de polvo en crisoles de Rh/Pt al 10 % a temperaturas entre 1.500 °C y 1.550 °C (2.732 °F - 2.822 °F) durante cuatro horas. Cada lote era de aproximadamente 1.000 gramos. Después del período de fusión de 4 horas, el vidrio fusionado se vertió sobre una placa de acero para su enfriamiento rápido. Las especies volátiles, tales como óxidos de álcali y fluoruro, no se ajustaron en los lotes por su pérdida de emisiones debido a sus bajas concentraciones en los vidrios. Las composiciones en los Ejemplos representan composiciones en lotes. Se usaron ingredientes comerciales en la preparación de los vidrios. En el cálculo del lote, se consideraron los factores de retención de materias primas especiales para calcular los óxidos en cada vidrio. Los factores de retención se basan en los años de fusión del lote de vidrio y el rendimiento de los óxidos en el vidrio, tal como se midió. Por tanto, se considera que las composiciones en lotes ilustradas en los Ejemplos son cercanas a las composiciones medidas.

Propiedades de fusión

La viscosidad en estado de fusión en función de la temperatura y la temperatura liquidus se determinó mediante el uso del método de ensayo de la ASTM C965, "Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point", y C829 "Standard Practices for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method", respectivamente.

La Tabla 1 incluye la temperatura liquidus medida (T_L), la temperatura de formación (T_F) de referencia definida por una viscosidad en estado de fusión de 100 Pa·s (1.000 P) y la temperatura de fusión (T_m) de referencia definida por una viscosidad de 10 Pa·s (100 P), para las composiciones de vidrio. También se muestra la diferencia entre la temperatura de formación y la temperatura liquidus (ΔT). La Tabla 1 también proporciona las temperaturas de reblandecimiento ($T_{\text{reblandecimiento}}$), las temperaturas de transición vítrea (T_g) y los coeficientes de expansión térmica (CTE en inglés) para algunas de las composiciones. Se midieron los valores de la temperatura de reblandecimiento ($T_{\text{reblandecimiento}}$) de acuerdo con el método de ensayo de la ASTM C338-93, "Annealing Point and Strain Point by Fiber Elongation" (2008). Se midieron los valores de la temperatura de transición vítrea (T_g) de acuerdo con el método de ensayo de la ASTM C336-71, "Annealing Point and Strain Point by Fiber Elongation". Se determinaron los valores del coeficiente de expansión térmica (CTE) de acuerdo con la ASTM E228-11, "Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials with a Push-Rod Dilatometer".

Propiedades mecánicas

En cuanto al ensayo de resistencia a la tracción de la fibra, las muestras de fibra de las composiciones de vidrio se produjeron a partir de una unidad de estirado de fibra de punta individual de 10Rh/90Pt. Se alimentaron aproximadamente 85 gramos de vidrio de desecho de una composición dada a la unidad de fusión de casquillo y se acondicionaron a una temperatura cercana o igual a la viscosidad en estado de fusión de 10 Pa·s (100 P) durante dos horas. Posteriormente, la masa fusionada se disminuyó hasta una temperatura cercana o igual a la viscosidad en estado de fusión de 100 Pa·s (1.000 P) y se estabilizó durante una hora antes del estirado de la fibra. El diámetro de la fibra se controló para producir una fibra de aproximadamente 10 μm de diámetro mediante el control de la velocidad del bobinador de estirado de fibra. Todas las muestras de fibra se capturaron en el aire sin ningún contacto con objetos extraños. El estirado de la fibra se completó en una sala con una humedad controlada entre 40 y 45 % de HR.

La resistencia a la tracción de la fibra se midió usando un analizador de resistencia a la tracción Kawabata KES-G1 (Kato Tech Co. Ltd., Japón) equipado con una celda de carga Kawabata tipo C. Las muestras de fibra se montaron

en tiras entramadas de papel usando un adhesivo de resina. Se aplicó una fuerza de tracción a la fibra hasta el fallo, a partir del que se determinó la resistencia de la fibra, basándose en el diámetro y la tensión de rotura de la fibra. El ensayo se realizó a temperatura ambiente con la humedad controlada entre el 40 y el 45 % de HR. Los valores promedios se calcularon basándose en un tamaño de muestra de 65 a 72 fibras para cada composición. La Tabla 1 indica las resistencias a la tracción promedio de las fibras formadas a partir de algunas de las composiciones. Las resistencias específicas se calcularon mediante la división de los valores de la resistencia a la tracción (en N/m²) por las densidades correspondientes (en g/m³).

Se midió también el módulo de Young en determinadas composiciones de vidrio de la Tabla 1 usando la siguiente técnica. Aproximadamente 50 gramos de desecho de vidrio que tenía una composición correspondiente al ejemplo adecuado de la Tabla 1 se volvieron a fundir en un crisol de 90Pt/10Rh durante dos horas a una temperatura de fusión definida por 100 Poise. El crisol se transfirió posteriormente a un horno calentado eléctricamente de tubo vertical. La temperatura del horno se ajustó previamente a una temperatura de extracción de fibra cercana o igual a una viscosidad en estado de fusión de 100 Pa·s (1.000 P). El vidrio se equilibró a la temperatura durante una hora antes del estirado de la fibra. La parte superior del horno de estirado de fibra tenía una cubierta con un orificio central, por encima del que se montó una bobina de cobre enfriada con agua para regular el enfriamiento de la fibra. A continuación, se sumergió manualmente una varilla de sílice en la masa fusionada a través de la bobina de enfriamiento y se extrajo y recogió una fibra de aproximadamente 1 a 1,5 m de largo. El diámetro de la fibra varió de 100 µm en un extremo a 1.000 µm en el otro extremo.

