

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 853**

51 Int. Cl.:

C03C 3/087 (2006.01)

C03C 3/095 (2006.01)

C03C 3/112 (2006.01)

C03C 13/00 (2006.01)

C08J 5/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2019** **PCT/US2019/020786**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2019** **WO19173360**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2019** **E 19712096 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 3762341**

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

30 Prioridad:

07.03.2018 US 201862639731 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2024

73 Titular/es:

ELECTRIC GLASS FIBER AMERICA, LLC
(100.0%)
940 Washburn Switch Road
Shelby, NC 28150, US

72 Inventor/es:

LI, HONG

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 982 853 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

Prioridad

La presente solicitud reivindica el beneficio y la prioridad de la Solicitud Provisional de Patente de EE. UU. Nº. 62/639.731, presentada el 7 de marzo de 2018.

Campo

En la presente memoria se describen composiciones de vidrio, y en particular, composiciones de vidrio para la formación de fibras.

Antecedentes

Las fibras de vidrio se han usado para reforzar diversas resinas poliméricas durante muchos años. Algunas composiciones de vidrio de uso común para su uso en aplicaciones de refuerzo incluyen las familias de composiciones de "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".

Las fibras de vidrio se dividen en dos categorías: finalidad general y finalidad especial. Los tipos de fibra de vidrio más ampliamente usados son de finalidad general, también conocidas como fibras de Vidrio-E. Sobre todos el Vidrio-E ofrece buenas propiedades mecánicas, eléctricas y de corrosión.

Debido a que las posibles aplicaciones de mercado de materiales compuestos siguen creciendo, los usuarios de fibras de vidrio se enfrentan a retos para satisfacer las demandas relacionadas con rendimiento, coste, fiabilidad y durabilidad, así como también el mayor enfoque sobre sostenibilidad y protección ambiental. Entre los retos se incluyen: los requisitos de longitud de las palas eólicas siguen aumentando; las plantas de producción de energía requieren un rendimiento y vida útil máximos de tuberías y tanques en condiciones y entornos adversos; la demanda de ahorro de combustible con sacrificio de rendimiento está introduciendo cambios en la industria de la automoción; y las continuas mejoras tecnológicas requieren que la velocidad de señal de los circuitos impresos sea más robusta que nunca.

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. Los documentos US 2017/101338 A1, WO 2013/036736 A1, WO 2016/165530 A1 y US 2017/283309 A1 describen composiciones de fibra de vidrio.

Sumario

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.

De acuerdo con la presente invención se proporciona una composición de vidrio para la formación de fibra como se define en la reivindicación 1 adjunta. Variantes específicas de las fibras de vidrio de la presente invención se exponen en las reivindicaciones 2 y 3. La presente invención también se refiere a fibras de vidrio formadas a partir de una composición de vidrio según la presente invención, como se define en la reivindicación 4 adjunta y para una variante específica en la reivindicación 5. La presente invención también se refiere a un compuesto polimérico que comprende un material polimérico y una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio según la invención, como se define en la reivindicación 6 adjunta. La presente invención se refiere además a un artículo manufacturado que comprende una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio según la presente invención, como se define en la reivindicación 9 adjunta. Variantes específicas del compuesto polimérico y el artículo de manufacturado se exponen en las reivindicaciones 7, 8 y 10, respectivamente.

Estas y otras realizaciones de la presente invención se describen con mayor detalle en la siguiente Descripción detallada.

Descripción detallada de la invención

Las realizaciones de la presente invención se refieren generalmente 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. Específicamente, las composiciones de vidrio descritas en el presente documento pueden estar exentas de Li_2O . Opcionalmente, las composiciones pueden comprender bajas cantidades de óxido de litio (Li_2O) no superiores al 0,1 por ciento en peso. En algunos casos, las composiciones de vidrio pueden comprender uno o más óxidos de las tierras raras (RE_2O_3). En algunas realizaciones, las fibras de vidrio de la presente invención pueden tener propiedades mecánicas mejoradas, tales como, por ejemplo, módulo de Young, en comparación con las fibras de vidrio E convencionales. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio pueden tener un módulo mayor que 85 GPa. En ciertas realizaciones, las fibras de vidrio pueden tener un módulo mayor que 88 GPa. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio pueden tener una densidad mayor que $2,7 \text{ g/cm}^3$. En ciertas realizaciones, las fibras de vidrio pueden tener una temperatura de conformación (T_F) menor que 1350°C . En algunas realizaciones, las fibras de vidrio pueden tener una temperatura de líquido (T_L) menor que 1250°C . En algunas realizaciones de las composiciones de vidrio, la diferencia entre la T_F y la T_L ("Delta T") puede ser mayor que aproximadamente 60°C . En determinadas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden tener una temperatura de fusión (T_M) menor que 1530°C .

Definiciones y descripciones

Los términos "invención", "la invención", "la presente invención", "realización", "cierta realización", y similares usados en el presente documento pretenden referirse ampliamente a toda la materia objeto de la presente solicitud de patente y las reivindicaciones siguientes. Debe entenderse que las declaraciones que contienen estos términos no limitan la materia objetivo descrita en el presente documento o el significado o alcance de las reivindicaciones de patente siguientes. Las expresiones "que comprende(n)", "que tiene(n)", "que incluye(n)", y "que contiene(n)" se han de interpretar como expresiones abiertas (es decir, que significan "que incluye(n), aunque no de forma limitativa"), salvo que se indique lo contrario. Además, se aprecia que, como se usan en la presente memoria descriptiva, las formas en singular "un", "uno/a" y "el", "la" incluyen referencias en plural, a menos que se limite de forma expresa e inequívoca a una referencia.

A pesar de que los intervalos numéricos y parámetros que establecen el amplio alcance de la invención sean aproximaciones, los valores numéricos expuestos en los ejemplos específicos se indican de la manera más precisa posible. Cualquier valor numérico, sin embargo, contiene de forma inherente algunos errores que son necesariamente el resultado de la desviación típica que se encuentra en sus respectivas mediciones de ensayo. Además, se ha de entender que todos los intervalos divulgados en el presente documento abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en los mismos. Por ejemplo, se debe considerar que un intervalo indicado de "1 a 10" incluye todos y cada uno de los subintervalos entre (y que incluyen) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, de 1 a 6,1, y que terminan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5,5 a 10. Asimismo, cualquier referencia a que "se incorpora en el presente documento" se debe entender como incorporada en su totalidad.

