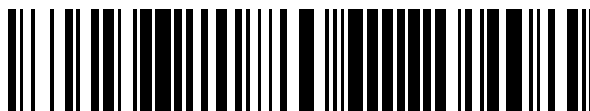


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 627**

51 Int. Cl.:

H01M 2/16 (2006.01)
C03C 13/06 (2006.01)
C03C 3/091 (2006.01)
C03C 4/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2016 E 16188704 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3151309**

54 Título: **Composición de vidrio, fieltro no tejido de fibra resistente a los ácidos con microfibras biosolubles, y batería**

30 Prioridad:

30.09.2015 US 201514870586

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.01.2021

73 Titular/es:

**JOHNS MANVILLE (100.0%)
717 Seventeenth Street
Denver, CO 80202, US**

72 Inventor/es:

**GUO, ZHIHUA;
LEED, ELAM;
WEITH, LUKE S.;
ASRAR, JAWED y
MILOAGA, DANA G.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 803 627 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Composición de vidrio, fieltro no tejido de fibra resistente a los ácidos con microfibras biosolubles, y batería

Antecedentes de la invención

Las baterías de plomo-ácido son usadas de forma generalizada debido a su fiabilidad y a su coste relativamente bajo. Por ejemplo, la mayoría de los automóviles incluyen una batería de plomo-ácido para proporcionar energía para el arranque del motor y para otros usos. Aunque hay muchos tipos de baterías de plomo-ácido, su construcción general incluye placas "positivas" y "negativas" de plomo o aleación de plomo en contacto con un electrolito ácido, normalmente ácido sulfúrico diluido. Durante la descarga, se produce electricidad por la reacción del ácido sulfúrico y las placas de electrodos, perdiendo el electrolito ácido sulfúrico disuelto y creándose en las placas sulfato de plomo. El proceso es reversible, por lo que la batería puede ser recargada.

Es necesario que las placas positivas y negativas permanezcan aisladas eléctricamente. Con este fin, se usan "separadores" para mantener la separación entre las placas mientras se permite que las placas estén muy poco separadas entre sí. En algunas baterías se usan láminas delgadas de caucho como separadores, aislando eléctricamente las placas pero permitiendo el intercambio iónico entre el electrolito y las placas para cargar y descargar la batería.

Un tipo particular de batería de plomo-ácido es la batería de fieltro de fibra de vidrio absorbente (AGM). En este tipo de batería se usa un fieltro de fibra de vidrio fibroso en el separador entre las placas, y también mantiene el electrolito *in situ* entre las placas al absorber el electrolito en el fieltro. Esto reduce la cantidad de electrolito necesaria, dado que no es preciso que el interior de la batería esté completamente inundado con electrolito, y tiene otras ventajas.

Los fieltros no tejidos también se usan para otros fines en baterías de plomo-ácido. Se desean materiales mejorados para el fieltro de fibra de vidrio. Además, en el documento CA 2.575.900 A1 se describen materiales biosolubles de fibra de vidrio.

Breve compendio de la invención

Según un aspecto, una batería comprende al menos dos electrodos y un electrolito, y un fieltro no tejido de fibra de vidrio dentro de la batería; el fieltro no tejido de fibra de vidrio comprende microfibras de vidrio que tienen un diámetro entre 0,2 y 5,0 micrómetros, teniendo las microfibras de vidrio una composición de vidrio definida en las reivindicaciones 1 a 11.

Según otro aspecto, las composiciones de vidrio presentan una combinación deseable de resistencia al ácido, durabilidad en agua blanca y biosolubilidad. Esta combinación puede mejorar la producción económica de un fieltro de fibra de vidrio que tenga buenas propiedades de absorción que pueda ser especialmente útil en un separador de batería. La composición de vidrio de la presente invención consiste esencialmente en

64,5 - 69,5% molar de SiO_2 ;
0,5 - 1,7% molar de Al_2O_3 ;
5,0 - 7,5% molar de B_2O_3 ;
14,0 - 17,0% molar de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$;
0,8 - 1,2% molar de F; y
7,5 - 12% molar de $\text{CaO} + \text{MgO}$;

y tiene un índice de durabilidad en ácido de al menos 1,95, un índice de durabilidad en agua blanca de al menos 1,85, y un índice de biosolubilidad de no más de 2,20, según se define adicionalmente en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 ilustra una vista despiezada en perspectiva de una celda de batería de plomo-ácido según realizaciones de la invención.

La FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de la celda de batería de plomo-ácido de la FIG. 1.

La FIG. 3 ilustra un procedimiento ejemplar para la producción de placas o electrodos de batería.

La FIG. 4 y la FIG. 5 muestran la pérdida de masa media normalizada para un tipo de vidrio según una realización de la invención y dos ejemplos comparativos, a pH=7 y pH=2, respectivamente.

La FIG. 6 muestra la longitud de la acción capilar para el ácido sulfúrico en fieltros de fibra de vidrio que contienen microfibras de vidrio de las composiciones según la realización y los dos ejemplos comparativos de las FIGURAS 4 y 5.

Descripción detallada de la invención

La FIG. 1 ilustra una vista parcial despiezada de una celda 200 de batería de plomo-ácido, y la FIG. 2 ilustra una vista

ensamblada en sección transversal de la celda **200**. La celda **200** puede comprender, por ejemplo, una batería de plomo-ácido inundada o una batería AGM. Cada celda **200** puede proporcionar una fuerza electromotriz (emf) de aproximadamente 2,1 voltios. A menudo, las baterías usan varias de tales celdas conectadas en serie para generar tensiones mayores. Por ejemplo, una batería puede incluir tres celdas **200** conectadas en serie para proporcionar una emf de aproximadamente 6,3 voltios, o puede incluir seis celdas **200** conectadas en serie para proporcionar una emf de aproximadamente 12,6 voltios. La fuerza electromotriz (emf), tal como el potencial o la tensión de la batería en la presente solicitud, se mide con un voltímetro.

La celda ejemplar **200** incluye un electrodo o placa positivo **202** y un electrodo o placa negativo **212** separados por un separador **220** de batería para aislar eléctricamente los electrodos **202** y **212**. El electrodo positivo **202** puede incluir una rejilla o conductor **206** de material de aleación de plomo. Normalmente, a la rejilla **206** se la recubre o se le adhiere un material activo positivo **204**, tal como dióxido de plomo. Normalmente, la rejilla **206** también está eléctricamente acoplada con un terminal positivo **208**. La rejilla **206** proporciona soporte estructural para el material activo positivo **204** junto con conductividad eléctrica al terminal **208**.

Asimismo, el electrodo negativo **212** incluye una rejilla o conductor **216** de material de aleación de plomo a la que se recubre o a la que se le adhiere un material activo negativo **214**, tal como el plomo. La rejilla **216** está eléctricamente acoplada con un terminal negativo **218**. Como la rejilla **206**, la rejilla **216** soporta estructuralmente el material activo negativo **214** y proporciona conductancia eléctrica al terminal **218**. En las baterías de plomo-ácido de tipo inundado, el electrodo positivo **202** y el electrodo negativo **212** pueden estar sumergidos en un electrolito (no mostrado) que puede incluir una solución de ácido sulfúrico y agua. En las baterías de plomo-ácido de tipo AGM, el electrolito puede estar absorbido y mantenido dentro del separador **220** de batería. El separador **220** de batería puede estar situado entre el electrodo positivo **202** y el electrodo negativo **212** para separar físicamente y aislar eléctricamente los dos electrodos mientras se permite el transporte iónico, completando así un circuito y permitiendo que fluya una corriente de electrones entre el terminal positivo **208** y el terminal negativo **218**.

También puede haber presentes fieltros no tejidos **230**, **240** de fibras de refuerzo. En el ejemplo de la FIG. 2, los fieltros **230** y **240** de refuerzo están dispuestos en las superficies exteriores de los materiales activos negativos y positivos **214** y **204**, respectivamente, pero son posibles muchas otras disposiciones. Por ejemplo, los fieltros de refuerzo pueden ser colocados en las superficies interiores de los materiales activos o en ambas superficies, pueden estar integrados dentro de los materiales activos, o pueden envolver o rodear los materiales activos. El soporte adicional proporcionado por los fieltros **230** y **240** de refuerzo puede contribuir a reducir los efectos perjudiciales del desprendimiento de las partículas de material activo negativo al ablandarse la capa de material activo por los ciclos reiterados de carga y descarga. Esto puede reducir la degradación comúnmente experimentada por el uso reiterado de las baterías de plomo-ácido. El soporte estructural proporcionado por los fieltros **230** y **240** de refuerzo puede resultar muy potenciado reduciendo la porosidad y/o la permeabilidad al aire de los fieltros de refuerzo.