Los módulos elásticos se determinaron usando una técnica de pulso acústico de ultrasonidos (unidad Panatherm 5010 de Panametrics, Inc. de Waltham, Massachusetts) para las fibras extraídas de las masas fusionadas de vidrio. Se obtuvo un tiempo de reflexión de onda extensiva usando pulsos de 200 kHz de una duración de veinte microsegundos. Se midió la longitud de la muestra y se calculó la velocidad de onda extensiva respectiva (V_E). La densidad de la fibra (ρ) se midió usando un picnómetro Micromeritics AccuPyc 1330. Se realizaron aproximadamente 20 mediciones en cada composición y se calculó el módulo de Young promedio (E) a partir de la siguiente Fórmula:

$$E = V_E^2 \times \rho$$

El dispositivo de ensayo del módulo usa una guía de onda con un diámetro de 1 mm, que establece que el diámetro de la fibra en el lado de contacto con la guía de onda es aproximadamente igual al diámetro de la guía de onda. En otras palabras, el extremo de la fibra que tenía un diámetro de 1.000 µm se conectó en el lado de contacto de la guía de onda. Las fibras con diversos diámetros se sometieron a ensayo para determinar el módulo de Young y los resultados muestran que un diámetro de fibra de 100 a 1.000 µm no influye en el módulo de fibra. Los valores del módulo específico se calcularon mediante la división de los valores del módulo de Young por las densidades correspondientes.

Se determinaron los valores de "Tensión de fallo de fibra (%)" (es decir, el alargamiento de fibra) en la Tabla 1 basándose en la ley de Hooke dividiendo los valores de la resistencia a la tracción por los valores del módulo de Young correspondientes (en las mismas unidades (por ejemplo, todos en MPa)) y multiplicando por 100.

Tabla 1

	1 (comp.)	2 (comp.)	3 (comp.)	4 (comp.)	5 (comp.)	6 (comp.)
SiO₂	61,49	61,46	61,37	61,46	61,37	61,46
Al₂O₃	15,28	15,36	15,57	15,36	15,57	15,36
Fe₂O₃	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
CaO	15,43	13,18	12,51	13,18	12,51	13,18
MgO	6,12	6,26	6,21	6,26	6,21	6,26
Na₂O	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
K₂O	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sc₂O₃	0,00	2,08	2,68	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	0,00	2,08	2,68	0,00
La₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,08
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,50	0,50	0,51	0,50	0,51	0,50
Li₂O	0,74	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
SO₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(continuación)

T_L (°C)	1.198	1.197	1.241	1.197	1.201	1.199
T_F (°C)	1.285	1.288	1.296	1.306	1.312	1.300
ΔT (°C)	87	91	55	109	111	101
T_m (°C)	1.489	1.485	1.495	1.509	1.513	1.507
Densidad de fibra (g/cm³)	2,62	2,62	2,62	2,62	2,63	2,63
Módulo de fibra (GPa)	89,2	91,0	91,6	90,6	90,2	88,0
Resistencia de fibra (MPa)	3.570	4.108	4.376	4.264	4.727	4.321
Tensión de fallo de fibra (%)	4,0	4,5	4,8	4,7	5,2	4,9
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,5	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4
Resistencia de fibra específica (x10³ m)	139	160	171	166	184	168
	7 (comp.)	8 (comp.)	9 (comp.)	10	11	12
SiO₂	61,37	61,46	61,37	59,74	59,73	59,73
Al₂O₃	15,57	15,36	15,57	16,00	17,46	17,46
Fe₂O₃	0,29	0,29	0,29	0,27	0,29	0,29
CaO	12,51	13,18	12,51	9,63	7,46	7,46
MgO	6,21	6,26	6,21	8,58	7,13	7,13
Na₂O	0,05	0,05	0,05	0,19	0,19	0,19
K₂O	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	4,24	6,34	4,44
Y₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
La₂O₃	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90
Nd₂O₃	0,00	2,08	2,68	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,51	0,50	0,51	0,63	0,69	0,69
Li₂O	0,72	0,72	0,72	0,61	0,61	0,61
SO₃	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)	1.198	1.201	1.201	1.355		1.376
T_F (°C)	1.309	1.300	1.308	1.308	1.349	1.315
ΔT (°C)	111	99	107	-47		-61
T_m (°C)	1.515	1.506	1.513	1.491	1.515	1.507
Densidad de fibra (g/cm³)	2,63	2,62	2,62	2,63		
Módulo de fibra (GPa)	88,4	88,1	88,9	92,1		
Resistencia de fibra (MPa)	4.639					
Tensión de fallo de fibra (%)	5,3					
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,4	3,4	3,5	3,6		
Resistencia de fibra específica (x10³ m)	180					