Las composiciones de vidrio se describen en términos de porcentaje en peso (% en peso) basado en el peso total de la composición.

Composiciones de vidrio y fibras

La invención se puede realizar de diversas maneras. En algunas realizaciones, la composición de vidrio adecuada para la formación de fibras puede comprender SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 y TiO_2 . Opcionalmente, la composición puede comprender además RE_2O_3 . Opcionalmente, la composición puede comprender además Li_2O . En algunas realizaciones, la composición puede estar sustancialmente exenta de Li_2O .

La composición de vidrio apropiada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende SiO_2 de aproximadamente un 60 a aproximadamente un 63 por ciento en peso (por ejemplo, de un 60 % en peso a un 63 % en peso). Por ejemplo, la composición puede incluir SiO_2 en una cantidad de aproximadamente un 60 % en peso, un 60,1 % en peso, un 60,2 % en peso, un 60,3 % en peso, un 60,4 % en peso, un 60,5 % en peso, un 60,6 % en peso, un 60,7 % en peso, un 60,8 % en peso, un 60,9 % en peso, un 61 % en peso, un 61,1 % en peso, un 61,2 % en peso, un 61,3 % en peso, un 61,4 % en peso, un 61,5 % en peso, un 61,6 % en peso, un 61,7 % en peso, un 61,8 % en peso, un 61,9 % en peso, un 62 % en peso, un 62,1 % en peso, un 62,2 % en peso, un 62,3 % en peso, un 62,4 % en peso, un 62,5 % en peso, un 62,6 % en peso, un 62,7 % en peso, un 62,8 % en peso, un 62,9 % en peso o un 63 % en peso.

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende Al_2O_3 de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16 por ciento en peso (por ejemplo, de un 14 % en peso a un 16 % en peso). Por ejemplo, la composición puede incluir Al_2O_3 en una cantidad de aproximadamente un 14 % en peso, un 14,1 % en peso, un 14,2 % en peso, un 14,3 % en peso, un 14,4 % en peso, un 14,5 % en peso, un 14,6 % en peso, un 14,7 % en peso, un 14,8 % en peso, un 14,9 % en peso, un 15 % en peso, un 15,1 % en peso, un 15,2 % en peso, un 15,3 % en peso, un 15,4 % en peso, un 15,5 % en peso, un 15,6 % en peso, un 15,7 % en peso, un 15,8 % en peso, un 15,9 % en peso o un 16 % en peso.

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende CaO de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16,5 por ciento en peso (por ejemplo, de un 14 % en peso a un 16 % en peso). Por ejemplo, la composición puede incluir CaO en una cantidad de aproximadamente un 14 % en peso, un

14,1 % en peso, un 14,2 % en peso, un 14,3 % en peso, un 14,4 % en peso, un 14,5 % en peso, un 14,6 % en peso, un 14,7 % en peso, un 14,8 % en peso, un 14,9 % en peso, 15 % en peso, un 15,1 % en peso, un 15,2 % en peso, un 15,3 % en peso, un 15,4 % en peso, un 15,5 % en peso un 15,6 % en peso, un 15,7 % en peso, un 15,8 % en peso, un 15,9 % en peso, 16 % en peso, un 16,1 % en peso, un 16,2 % en peso, un 16,2 % en peso, un 16,4 % en peso o un 16,5 % en peso.

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende MgO de aproximadamente un 6 a aproximadamente un 8,5 por ciento en peso (por ejemplo, de un 6 % en peso a un 8 % en peso). Por ejemplo, la composición puede incluir MgO en una cantidad de aproximadamente un 6 % en peso, un 6,1 % en peso, un 6,2 % en peso, un 6,3 % en peso, un 6,4 % en peso, 6,5 % en peso, un 6,6 % en peso, un 6,7 % en peso, un 6,8 % en peso, un 6,9 % en peso, 7 % en peso, un 7,1 % en peso, un 7,2 % en peso, un 7,3 % en peso, un 7,4 % en peso, 7,5 % en peso, un 7,6 % en peso, un 7,7 % en peso, un 7,8 % en peso, un 7,9 % en peso, 8 % en peso, un 8,1 % en peso, un 8,2 % en peso, un 8,3 % en peso, un 8,4 % en peso o un 8,5 % en peso.

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende Fe_2O_3 en una cantidad menor que un 1 por ciento en peso. Por ejemplo, la composición puede incluir Fe_2O_3 en una cantidad de aproximadamente un 0,25 % en peso, 0,3 % en peso, 0,35 % en peso, 0,4 % en peso, 0,45 % en peso, 0,5 % en peso, un 0,55 % en peso, 0,6 % en peso, 0,65 % en peso, 0,7 % en peso, 0,75 % en peso, 0,8 % en peso, 0,85 % en peso, 0,9 % en peso, un 0,95 % en peso o hasta un 1,0 % en peso. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente exenta de Fe_2O_3 .

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende TiO_2 en una cantidad menor que un 1 por ciento en peso. Por ejemplo, la composición puede incluir TiO_2 en una cantidad de aproximadamente un 0,25 % en peso, 0,3 % en peso, 0,35 % en peso, 0,4 % en peso, 0,45 % en peso, 0,5 % en peso, un 0,55 % en peso, 0,6 % en peso, 0,65 % en peso, 0,7 % en peso, 0,75 % en peso, 0,8 % en peso, 0,85 % en peso, 0,9 % en peso, un 0,95 % en peso o hasta un 1,0 % en peso. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente exenta de TiO_2 .

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende opcionalmente Li_2O en una cantidad menor que un 0,1 por ciento en peso. Por ejemplo, la composición puede incluir Li_2O en una cantidad de aproximadamente un 0,05 % en peso o un 0,1 % en peso. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente exenta de Li_2O .