La FIG. 3 ilustra un procedimiento ejemplar **300** de producción de placas de batería, tales como las placas **202** y **212**. En el procedimiento de la FIG. 3, una rejilla **301** de aleación de plomo es transportada sobre un transportador hacia un aplicador de material activo **302**, que aplica o adhiere el material activo **302** a la rejilla **301**. Hay un rollo **303** de fieltro no tejido situado debajo de la rejilla **301** para que se aplique en fieltro de refuerzo a la superficie inferior de la rejilla **301**. Hay un segundo rollo **304** de fieltro no tejido situado encima de la rejilla **301** para que se aplique un segundo fieltro de refuerzo a la superficie superior de la rejilla **301**. El electrodo o placa **305** resultante puede ser cortado posteriormente a medida mediante un cortador de placas (no mostrado). Se reconocerá que la ilustración de la FIG. 3 no es más que un ejemplo simplificado, y que puede haber presentes otros componentes o detalles y que pueden usarse otras variaciones. Por ejemplo, pueden aplicarse a la rejilla **301** un material activo **302** y/o los fieltros superior e inferior de refuerzo para que el material activo **302** impregne o sature los fieltros hasta un grado deseado. El electrodo o placa **305** puede ser secado con un secador (no mostrado) u otro componente del procedimiento **300**.

En el ejemplo de las FIGURAS 1 y 2, el separador **220** es un fieltro fibroso, pero en otras realizaciones puede haber presentes materiales adicionales; por ejemplo, una película polimérica. Hay evidencia de que los separadores combinados de película polimérica/fieltro fibroso pueden no tener un buen rendimiento en ciertos entornos; por ejemplo, cuando la batería es expuesta a altas temperaturas durante largos periodos, como en regiones tropicales y desérticas. Las baterías de plomo-ácido en tales entornos pueden perder parte de su agua electrolítica, haciendo que las partes superiores de las placas de electrodo queden expuestas al aire. Las placas negativas expuestas pueden oxidarse. Además, debido al volumen reducido de los electrodos en contacto con el electrolito, la utilización del material activo puede reducirse, disminuyendo la capacidad y el rendimiento de la batería. Por último, la pérdida de agua aumenta la concentración de ácido sulfúrico por encima de los valores óptimos. La mayor acidez puede reducir el rendimiento de la batería, así como hacer que sea más cáustica para las placas de la batería, el separador y la carcasa.

El uso de fieltros no tejidos en baterías de plomo-ácido presenta ciertos retos. Por ejemplo, el entorno dentro de una batería de plomo-ácido es inclemente. Un fieltro separador de batería puede estar sumergido en ácido sulfúrico o estar saturado del mismo durante una vida útil de la batería de varios años, y mantener así su integridad en esta condición inclemente.

Además, especialmente en una batería AGM, el fieltro debe ser sumamente absorbente para mantener el electrolito entre las placas por la acción capilar del fieltro. Para lograr una buena absorbencia, es deseable usar fibras muy finas

en el fieltro; por ejemplo, fibras que tengan un diámetro de 5 micrómetros o menos. Tales fibras pueden ser denominadas “microfibras”. Sin embargo, el uso de microfibras presenta retos adicionales. Por ejemplo, las fibras tan pequeñas pueden ser respirables, por lo que, a pesar de las precauciones, las fibras sueltas pueden ser inhaladas en los pulmones de los operarios durante la fabricación y la manipulación de los fieltros. Así, es sumamente deseable que cualquier microfibra usada en el fieltro sea biosoluble. Es decir, las fibras deberían disolverse en contacto con el fluido pulmonar o los macrófagos para evitar los efectos adversos para la salud que pueden producirse por la estancia a largo plazo de las fibras de vidrio en los pulmones. Si bien existen vidrio biosolubles, el requisito de biosolubilidad añade otra restricción a la fabricación del fieltro resultante del uso de microfibras.