(continuación)

	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	59,73	59,74	59,73	59,73	59,73	59,73
Al ₂ O ₃	17,46	16,00	17,46	17,46	17,46	17,46
Fe ₂ O ₃	0,29	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29
CaO	7,46	9,63	7,46	7,46	7,46	7,46
MgO	7,13	8,58	7,13	7,13	7,13	7,13
Na ₂ O	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
K ₂ O	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sc ₂ O ₃	3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	4,44
Y ₂ O ₃	0,00	4,24	6,34	4,44	3,17	0,00
La ₂ O ₃	3,17	0,00	0,00	1,90	3,17	0,00
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,69	0,63	0,69	0,69	0,69	2,59
Li ₂ O	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
SO ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T _L (°C)	1.302	1.194	1.194	1.193	1.197	
T _F (°C)	1.317	1.287	1.327	1.326	1.330	
ΔT (°C)	15	93	133	133	133	
T _m (°C)	1.512	1.476	1.515	1.523	1.532	
Densidad de fibra (g/cm ³)	2,64	2,65	2,65	2,65	2,65	
Módulo de fibra (GPa)	91,8	92,1	92,2	91,5	91,9	
Resistencia de fibra (MPa)			5.255	5.181	5.195	
Tensión de fallo de fibra (%)			5,7	5,7	5,7	
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)			202	199	200	
	19	20 (comp.)	21 (comp.)	22 (comp.)	23 (comp.)	24
SiO ₂	59,73	60,31	60,22	59,85	59,85	60,37
Al ₂ O ₃	17,46	15,62	16,28	15,58	15,58	14,48
Fe ₂ O ₃	0,29	0,23	0,28	0,27	0,27	0,25
CaO	7,46	13,84	13,06	11,05	11,05	5,46
MgO	7,13	8,63	8,61	8,70	8,70	8,03
Na ₂ O	0,19	0,06	0,06	0,20	0,20	0,18
K ₂ O	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08
Sc ₂ O ₃	4,44	0,00	0,00	2,88	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	2,88	0,00
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,87
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,69	0,45	0,64	0,61	0,61	0,57
Li ₂ O	0,61	0,78	0,75	0,76	0,76	0,70
SO ₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
ZrO ₂	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(continuación)

B₂O₃						
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)		1.211	1.225	1.240	1.195	1.260
T_F (°C)		1.251	1.265	1.264	1.268	1.320
ΔT (°C)		40	40	24	73	60
T_m (°C)		1.441	1.457	1.450	1.458	1.523
Densidad de fibra (g/cm³)		2,62	2,62	2,64	2,64	2,70
Módulo de fibra (GPa)		90,2	90,5	92,4	91,1	89,5
Resistencia de fibra (MPa)		4.622	4.739	4.913	4.759	4.978
Tensión de fallo de fibra (%)		5,13	5,2	5,3	5,2	5,6
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)		3,51	3,5	3,6	3,5	3,4
Resistencia de fibra específica (x10³ m)		180	185	190	184	188
	25 (comp.)	26 (comp.)	27 (comp.)	28 (comp.)	29 (comp.)	30 (comp.)
SiO₂	59,54	59,73	59,77	62,85	54,20	59,94
Al₂O₃	17,28	17,35	17,36	19,78	15,20	15,66
Fe₂O₃	0,30	0,29	0,28	0,32	0,26	0,25
CaO	9,68	4,99	0,69	2,77	6,41	13,03
MgO	11,28	11,25	11,20	7,00	6,73	7,80
Na₂O	1,12	1,12	1,12	2,40	0,03	0,03
K₂O	0,10	0,09	0,09	0,00	0,07	0,09
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	3,16	3,88	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99
La₂O₃	0,00	4,49	8,78	0,00	3,88	0,00
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,68	0,68	0,68	0,78	0,02	0,52
Li₂O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,65
SO₃	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,93	8,71	0
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)	1.265	1.268	1.324	1.344	1.300	1.211
T_F (°C)	1.285	1.316	1.361	1.397	1.414	1.275
ΔT (°C)	20	48	37	53	114	64
T_m (°C)	1.471	1.508	1.559	1.613	1.631	1.466
Densidad de fibra (g/cm³)	2,61	2,64	2,67	2,51	2,53	2,64
Módulo de fibra (GPa)	90,0	90,5	90,1	87,1	85,9	90,4
Resistencia de fibra (MPa)	5.105	5.294	5.445	5.503	5.492	
Tensión de fallo de fibra (%)	5,7	5,9	6,0	6,3	6,4	
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5

(continuación)

Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)	199,7	204,8	208,0	223,4	221,8	
	31 (comp.)	32 (comp.)	33 (comp.)	34	35	36
SiO ₂	59,94	59,94	60,85	61,67	61,67	59,52
Al ₂ O ₃	15,66	15,66	15,90	16,33	16,33	17,24
Fe ₂ O ₃	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,27
CaO	13,03	13,03	13,23	6,01	6,01	6,35
MgO	7,80	7,80	7,92	10,26	10,26	10,85
Na ₂ O	0,03	0,03	0,03	0,16	0,16	0,17
K ₂ O	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10
Sc ₂ O ₃	0,00	1,99	0,51	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	4,21	0,00	4,44
La ₂ O ₃	1,99	0,00	0,00	0,00	4,21	0,00
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,52	0,52	0,53	0,58	0,58	0,61
Li ₂ O	0,65	0,65	0,66	0,42	0,42	0,44
SO ₃	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T _L (°C)	1.209	1.212	1.213	1.258	1.247	1.232
T _F (°C)	1.265	1.263	1.270	1.329	1.331	1.300
ΔT (°C)	56	51	57	71	84	68
T _m (°C)	1.458	1.451	1.466	1.529	1.535	1.489
Densidad de fibra (g/cm ³)	2,64	2,64		2,62	2,62	2,65
Módulo de fibra (GPa)	90,6	90,3		92,2	90,9	94,1
Resistencia de fibra (MPa)						5.224
Tensión de fallo de fibra (%)						5,6
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)	3,5	3,5		3,6	3,5	3,6
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)						201
	37	38 (comp.)	39 (comp.)	40 (comp.)	41 (comp.)	42 (comp.)
SiO ₂	59,52	59,00	59,52	60,36	59,84	61,69
Al ₂ O ₃	17,24	17,25	17,40	17,65	18,14	21,64
Fe ₂ O ₃	0,27	0,29	0,29	0,29	0,30	0,34
CaO	6,35	6,18	5,37	4,05	3,57	1,01
MgO	10,85	10,65	10,73	10,86	11,85	10,12
Na ₂ O	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
K ₂ O	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11
Sc ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	0,00	5,84	5,90	5,98	5,47	4,21
La ₂ O ₃	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,61	0,68	0,68	0,69	0,71	0,85
Li ₂ O	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(continuación)

SO₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)	1.237	1.276	1.297	1.336	1.316	
T_F (°C)	1.302	1.315	1.324	1.340	1.332	1.392
ΔT (°C)	65	39	27	4	16	
T_m (°C)	1.496	1.500	1.509	1.529	1.518	1.599
T_{reblandecimiento} (°C)		951	958	978	962	995
CTE (10⁻⁶/°C)						3,1
Densidad de fibra (g/cm³)	2,66	2,63	2,66	2,65	2,65	2,58
Módulo de fibra (GPa)	92,8	92,8	93,2	94,1	93,6	92,4
Resistencia de fibra (MPa)		5.076				
Tensión de fallo de fibra (%)		5,5				
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Resistencia de fibra específica (x10³ m)		197				
	43 (comp.)	44 (comp.)	45 (comp.)	46	47	48
SiO₂	61,69	60,82	60,82	59,40	60,03	60,48
Al₂O₃	21,64	21,34	21,34	17,25	17,40	17,67
Fe₂O₃	0,34	0,34	0,34	0,25	0,26	0,26
CaO	1,01	0,99	0,99	5,78	5,93	4,95
MgO	10,12	9,98	9,98	10,78	10,83	10,64
Na₂O	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04
K₂O	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	5,56	0,00	4,79	4,03	4,34
La₂O₃	4,21	0,00	5,56	0,00	0,00	0,00
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,85	0,84	0,84	0,52	0,57	0,56
Li₂O	0,00	0,00	0,00	1,06	0,81	0,95
SO₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)				1.235	1.237	1.232
T_F (°C)	1.401	1.397	1.390	1.273	1.289	1.299
ΔT (°C)				38	52	67
T_{reblandecimiento} (°C)	992	993	990			
T_m (°C)	1.603	1.595	1.589	1.467	1.484	1.499
Densidad de fibra (g/cm³)	2,58	2,60	2,61	2,65	2,64	2,63
Módulo de fibra (GPa)	91,6	92,7	92,0	94,7	93,8	93,1

(continuación)

Resistencia de fibra (MPa)				5.307	5.237	5.357
Tensión de fallo de fibra (%)				5,6	5,6	5,8
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)				204	203	207
Constante dieléctrica a 1 GHz	5,69	5,82	5,87			
Pérdida de disipación a 1 GHz	0,0020	0,0018	0,0017			
	49	50	51	52	53	54
SiO ₂	59,90	56,85	54,76	57,72	60,07	59,40
Al ₂ O ₃	16,54	15,70	15,12	16,67	17,56	17,25
Fe ₂ O ₃	0,24	0,23	0,22	0,22	0,22	0,25
CaO	5,38	5,10	4,92	4,63	4,65	5,78
MgO	11,55	10,96	10,56	9,94	9,97	10,78
Na ₂ O	0,05	0,04	0,04	0,06	0,07	0,05
K ₂ O	0,10	0,09	0,09	0,11	0,12	0,10
Sc ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y ₂ O ₃	4,71	9,56	12,89	8,67	4,88	2,40
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO ₂	0,50	0,48	0,46	0,43	0,39	0,52
Li ₂ O	1,03	0,98	0,94	1,55	2,08	1,06
SO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,01
T _L (°C)	1.252	1.223	1.225	1.201	1.216	1.240
T _F (°C)	1.273	1.247	1.232	1.252	1.262	1.273
ΔT (°C)	21	24	7	51	46	33
T _m (°C)	1.464	1.427	1.403	1.441	1.465	1.467
Densidad de fibra (g/cm ³)	2,65	2,74	2,81	2,71		
Módulo de fibra (GPa)	93,8	96,4	97,6	95,3		
Resistencia de fibra (MPa)				5.013		
Tensión de fallo de fibra (%)				5,3		
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)	3,6	3,6	3,5	3,6		
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)				182		
	55	56	57	58	59	60
SiO ₂	59,40	60,03	60,03	60,16	60,16	59,43
Al ₂ O ₃	17,25	17,40	17,40	18,32	18,32	18,10
Fe ₂ O ₃	0,25	0,26	0,26	0,28	0,28	0,27
CaO	5,78	5,93	5,93	5,43	5,43	5,36