Opcionalmente, algunas realizaciones de la composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento puede comprender óxidos de tierras raras (" RE_2O_3 ") en una cantidad menor que un 1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, la composición de vidrio puede comprender RE_2O_3 en una cantidad menor que un 1,5 por ciento en peso. Por ejemplo, la composición puede incluir RE_2O_3 en una cantidad de aproximadamente un 0,2 % en peso, 0,25 % en peso, 0,3 % en peso, 0,35 % en peso, 0,4 % en peso, 0,45 % en peso, 0,5 % en peso, un 0,55 % en peso, 0,6 % en peso, 0,65 % en peso, 0,7 % en peso, 0,75 % en peso, 0,8 % en peso, 0,85 % en peso, 0,9 % en peso, 0,95 % en peso, 1,0 % en peso, un 1,1 % en peso, 1,2 % en peso, 1,3 % en peso, un 1,4 % en peso o hasta un 1,5 % en peso. Como se usa en el presente documento, la expresión "óxidos de tierras raras" como se comprende por parte de los expertos en la técnica, hace referencia a 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 ($\text{D}_{\text{Y}}\text{O}_3$), 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 pueden incluir en las composiciones de vidrio de la presente invención en cantidades que superan aquellas 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). En algunas realizaciones, RE_2O_3 pueden comprender al menos uno de La_2O_3 , Y_2O_3 , Sc_2O_3 y Nd_2O_3 . En algunas realizaciones, RE_2O_3 pueden ser Y_2O_3 . En algunas realizaciones, el contenido de Y_2O_3 puede ser de aproximadamente un 1 por ciento en peso o menos. En algunos casos, RE_2O_3 puede estar presente en una cantidad mayor que un 0 por ciento en peso y menor que un 1,5 por ciento en peso. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente libre de RE_2O_3 .

Sin pretender quedar ligado a teoría alguna, la inclusión de Y_2O_3 en las composiciones de vidrio puede tener un impacto deseable en la temperatura de reblandecimiento vítreo y la temperatura de transición vítrea, así como en el módulo, resistencia a la tracción, alargamiento, el coeficiente de expansión térmica y otras propiedades de las fibras de vidrio formadas a partir de las composiciones.

La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende ($\text{Li}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) de aproximadamente un 22 hasta un 24 por ciento en peso. En algunas realizaciones, la composición de vidrio apropiada para la formación de fibras puede comprender ($\text{Li}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) de aproximadamente un 23 hasta un 24 por ciento en peso. Por ejemplo, la composición puede incluir ($\text{Li}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) en una cantidad de aproximadamente un 22 % en peso, un 22,1 % en peso, un 22,2 % en peso, un 22,3 % en peso, un 22,4 % en peso, un 22,5 % en peso, un 22,6 % en peso, un 22,7 % en peso, un 22,8 % en peso, un 22,9 % en peso, 23 % en peso, un

23,1 % en peso, un 23,2 % en peso, un 23,3 % en peso, un 23,4 % en peso, un 23,5 % en peso, un 23,6 % en peso, un 23,7 % en peso, un 23,8 % en peso, un 23,9 o 24 % en peso.

- 5 La composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende una relación de CaO con respecto a MgO ("CaO/MgO") de aproximadamente 1,7 a 2,0. Por ejemplo, la composición puede incluir CaO/MgO en una cantidad de aproximadamente 1,7, 1,75, 1,8, 1,85, 1,9, 1,95 o 2,0.

- 10 En algunas realizaciones, la composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento comprende una relación de SiO₂ con respecto a Al₂O₃ ("SiO₂/Al₂O₃") de aproximadamente 3,5 a aproximadamente 4,6 (por ejemplo, de aproximadamente 3,9 a aproximadamente 4,3, de aproximadamente 4 a aproximadamente 4,5, de más de 4 a 4,5). Por ejemplo, la composición puede incluir SiO₂/Al₂O₃ en una relación de aproximadamente 3,5, 3,55, 3,6, 3,65, 3,7, 3,75, 3,8, 3,85, 3,9, 3,95, 4, 4,05, 4,1, 4,15, 4,2, 4,25, 4,3, 4,35, 4,4, 4,45, 4,5, 4,55, o 4,6. En algunas realizaciones, la relación SiO₂/Al₂O₃ puede ser mayor que 4.

- 15 En algunas realizaciones, la composición de vidrio adecuada para la formación de fibras descrita en el presente documento puede comprender una relación de Al₂O₃ con respecto a (Al₂O₃ + CaO + MgO) ("Al₂O₃/(Al₂O₃ + CaO + MgO)") de aproximadamente 0,33 a aproximadamente 0,47 (por ejemplo, de aproximadamente 0,35 a aproximadamente 0,41, de aproximadamente 0,35 a menos que 0,40). Por ejemplo, la composición puede incluir Al₂O₃/(Al₂O₃ + CaO + MgO) en una cantidad de aproximadamente 0,33, 0,34, 0,35, 0,36, 0,37, 0,38, 0,39, 0,40, 0,41, 0,42, 0,43, 0,44, 0,45, 0,46, o 0,47. En algunas realizaciones, la relación Al₂O₃/(Al₂O₃ + CaO + MgO) puede ser inferior a 0,40. En otras realizaciones, la relación de Al₂O₃/(Al₂O₃+MgO+CaO) puede variar entre 0,37 y 0,42.

- 25 En algunas realizaciones, la composición de vidrio puede comprender hasta un 0,2 por ciento en peso de Na₂O. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente exenta de Na₂O. La composición de vidrio comprende hasta un 0,2 por ciento en peso de K₂O. En algunos casos, la composición puede estar sustancialmente exenta de K₂O. En algunas realizaciones, la composición de vidrio puede estar sustancialmente libre de al menos uno de Zn, F, B o Sr.

- 30 En algunas realizaciones, la composición de vidrio apropiada para la formación de fibras puede comprender: SiO₂ de aproximadamente un 60 a aproximadamente un 63 por ciento en peso; Al₂O₃ de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16 por ciento en peso; CaO de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16 por ciento en peso; MgO de aproximadamente un 6 a aproximadamente un 8,5 por ciento en peso; Fe₂O₃ menos de un 1 por ciento en peso; y TiO₂ menos de un 1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, la composición puede estar sustancialmente exenta de Li₂O.

- 35 En algunos casos, la composición de vidrio apropiada para la formación de fibras puede comprender: SiO₂ de aproximadamente un 60 a aproximadamente un 63 por ciento en peso; Al₂O₃ de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16 por ciento en peso; CaO de aproximadamente un 14 a aproximadamente un 16 por ciento en peso; MgO de aproximadamente un 6 a aproximadamente un 8,5 por ciento en peso; Fe₂O₃ menos de un 1 por ciento en peso; TiO₂ menos de un 1 por ciento en peso; y RE₂O₃ en una cantidad mayor que un 0 por ciento en peso y menor que un 1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, la composición puede estar sustancialmente exenta de Li₂O.