(continuación)

MgO	10,78	10,83	10,83	10,19	10,19	10,07
Na₂O	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
K₂O	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	2,02	0,00	4,09	0,00	0,00
La₂O₃	4,79	2,02	4,03	0,00	4,09	5,25
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,52	0,57	0,57	0,61	0,61	0,60
Li₂O	1,06	0,81	0,81	0,79	0,79	0,78
SO₃	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,01	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)	1.245	1.240	1.245	1.233	1.233	1.227
T_F (°C)	1.275	1.288	1.290	1.305	1.302	1.298
ΔT (°C)	30	48	45	71	69	71
T_m (°C)	1.473	1.483	1.487	1.503	1.503	1.495
Densidad de fibra (g/cm³)		2,64	2,64	2,63	2,63	2,65
Módulo de fibra (GPa)		93,1	92,9	92,8	91,4	91,6
Resistencia de fibra (MPa)				5.368		
Tensión de fallo de fibra (%)				5,8		
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)		3,60		3,6		
Resistencia de fibra específica (x10³ m)				207		
	61	62 (comp.)	63 (comp.)	64 (comp.)	65 (comp.)	66 (comp.)
SiO₂	59,99	60,51	60,39	60,20	59,60	58,69
Al₂O₃	17,86	15,46	15,43	15,39	15,23	15,00
Fe₂O₃	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25
CaO	4,49	14,49	14,46	14,42	14,27	14,05
MgO	9,92	8,17	8,15	8,13	8,05	7,93
Na₂O	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
K₂O	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	0,20	0,50	1,50	3,00
La₂O₃	5,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,59	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53
Li₂O	0,77	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42
SO₃	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
T_L (°C)	1.240	1.205	1.208	1.200	1.202	1.209
T_F (°C)	1.316	1.273	1.268	1.271	1.269	1.256

(continuación)

ΔT (°C)	76	68	60	71	67	47		
T _m (°C)	1.518	1.468	1.462	1.465	1.459	1.440		
Densidad de fibra (g/cm³)	2,65	2,63						
Módulo de fibra (GPa)	91,8	89,5						
Resistencia de fibra (MPa)								
Tensión de fallo de fibra (%)								
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)	3,5							
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)								
	67 (comp.)	68 (comp.)	69 (comp.)	70 (comp.)	71 (comp.)	72 (comp.)		
SiO ₂	58,08	57,48	56,27	60,39	60,20	59,60		
Al ₂ O ₃	14,84	14,69	14,38	15,43	15,39	15,23		
Fe ₂ O ₃	0,25	0,24	0,24	0,26	0,26	0,25		
CaO	13,91	13,76	13,47	14,46	14,42	14,27		
MgO	7,84	7,76	7,60	8,15	8,13	8,05		
Na ₂ O	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		
K ₂ O	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		
Sc ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Y ₂ O ₃	4,00	5,00	7,00	0,00	0,00	0,00		
La ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,20	0,50	1,50		
Nd ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TiO ₂	0,52	0,52	0,51	0,54	0,54	0,54		
Li ₂ O	0,42	0,41	0,40	0,43	0,43	0,43		
SO ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
ZrO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
B ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
TOTAL	99,99	100,00	100,00	99,99	99,99	99,99		
T _L (°C)	1.206	1.208	1.212	1.207	1.205	1.204		
T _F (°C)	1.260	1.255	1.244	1.265	1.265	1.259		
ΔT (°C)	54	47	32	58	60	55		
T _m (°C)	1.444	1.463	1.480	1.456	1.457	1.447		
Densidad de fibra (g/cm³)								
Módulo de fibra (GPa)								
Resistencia de fibra (MPa)								
Tensión de fallo de fibra (%)								
Módulo de fibra específico (x10 ⁶ m)								
Resistencia de fibra específica (x10 ³ m)								
	73 (comp.)	74 (comp.)	75 (comp.)	76 (comp.)	77 (comp.)	78 (comp.)	79	80
SiO ₂	58,69	58,08	57,48	56,27	60,72	60,81	58,91	58,91
Al ₂ O ₃	15,00	14,84	14,69	14,38	15,57	13,01	16,95	16,95

(continuación)

Fe₂O₃	0,25	0,25	0,24	0,24	0,27	0,23	0,25	0,25
CaO	14,05	13,91	13,76	13,47	22,52	19,17	4,35	4,35
MgO	7,93	7,84	7,76	7,60	0,19	0,16	10,49	10,49
Na₂O	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,04
K₂O	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,10	0,10
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,01	3,98	0,00
La₂O₃	3,00	4,00	5,00	7,00	0,00	0,00	0,00	3,98
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,53	0,52	0,52	0,51	0,63	0,53	2,09	2,09
Li₂O	0,42	0,42	0,41	0,40	0,00	0,00	0,78	0,78
SO₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,05	2,05
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	99,99	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T_L (°C)	1.202	1.199	1.196		1.231	1.272		
T_F (°C)	1.253	1.248	1.245		1.325	1.346	1.297	1.298
ΔT (°C)	51	49	49		94	74		
T_m (°C)	1.440	1.432	1.427		1.528	1.543	1.491	1.496
T_{reblandecimiento} (°C)					943	962	912	904
T_g (°C)							722	716
CTE (10⁻⁶/°C)							4,11	4,13
Densidad de fibra (g/cm³)					2,62	2,68	2,66	2,66
Módulo de fibra (GPa)					82,0	83,7	93,8	92,4
Resistencia de fibra (MPa)					3.948	4.029		
Tensión de fallo de fibra (%)					4,8	4,8		
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)					3,2	3,2	3,6	3,5
Resistencia de fibra específica (x10³ m)					154	153		

	81 (comp.)	82 (comp.)	83 (comp.)	84 (comp.)	85 (comp.)	86 (comp.)	87 (comp.)	88 (comp.)	89 (comp.)
SiO₂	61,43	59,81	59,04	58,66	57,41	58,17	54,56	56,41	51,18
Al₂O₃	15,14	14,74	14,55	14,45	14,15	14,33	13,44	13,90	12,61
Fe₂O₃	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,23	0,24	0,22
CaO	14,70	12,52	11,46	10,95	10,72	12,17	9,36	11,80	8,78
MgO	7,98	7,77	7,67	7,62	7,45	7,55	7,08	7,32	6,65
Na₂O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K₂O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc₂O₃	0,00	4,43	6,56	7,60	9,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,05	14,88	0,00	0,00
La₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,87	20,15
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li₂O	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,47	0,44	0,45	0,41

(continuación)

	81 (comp.)	82 (comp.)	83 (comp.)	84 (comp.)	85 (comp.)	86 (comp.)	87 (comp.)	88 (comp.)	89 (comp.)
SO₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
T_L (°C)	1.199	1.337	1.434	1.462	1.516	1.204	1.294	1.184	1.158
T_F (°C)	1.296	1.285	1.284	1.307	1.348	1.280	1.260	1.266	1.237
ΔT (°C)	97	-52	-150	-155	-168	76	-34	82	79
T_m (°C)	1.495	1.471	1.458	1.447	1.449	1.464	1.426	1.450	1.406
T_{reblandecimiento} (°C)	898	917	920	925	931	911	922	899	903
T_g (°C)	717	740	750	759	757	734	748	721	729
CTE (10⁻⁶/°C)	4,63	4,61	4,54	4,54	4,44				
Densidad de fibra (g/cm³)	2,60	2,64				2,70		2,78	
Módulo de fibra (GPa)	89,4	92,4				91,6		90,8	
Resistencia de fibra (MPa)									
Tensión de fallo de fibra (%)									
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,5	3,6				3,5		3,3	
Resistencia de fibra específica (x10³ m)									

	90	91 (comp.)	92 (comp.)	93 (comp.)
SiO₂	63,08	65,03	65,03	64,49
Al₂O₃	16,16	15,35	15,35	14,61
Fe₂O₃	0,24	0,23	0,23	0,19
CaO	4,40	3,37	3,37	3,00
MgO	10,63	10,86	10,86	9,67
Na₂O	0,04	0,04	0,04	0,03
K₂O	0,09	0,09	0,09	0,08
Sc₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00
Y₂O₃	0,00	0,00	3,68	0,00
La₂O₃	4,04	3,68	0,00	4,33
Nd₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00
TiO₂	0,52	0,47	0,47	0,39
Li₂O	0,79	0,89	0,89	0,79
SO₃	0,00	0,00	0,00	0,00
ZrO₂	0,00	0,00	0,00	0,00
B₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00
P₂O₅	0,00	0,00	0,00	2,42
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
T_L (°C)	1.267			
T_F (°C)	1.332	1.355	1.350	1.396
ΔT (°C)	65			
T_m (°C)	1.542	1.572	1.562	1.619

(continuación)

	90	91 (comp.)	92 (comp.)	93 (comp.)
Densidad de fibra (g/cm³)	2,60			
Módulo de fibra (GPa)	91,4			
Resistencia de fibra (MPa)				
Tensión de fallo de fibra (%)				
Módulo de fibra específico (x10⁶ m)	3,6			
Resistencia de fibra específica (x10³ m)				

Determinados de estos datos se representaron en las Figuras 1-4. La Figura 1 es un gráfico que muestra los valores del módulo de Young con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE₂O₃) en las composiciones de vidrio de los Ejemplos 1-17, 22 y 23. La Figura 2 es un gráfico que muestra los valores de la resistencia a la tracción de la fibra original con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE₂O₃) en las composiciones de vidrio de los Ejemplos 1-17, 22 y 23. La Figura 3 es un gráfico que muestra las temperaturas de reblandecimiento y transición vítrea con respecto a la cantidad de óxidos de tierras raras (RE₂O₃) en las composiciones de vidrio de los Ejemplos 81-89. La Figura 4 es un gráfico que muestra el coeficiente lineal de expansión térmica con respecto a la cantidad de óxido de escandio (SC₂O₃) en las composiciones de vidrio de los Ejemplos 81-89.