- 45 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. Dichos componentes pueden ser opcionales en algunas realizaciones. Asimismo, en algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden estar sustancialmente exentas de dichos 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. No se añade intencionadamente un componente presente como impureza traza a la composición de vidrio, sino que, en cambio, puede estar presente en una composición de vidrio descrita en el presente documento como consecuencia de la presencia a modo de impureza en el material de partida añadido a la composición de vidrio. En general, la impureza traza está presente en la composición de vidrio en una cantidad no mayor que aproximadamente un 0,1 por ciento en peso, aunque las impurezas traza pueden estar presentes en la composición de vidrio en una cantidad de hasta aproximadamente un 0,5 por ciento en peso.

- 55 En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio de la presente invención pueden ser aptas para la formación de fibras. En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden tener temperaturas de conformación (T_F) deseables para su uso en operaciones comerciales de fabricación de fibra de vidrio. Como se usa en el presente documento, la expresión "temperatura de conformación" o T_F, significa la temperatura a la cual la composición de vidrio tiene una viscosidad de 1000 poise (o "log 3 temperatura"). En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden tener una temperatura de conformación (T_F) menor que 1350 °C (por ejemplo, menor que 1320 °C, menor que 1300). A modo de ejemplo, redondeado al 5 °C más cercano, la T_F puede ser de aproximadamente 1200 °C, 1205 °C, 1210 °C, 1215 °C, 1220 °C, 1225 °C, 1230 °C, 1235 °C, 1240 °C, 1245 °C, 1250 °C, 1255 °C, 1260 °C, 1265 °C, 1270 °C, 1275 °C, 1280 °C, 1285 °C, 1290 °C, 1295 °C, 1300 °C, 1305 °C, 1310 °C, 1315 °C, 1320 °C, 1325 °C, 1330 °C, 1335 °C, 1340 °C, 1345 °C o hasta 1350 °C.

- 65 En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden tener una temperatura de líquido (T_L) menor que

1250 °C (por ejemplo, menor que 1220 °C, menor que 1200). Por ejemplo, redondeado al 5 °C más cercano, la T_L puede ser de aproximadamente 1120 °C, 1125 °C, 1130 °C, 1135 °C, 1140 °C, 1145 °C, 1150 °C, 1155 °C, 1160 °C, 1165 °C, 1170 °C, 1175 °C, 1180 °C, 1185 °C, 1190 °C, 1195 °C, 1200 °C, 1205 °C, 1210 °C, 1215 °C, 1220 °C, 1225 °C, 1230 °C, 1235 °C, 1240 °C, 1245 °C o hasta 1250 °C.

5 En algunas realizaciones, la diferencia entre la temperatura de conformación (T_F) y la temperatura de líquido (T_L) de una composición de vidrio puede resultar deseable para operaciones comerciales de fabricación de fibra de vidrio. Por ejemplo, en algunas realizaciones de las composiciones de vidrio, la diferencia entre la T_F y la T_L ("Delta T") puede ser mayor que aproximadamente 60 °C (por ejemplo, mayor que 80 °C, mayor de 100). Por ejemplo, la Delta T puede ser de aproximadamente 62 °C, 64 °C, 66 °C, 68 °C, 70 °C, 72 °C, 74 °C, 76 °C, 78 °C, 80 °C, 82 °C, 84 °C, 86 °C, 88 °C, 90 °C, 92 °C, 94 °C, 96 °C, 98 °C, 100 °C, 105 °C, 110 °C, 115 °C o 120 °C.

15 En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio pueden tener una temperatura de fusión (T_M) menor que 1530 °C (por ejemplo, menor que 1510 °C, menos de 1480 °C). Por ejemplo, la T_M puede ser de aproximadamente 1465 °C, 1468 °C, 1470 °C, 1472 °C, 1474 °C, 1476 °C, 1478 °C, 1480 °C, 1482 °C, 1484 °C, 1486 °C, 1488 °C, 1490 °C, 1492 °C, 1494 °C, 1496 °C, 1498 °C, 1500 °C, 1502 °C, 1504 °C, 1506 °C, 1508 °C, 1510 °C, 1512 °C, 1514 °C, 1516 °C, 1518 °C, 1520 °C, 1522 °C, 1524 °C, 1526 °C, 1528 °C o 1530 °C.

20 En algunas realizaciones, las fibras de vidrio se pueden conformar a partir de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento. Opcionalmente, las fibras de vidrio se pueden disponer en un tejido. En algunas realizaciones, las fibras de vidrio se pueden proporcionar en otras formas que incluyen, por ejemplo y sin limitación, en forma de hebras continuas, hebras cortadas (en seco o en húmedo), hilos, mechas, materiales preimpregnados, etc. Se pueden usar diversas realizaciones de las composiciones de vidrio (y cualquier fibra formada a partir de las mismas) en una diversidad de aplicaciones. En algunas realizaciones, las fibras pueden ser hebras de fibra de vidrio, mientras que otras realizaciones pueden ser hilos que comprenden hebras de fibra de vidrio. Algunas realizaciones de hilos pueden resultar particularmente apropiadas para aplicaciones de trenzado. En algunas realizaciones, las fibras pueden ser materiales textiles 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.

30 Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales compuestos que incorporan hebras de fibra de vidrio, hilos de fibra de vidrio y tejidos de fibra de vidrio, tales como los materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra. Algunos materiales compuestos pueden resultar particularmente apropiados para su uso en 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.

40 Algunas realizaciones más de la presente invención se refieren a materiales compuestos adecuados para su uso en las aplicaciones de energía eólica. 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. El peso reducido y la mayor estabilidad de las palas para energía eólica son factores clave para la elección de los materiales de material compuesto. El diseño de las palas de energía eólica ha cambiado con el tiempo con objeto de lograr palas más largas que produzcan más energía. Algunas palas pueden tener 82 metros de longitud y se aprovechan materiales compuestos de fibra mejorados. Un material compuesto de fibra de vidrio más resistente tal como el divulgado en el presente documento puede resultar útil para lograr un tamaño de pala eólica más larga al tiempo que proporcionan la resistencia y el peso necesarios para cumplir el diseño de carga del aerogenerador. Los materiales más ligeros y resistentes como los de la presente invención pueden proporcionar un mayor rendimiento energético y dar lugar a menos coste de operación, menor coste de instalación, facilidad de transporte y mayor seguridad.

Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales compuestos para automoción. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales compuestos aeroespaciales. 55 Otras realizaciones de la presente solicitud pueden hacer referencia a materiales compuestos para aviación. 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 pueden hacer referencia a materiales compuestos para recipientes de presión o tanques de almacenamiento. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales compuestos para carcasas de misiles. Otras realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales compuestos para su uso en aplicaciones de aislamiento térmico de alta temperatura. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a paneles de circuito impreso donde resultan particularmente deseables coeficientes de expansión térmica bajos, tales como sustratos para envasado de briquetas. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a materiales preimpregnados. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a termoplásticos reforzados con fibras largas (LFT) para diversas piezas de automóvil. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a tuberías o tanques para transporte químico y almacenamiento químico. 65

Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a fibras texturizadas no tejidas para aplicaciones de control térmico y sónico, tales como silenciadores para motocicletas, vehículos y camiones. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a varillas de aislamiento eléctrico o cables. Algunas realizaciones de la presente invención pueden hacer referencia a una varilla de material compuesto para sustituir a una varilla de acero en infraestructuras de carreteras, puentes y edificaciones.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a hebras de fibras de vidrio. En algunas realizaciones, la hebra de fibra de vidrio de la presente invención comprende una pluralidad de fibras de vidrio. La pluralidad de fibras de vidrio se puede formar a partir de la composición de vidrio según la presente invención como se describe en el presente documento.

En algunas realizaciones, una fibra de vidrio o una pluralidad de fibras de vidrio de la presente invención puede exhibir propiedades mecánicas y otras propiedades 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, resistencia a la tracción, módulo de Young, el coeficiente de expansión térmica, el punto de reblandecimiento, el alargamiento y la constante dieléctrica.

En algunas realizaciones, una fibra de vidrio o una pluralidad de fibras de vidrio puede estar formada a partir de una composición descrita en el presente documento. En ciertas realizaciones, una pluralidad de fibras de vidrio puede tener valores deseables de módulo de Young (E). En algunos casos, la pluralidad de fibras de vidrio puede tener un módulo de Young mayor que aproximadamente 85 GPa (por ejemplo, mayor que 87 GPa, mayor de 88 GPa). Por ejemplo, el módulo de Young puede ser mayor que 85 GPa, 85,1 GPa, 85,2 GPa, 85,3 GPa, 85,4 GPa, 85,5 GPa, 85,6 GPa, 85,7 GPa, 85,8 GPa, 85,9 GPa, 86 GPa, 86,1 GPa, 86,2 GPa, 86,3 GPa, 86,4 GPa, 86,5 GPa, 86,6 GPa, 86,7 GPa, 86,8 GPa, 86,9 GPa, 87 GPa, 87,1 GPa, 87,2 GPa, 87,3 GPa, 87,4 GPa, 87,5 GPa, 87,6 GPa, 87,7 GPa, 87,8 GPa, 87,9 GPa, 88 GPa, 88,1 GPa, 88,2 GPa, 88,3 GPa, 88,4 GPa, 88,5 GPa, 88,6 GPa, 88,7 GPa, 88,8 GPa, 88,9 GPa, 89 GPa, 89,1 GPa, 89,2 GPa, 89,3 GPa, 89,4 GPa u 89,5 GPa. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede tener un módulo de Young mayor que aproximadamente 90 GPa. En ciertas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede tener un módulo de Young de hasta 95 GPa.

En ciertas realizaciones, la fibra de vidrio o la pluralidad de fibras de vidrio puede tener valores de densidad deseables. En algunos casos, la pluralidad de fibras de vidrio puede tener una densidad menor que aproximadamente 2,7 g/cm³ (por ejemplo, menor que 2,6 GPa, mayor de 2,55 GPa). Por ejemplo, la densidad puede ser de aproximadamente 2,55 g/cm³, 2,56 g/cm³, 2,57 g/cm³, 2,58 g/cm³, 2,59 g/cm³, 2,6 g/cm³, 2,61 g/cm³, 2,62 g/cm³, 2,63 g/cm³, 2,64 g/cm³, 2,65 g/cm³, 2,66 g/cm³, 2,67 g/cm³, 2,68 g/cm³, 2,69 g/cm³ o 2,7 g/cm³.

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 puede comprender 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. En algunas realizaciones, las hebras de fibra de vidrio de la presente invención se pueden formar hasta dar mechas. Los ovillos pueden comprender ovillos de extracción directa conectados, de extremo individual o múltiple. 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). 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, la hebra de fibra de vidrio puede comprender una pluralidad de fibras de vidrio de una cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento.

En otras realizaciones, un hilo de la presente invención puede comprender al menos una hebra de fibra de vidrio que comprenda una de las otras composiciones de vidrio desveladas en el presente documento como parte de la presente invención.

En algunas realizaciones, un hilo de la presente invención puede comprender al menos una hebra de fibra de vidrio, tal como se divulga 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 termoestable. En otras realizaciones, la composición de apresto puede comprender una composición de apresto de almidón-aceite.

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

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
5 tiene una torsión en la dirección z de aproximadamente 0,7 vueltas cada 2,54 cm (cada pulgada).

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
10 una o más hebras que se tuercen en conjunto, pero no se doblan. En algunas realizaciones, los hilos de la presente invención pueden comprender 1-4 hebras torsionadas de forma conjunta. En otras realizaciones, los hilos de la presente invención pueden comprender 1 hebra torsionada.

En algunas realizaciones, la hebra de fibra de vidrio puede comprender una pluralidad de fibras de vidrio de una cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento.
15

En algunas realizaciones, un ovillo puede comprender la pluralidad de fibras de vidrio de una cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento.