Las características deseables que se pueden presentar en las diversas realizaciones, pero no necesariamente todas, de la presente invención pueden incluir, pero sin limitación, las siguientes: la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales compuestos y productos relacionados que tienen una densidad relativamente baja; la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales compuestos y laminados que tienen una resistencia a la tracción relativamente alta; la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales compuestos y productos relacionados que tienen una densidad relativamente baja; la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales compuestos y laminados que tienen un módulo relativamente alto; la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales compuestos y laminados que tienen un alargamiento relativamente alto; la provisión de fibras de vidrio, hebras de fibra de vidrio, tejidos de fibra de vidrio, materiales preimpregnados y otros productos útiles en las aplicaciones de refuerzo.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de vidrio adecuada para la formación de fibras, que comprende:

SiO ₂	el 51-63 por ciento en peso;
Al ₂ O ₃	el 14,5-19 por ciento en peso;
CaO	el 0,5-10 por ciento en peso;
MgO	el 0-12 por ciento en peso;
Na ₂ O	el 0-1 por ciento en peso;
K ₂ O	el 0-1 por ciento en peso;
Li ₂ O	está presente en una cantidad de hasta el 2 por ciento en peso;
TiO ₂	el 0-3 por ciento en peso;
B ₂ O ₃	el 0-2 por ciento en peso;
P ₂ O ₅	el 0-3 por ciento en peso;
Fe ₂ O ₃	el 0-1 por ciento en peso;

5 al menos un óxido de tierras raras en una cantidad superior al 3 y hasta un 15 por ciento en peso; y el 0-11 por ciento en peso del total de otros constituyentes.

10 2. La composición de vidrio de la reivindicación 1, en donde el MgO está presente en una cantidad de hasta aproximadamente el 9 por ciento en peso, el contenido de MgO está preferentemente entre aproximadamente el 6 y aproximadamente el 9 por ciento en peso.

15 3. La composición de vidrio de la reivindicación 1, en donde el contenido de Na₂O + K₂O + Li₂O es mayor del 1 por ciento en peso.

4. La composición de vidrio de la reivindicación 1, en donde el contenido de SiO₂ es de al menos el 60 por ciento en peso.

20 5. La composición de vidrio de la reivindicación 1, en donde el al menos un óxido de tierras raras comprende al menos uno de La₂O₃, Y₂O₃, Sc₂O₃ y Nd₂O₃.

6. La composición de vidrio de la reivindicación 5, en donde el al menos un óxido de tierras raras comprende La₂O₃ e Y₂O₃.

25 7. La composición de vidrio de la reivindicación 1, que además comprende ZrO₂ en una cantidad de hasta aproximadamente el 3,0 por ciento en peso.