En algunas realizaciones, el hilo puede comprender la pluralidad de fibras de vidrio de una cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento.
20

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales textiles que comprenden al menos una hebra de fibra de vidrio tal y como se divulga en el presente documento. En algunas realizaciones, el material textil puede ser tejido. En otras realizaciones, el material textil puede ser no tejido. En algunas realizaciones, el material textil puede comprender la pluralidad de fibras de vidrio de una cualquiera de las composiciones de vidrio descritas en el presente documento.
25

En algunas realizaciones de la presente invención que comprenden un tejido, el material textil de fibra de vidrio puede ser un material textil tejido de acuerdo con el material textil industrial estilo 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 material textil de unión por cosido (también conocido como material textil no rizado) o un material textil tejido "tridimensional".
30

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos. En algunas realizaciones, un material compuesto polimérico puede comprender un material polimérico y una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil no tejido. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil tejido. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoplástico. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoestable.
35
40

En otras realizaciones, un material compuesto de la presente invención puede comprender una resina polimérica y una pluralidad de fibras de vidrio dispuestas en la resina polimérica, donde al menos una de la pluralidad de fibras de vidrio se formó a partir de una de las otras composiciones de vidrio divulgadas en el presente documento como parte de la presente invención. En algunas realizaciones, un material compuesto puede comprender una resina polimérica y al menos una hebra de fibra de vidrio tal y como se divulga en el presente documento en la resina polimérica. En algunas realizaciones, el material compuesto puede comprender una resina polimérica y al menos una parte de un ovillo que comprende al menos una fibra de vidrio tal y como se divulga en el presente documento, dispuesta en la resina polimérica. En otras realizaciones, el material compuesto puede comprender una resina polimérica y al menos un hilo tal y como se divulga en el presente documento en la resina polimérica. En otras realizaciones más, el material compuesto puede comprender una resina polimérica y al menos un material textil tal y como se divulga en el presente documento en la resina polimérica. En algunas realizaciones, el material compuesto puede comprender al menos un hilo de relleno que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio, tal y como se divulga en el presente documento, y al menos un hilo de urdimbre que comprende al menos una hebra de fibra de vidrio tal y como se divulga en el presente documento.
45
50
55

Los materiales compuestos de la presente invención pueden comprender diversas resinas poliméricas, dependiendo de las propiedades y aplicaciones deseadas. En algunas realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina epoxídica. En otras realizaciones, la resina polimérica puede comprender polietileno, polipropileno, poliamida, poliimida, tereftalato de polibutileno, policarbonato, poliuretano termoplástico, fenólico, poliéster, éster de vinilo, polidiciclopentadieno, sulfuro de polifenileno, poliéter éter cetona, ésteres de cianato, bismaleimidas o resinas de poliuretano termoestables.
60

En ciertas realizaciones, un artículo de fabricación puede comprender una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio de una cualquiera de las composiciones descritas en el presente documento. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil no tejido. En algunas
65

realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil tejido.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales compuestos aeroespaciales. En algunas realizaciones, el material compuesto aeroespacial puede exhibir propiedades deseables para su uso en aplicaciones aeroespaciales, tales como una resistencia alta, un alargamiento alto, un módulo alto y/o una densidad baja. En algunas realizaciones, el material compuesto aeroespacial puede comprender una pluralidad de fibras de vidrio procedentes de la composición de vidrio descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil no tejido. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil tejido. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoplástico. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoestable.

Los ejemplos de componentes en los cuales se pueden usar los materiales compuestos de la presente invención pueden incluir, aunque sin limitación, piezas aeroespaciales tales como paneles para suelo, compartimentos superiores, galeras, respaldos de asiento y otros compartimentos internos que sean potencialmente propensos al impacto, así como también componentes externos tales como palas de rotor de helicóptero; piezas de automóviles tales como componentes estructurales, chasis y parachoques; componentes para energía eólica tales como palas de turbinas eólicas; recipientes o tanques de alta presión; aplicaciones de seguridad y/o protección; aplicaciones de elevada tensión mecánica; aplicaciones de impacto de alta energía tales como aplicaciones balísticas y resistencia al granallado; producción de aplicaciones para armamento de paneles de armamento; carcasas para misiles y otros dispositivos de suministro de explosivos; aplicaciones en la industria petrolífera y gasística, otras aplicaciones relacionadas con el transporte y las infraestructuras, aplicaciones en energías alternativas, aplicaciones de aislamiento térmico a alta temperatura (es decir, protección térmica) (debido a mayor resistencia, un mayor módulo, temperatura de reblandecimiento y temperatura de transición vítrea). En algunas realizaciones, el material compuesto puede tener dimensiones físicas o forma de tipo lámina y puede ser un panel.

Algunas realizaciones de la presente invención se refieren a materiales preimpregnados. En algunas realizaciones, el material preimpregnado puede comprender una pluralidad de fibras de vidrio a partir de una composición de vidrio descrita en el presente documento. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil no tejido. En algunas realizaciones, la pluralidad de fibras de vidrio puede estar en forma de material textil tejido. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoplástico. En algunas realizaciones, el material polimérico puede comprender un polímero termoestable.

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 se pueden utilizar en aplicaciones electrónicas, tales como placas de circuito impreso ("PCB").

Más particularmente, algunas realizaciones se refieren a refuerzos de fibra de vidrio que tienen propiedades eléctricas que permiten mejorar el rendimiento de una PCB. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden tener una constante dieléctrica (Dk) deseable para aplicaciones electrónicas. La constante dieléctrica de un material (Dk), también conocida como "permitividad", es una medida de la capacidad de un material para almacenar energía eléctrica. Un material a usar como condensador tiene, de manera deseable, una Dk relativamente alta, mientras que un material a usar como parte de un sustrato de PCB tiene, de manera deseable, una Dk baja, particularmente en los circuitos de alta velocidad. Dk es la relación de carga que se almacenaría (es decir, la capacitancia) de un material dado entre dos placas metálicas respecto a la cantidad de carga que se almacenaría en un hueco (aire o vacío) entre las mismas dos placas metálicas. Como ejemplo adicional, algunas realizaciones pueden tener un coeficiente de expansión térmica deseable para aplicaciones electrónicas. Por consiguiente, algunas realizaciones se pueden usar en una diversidad de aplicaciones electrónicas que incluyen, sin limitación, placas de circuito impreso, precursores de placas de circuito impreso (por ejemplo, tejidos, laminados, materiales preimpregnados, etc.). En dichas 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. Véanse, 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. 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.

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.

Los materiales compuestos de la presente invención se pueden preparar mediante cualquier método adecuado conocido por un experto habitual en la materia, tales como, pero no limitado a, moldeo por infusión de resina asistido con vacío, el prensado por extrusión, moldeo por compresión, el moldeo por transferencia de resina, 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.

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.

Como se ha indicado anteriormente, los materiales compuestos de la presente invención pueden comprender una resina polimérica, en algunas realizaciones. Se puede usar una diversidad de 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 termoestable. Los sistemas de resina termoestables útiles en algunas realizaciones de la presente invención pueden incluir, aunque sin limitación, sistemas de resina epoxi, resinas con base fenólica, poliésteres, ésteres de vinilo, poliuretanos termoendurecibles, resinas de polidiciclopentadieno (pDCPD), ésteres de cianato y bismaleimidas. En algunas realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina epoxídica. En otras realizaciones, la resina polimérica puede comprender una resina termoplástica. Los polímeros útiles en algunas realizaciones de la presente invención incluyen, aunque sin limitación, polietileno, polipropileno, poliamidas (incluyendo nylon), 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 1-12, 18-25 son según la reivindicación independiente 1. Los ejemplos 13-17 no se ajustan a la reivindicación independiente 1. 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 alcalinos procedentes de impurezas en los ingredientes usados, 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 lo 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 de líquido 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 de líquido medida (T_L), la temperatura de conformación de referencia (T_F) definida por medio de la viscosidad en masa fundida de 100 Pa·s (1000 poise) para las composiciones de vidrio. También se muestra la diferencia entre la temperatura de conformación y la temperatura de líquido (Delta T).

Propiedades mecánicas

Se midió también el módulo de Young en determinadas composiciones de vidrio de la Tabla 1 usando la siguiente técnica. Se refundieron aproximadamente 50 gramos de vidrio roto que tenía una composición correspondiente a la Tabla 1 de ejemplo en un crisol de 90Pt/10Rh durante dos horas a una temperatura de fusión definida por 10 Pa·s (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 1-1,5 m de longitud. El diámetro de la fibra varió de aproximadamente 100 μ m en un extremo a aproximadamente 1000 μ m en el otro extremo.

Tabla 1

Óxido (% en peso)	Ej. 1	Ej. 2	Ej. 3	Ej. 4	Ej. 5	Ej. 6
SiO ₂	60,71	61,72	62,11	60,91	60,70	61,87
Al ₂ O ₃	14,21	14,26	14,65	14,24	15,49	14,22
Fe ₂ O ₃	0,30	0,30	0,31	0,28	0,29	0,30
CaO	15,37	14,81	14,30	15,24	14,52	14,69
MgO	8,19	8,18	7,90	8,15	8,20	8,20
Na ₂ O	0,05	0,05	0,05	0,00	0,07	0,05
K ₂ O	0,08	0,08	0,08	0,06	0,09	0,08
Y ₂ O ₃	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
F ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,58
Li ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O+MgO+Al ₂ O ₃	22,4	22,4	22,55	22,4	23,7	22,4
CaO/MgO	1,88	1,81	1,81	1,87	1,88	1,79
Al ₂ O ₃ /(Al ₂ O ₃ + CaO + MgO)	0,38	0,38	0,40	0,38	0,41	0,38
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,27	4,33	4,24	4,28	3,92	4,35
módulo de Young, E (GPa)	88,7	88,7	88,1	88,1	88,5	88,4
Densidad de fibras, d (g/cm ³)	2,64	2,62	2,61	2,61	2,59	2,62
Líquido, T_L (°C)	1214	1220	1219	1225	1219	1217
Conformación, T_F (°C)	1289	1302	1314	1296	1299	1301
Delta T (°C)	75	82	95	71	80	84
Fusión, T_M (°C)	1475	1493	1508	1481	1489	1492

Tabla 1, cont.

Óxido (% en peso)	Ej. 7	Ej. 8	Ej. 9	Ej. 10	Ej. 11	Ej. 12
SiO ₂	61,20	61,52	61,55	60,47	60,78	60,84
Al ₂ O ₃	14,24	14,11	14,01	14,16	14,53	14,86
Fe ₂ O ₃	0,30	0,30	0,30	0,32	0,31	0,32
CaO	15,45	15,03	15,08	15,48	15,07	14,78
MgO	8,10	8,32	8,35	8,23	8,15	8,11
Na ₂ O	0,05	0,05	0,05	0,12	0,06	0,06
K ₂ O	0,08	0,08	0,08	0,10	0,08	0,08
Y ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,49	0,37	0,25
F ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,58	0,57	0,57	0,61	0,58	0,59
Li ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10
Li ₂ O+MgO+Al ₂ O ₃	22,3	22,4	22,4	22,4	22,7	23,1
CaO/MgO	1,91	1,81	1,81	1,88	1,85	1,82
Al ₂ O ₃ /(Al ₂ O ₃ + CaO + MgO)	0,38	0,38	0,37	0,37	0,38	0,39
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,30	4,36	4,39	4,27	4,18	4,09
módulo de Young, E (GPa)	88,4	88,4	88,7	88,4	88,4	88,7
Densidad de fibras, d (g/cm ³)	2,63	2,63	2,63	2,63	2,64	2,63
Líquido, T _L (°C)	1226	1216	1220	1199	1211	1209
Conformación, T _F (°C)	1287	1295	1295	1285	1289	1289
Delta T (°C)	61	79	75	86	78	80
Fusión, T _M (°C)	1475	1483	1484	1472	1475	1477

Tabla 1, cont.

Óxido (% en peso)	Ej. 13	Ej. 14	Ej. 15	Ej. 16	Ej. 17
SiO ₂	60,91	60,97	60,57	62,45	60,92
Al ₂ O ₃	15,18	15,51	15,45	14,64	15,54
Fe ₂ O ₃	0,32	0,33	0,32	0,27	0,29
CaO	14,49	14,20	14,49	13,73	15,83
MgO	8,06	8,02	8,17	7,74	6,17
Na ₂ O	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
K ₂ O	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09
Y ₂ O ₃	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
F ₂	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,60	0,61	0,62	0,59	0,63
Li ₂ O	0,15	0,20	0,22	0,41	0,44
Li ₂ O+MgO+Al ₂ O ₃	23,4	23,7	23,8	22,8	22,2
CaO/MgO	1,80	1,77	1,88	1,88	1,88

(continuación)

Óxido (% en peso)	Ej. 13	Ej. 14	Ej. 15	Ej. 16	Ej. 17
$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})$	0,40	0,41	0,41	0,41	0,41
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	4,01	3,93	3,92	4,27	3,92
módulo de Young, E (GPa)	88,2	88,7	88,8	88,2	88,0
Densidad de fibras, d (g/cm ³)	2,63	2,62	2,60	2,59	2,64
Líquido, T _L (°C)	1203	1207	1199	1209	1210
Conformación, T _F (°C)	1290	1290	1291	1308	1293
Delta T (°C)	87	83	92	99	83
Fusión, T _M (°C)	1480	1481	1482	1513	1492

Tabla 1, cont.