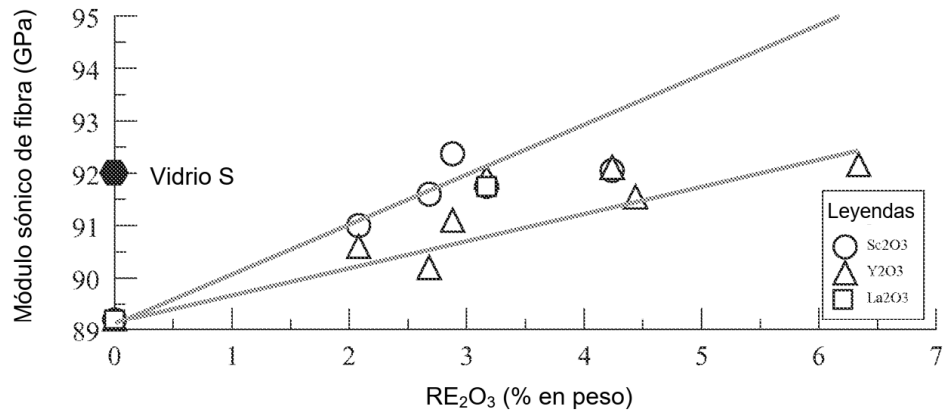


Figura 1

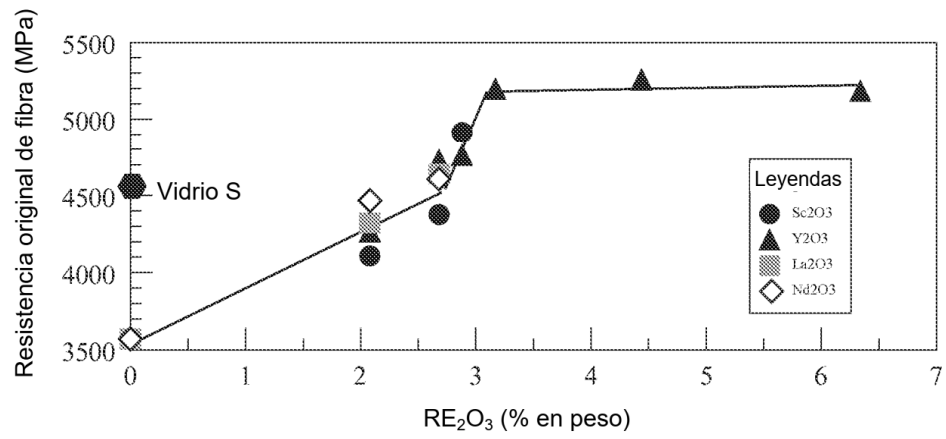


Figura 2

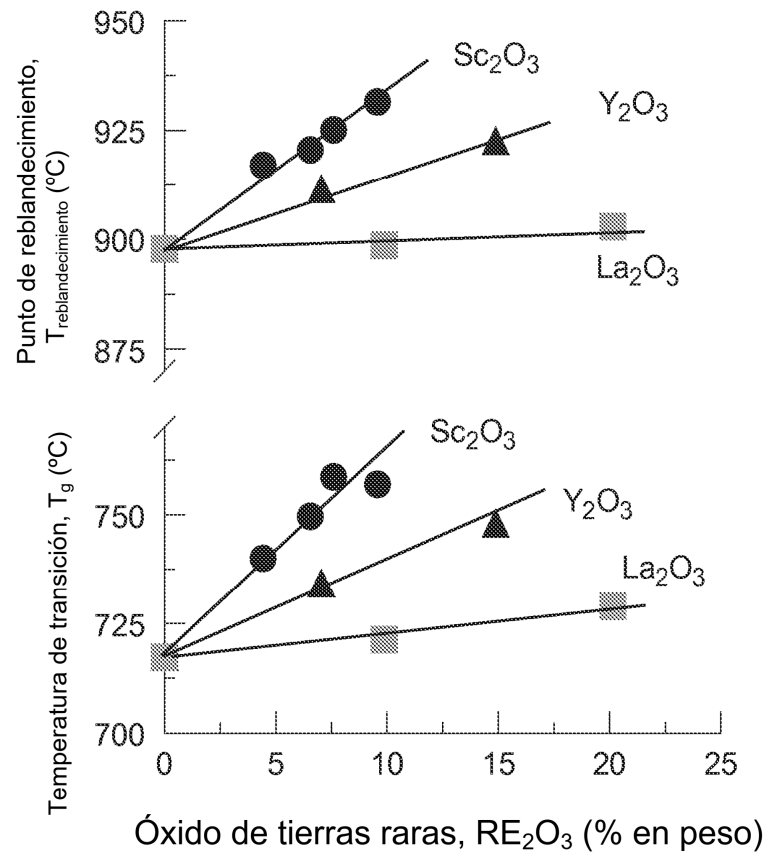


Figura 3

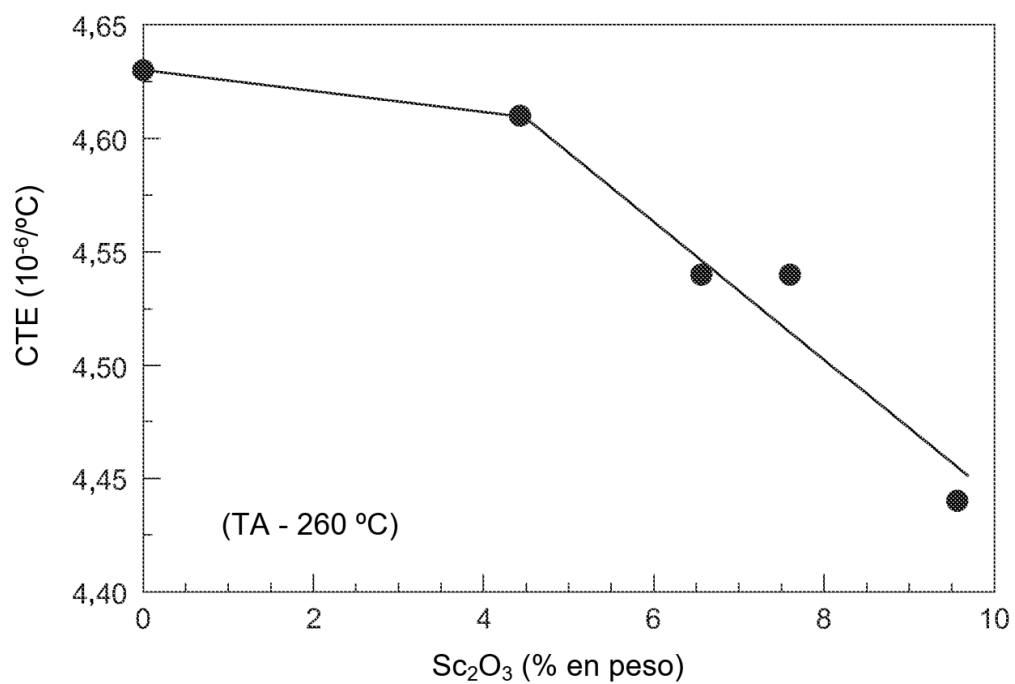


Figura 4