Óxido (% en peso)	Ej. 18	Ej. 19	Ej. 20	Ej. 21
SiO_2	60,32	60,17	59,99	60,16
Al_2O_3	14,23	14,35	14,31	14,29
Fe_2O_3	0,34	0,34	0,34	0,34
CaO	15,37	15,20	15,15	15,20
MgO	8,17	8,20	8,18	8,17
Na_2O	0,07	0,07	0,07	0,07
K_2O	0,08	0,08	0,08	0,08
Y_2O_3	0,83	0,99	1,28	1,10
F_2	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO_2	0,58	0,58	0,58	0,58
Li_2O	0,00	0,00	0,00	0,00
$\text{Li}_2\text{O}+\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3$	22,4	22,6	22,5	22,5
CaO/MgO	1,88	1,88	1,88	1,88
$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})$	0,38	0,38	0,38	0,38
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	4,23	4,19	4,19	4,21
módulo de Young, E (GPa)	89,1	88,5	88,5	88,0
Densidad de fibras, d (g/cm ³)	2,63	2,65	2,64	2,64
Líquido, T _L (°C)	1210	1211	1207	1211
Conformación, T _F (°C)	1287	1277	1280	1278
Delta T (°C)	77	66	73	67
Fusión, T _M (°C)	1472	1461	1463	1464

Tabla 1, cont.

Óxido (% en peso)	Ej. 22	Ej. 23	Ej. 24	Ej. 25
SiO_2	59,94	60,01	60,24	60,32
Al_2O_3	14,23	14,47	13,94	14,01
Fe_2O_3	0,34	0,34	0,33	0,34

(continuación)

Óxido (% en peso)	Ej. 22	Ej. 23	Ej. 24	Ej. 25
CaO	16,17	16,22	16,11	15,55
MgO	8,02	7,66	8,11	8,19
Na ₂ O	0,07	0,07	0,07	0,11
K ₂ O	0,08	0,08	0,08	0,08
Y ₂ O ₃	0,56	0,58	0,56	0,87
F ₂	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,58	0,58	0,56	0,51
Li ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00
Li ₂ O+MgO+Al ₂ O ₃	22,26	22,14	22,05	22,15
CaO/MgO	2,02	2,12	1,99	1,88
Al ₂ O ₃ /(Al ₂ O ₃ + CaO + MgO)	0,37	0,38	0,37	0,41
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,21	4,15	4,32	4,3
módulo de Young, E (GPa)	88,4	88,1	88,5	88,7
Densidad de fibras, d (g/cm ³)	2,65	2,65	2,64	2,63
Líquido, T _L (°C)	1218	1213	1224	1217
Conformación, T _F (°C)	1280	1283	1276	1280
Delta T (°C)	62	70	52	63
Fusión, T _M (°C)	1464	1468	1460	1457

Las características deseables que se pueden presentar en las diversas realizaciones, pero no necesariamente todas, de la presente invención pueden incluir, aunque sin limitación, los siguientes: 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; y otros.

5

REIVINDICACIONES

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

- 5 SiO_2 del 60 al 63 por ciento en peso;
 Al_2O_3 del 14 al 16 por ciento en peso;
 CaO del 14 al 16,5 por ciento en peso;
 MgO del 6 al 8,5 por ciento en peso;
 Fe_2O_3 menos de un 1 por ciento en peso;
10 TiO_2 menos de un 1 por ciento en peso; y
 Li_2O de 0 a no más del 0,1 por ciento en peso,

en donde el contenido de ($\text{Li}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) varía del 22 al 24 por ciento en peso y la proporción de CaO con respecto a MgO , (CaO/MgO), varía de 1,7 a 2,0,

- 15 en donde la composición de vidrio comprende además hasta un 0,2 por ciento en peso de K_2O .

2. La composición de vidrio de la reivindicación 1, en donde:

- 20 - una relación de SiO_2 con respecto a Al_2O_3 , ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), varía de 3,5 a 4,5, y/o
- el contenido de ($\text{Li}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) varía de un 22 a un 23 por ciento en peso; y/o
- una relación de Al_2O_3 con respecto a ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO}$), ($\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO})$), varía de 0,35 a 0,45, y/o
- la composición está sustancialmente exenta de F_2 .

- 25 3. La composición de vidrio de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que además comprende hasta un 0,2 por ciento en peso de Na_2O .

4. Una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 1-3.

- 30 5. La pluralidad de las fibras de vidrio de la reivindicación 4, en donde las fibras de vidrio tienen uno o más de uno o todos los siguientes:

- un módulo superior a 85 GPa,
- una densidad inferior a 2,7 g/cm³,
35 - una temperatura de conformación (T_F) inferior a 1350 °C,
- una temperatura de líquido (T_L) inferior a 1250 °C.

6. Un material compuesto polimérico que comprende:

- 40 un material polimérico; y
una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 1-3.

- 45 7. El material compuesto polimérico de la reivindicación 6, en donde la pluralidad de fibras de vidrio tiene la forma de un material textil no tejido o en donde la pluralidad de fibras de vidrio tiene la forma de un material textil tejido.

8. El material compuesto polimérico de una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en donde el material polimérico comprende un polímero termoplástico o en donde el material polimérico comprende un polímero termoestable.

- 50 9. Un artículo de fabricación que comprende una pluralidad de fibras de vidrio formadas a partir de la composición de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 1-3.

- 10. El artículo de fabricación según la reivindicación 9, siendo una hebra de fibra de vidrio que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, una mecha que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, un hilo que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, un material textil tejido que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, un material textil no tejido que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5 o una hebra de fibra de vidrio cortada que comprende la pluralidad de fibras de vidrio de cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5.
- 55