Por último, es deseable que el fieltro sea fabricado de forma económica. Un procedimiento de fabricación particularmente deseable es el procedimiento de “tendido en mojado”. En un procedimiento típico de tendido en mojado, se crea una suspensión espesa de fibra de vidrio añadiendo fibra de vidrio a un agua blanca típica (también denominada “agua de proceso”) en una trituradora para dispersar la fibra en el agua blanca. Normalmente se usa una concentración de fibras de aproximadamente 0,1 - 1,0% en peso de vidrio en el agua blanca. La suspensión espesa es dosificada sobre un tamiz de alambre en movimiento. El agua blanca cae en gran medida a través del tamiz, dejando un fieltro mojado suelto de fibras de vidrio. El fieltro mojado es transferido a un segundo tamiz móvil, y se aplica un aglutinante, tal como un aglutinante acrílico. Se puede aplicar el aglutinante usando un aplicador de cortina o un aplicador de inmersión y estrujado, pero pueden usarse otros métodos de aplicación; por ejemplo, pulverización. El aglutinante sobrante puede ser eliminado un procedimiento de vapor, y el fieltro se seca y el aglutinante endurece. Por ejemplo, se puede hacer que el fieltro atraviese un horno de curado a temperaturas de 121,1 °C - 260°C durante un periodo de unos segundos a unos minutos. Ejemplos de equipos usados para fabricar fieltros fibrosos en el procedimiento de tendido en mojado incluyen el Hydroformer™, fabricado por Voith Sulzer, de Appleton, Wisconsin, EE. UU., o el Deltaformer™, fabricado por North County Engineers, de Glens Fall, Nueva York, EE. UU. Se describen detalles adicionales del procedimiento de tendido en mojado en las patentes estadounidenses n^{os} 4.112.174 — expedida a Hannes et al. el 5 de septiembre de 1978—, 4.681.802 —expedida a Gaa et al. el 21 de julio de 1987—, 4.810.576 —expedida a Gaa et al. el 7 de marzo de 1989—, y la publicación de solicitud de patente estadounidense 2014/0377628 de Nandi et al., publicada el 25 de diciembre de 2014.

Desgraciadamente, el procedimiento de tendido en mojado, aunque económico y eficaz, ha sido a menudo inadecuado para la producción de fieltros hechos fundamentalmente de microfibras de vidrio, debido en parte a la tendencia de las fibras a descomponerse en los procesos de trituración y formación del fieltro, y debido a la dificultad de escurrir el fieltro a través del tamiz y de secar el fieltro en un horno típico de aire pasante. Por lo tanto, los fieltros de microfibras se han fabricado normalmente usando máquinas papeleras especializadas, lo que puede aumentar el coste de los fieltros con respecto a los fieltros fabricados por el procedimiento de tendido en mojado.

Así, es deseable proporcionar un fieltro fibroso hecho de microfibras que tengan una buena resistencia al ácido (para su durabilidad dentro de una batería de plomo-ácido) y una buena durabilidad en agua blanca (para mejorar su facilidad de fabricación mediante el procedimiento de tendido en mojado), y que sean biosolubles para la seguridad de los operarios. Las microfibras de vidrio anteriores pueden haber poseído una o dos de estas características, pero no las tres simultáneamente.

Se han desarrollado ciertos índices empíricos para caracterizar el rendimiento de una composición de vidrio. Para los fines de esta divulgación se usan las siguientes definiciones de índices.

$$\text{Índice de durabilidad en ácido: } \frac{[\text{SiO}_2]}{[\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en el que $[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio, $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio. Es deseable un índice más elevado de durabilidad en ácido, e indica una mayor durabilidad de las fibras fabricadas a partir de la composición de vidrio dentro del entorno ácido de una batería. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener un índice de durabilidad en ácido de al menos 1,95, y preferiblemente de al menos 2,05.

$$\text{Índice de durabilidad en agua blanca: } \frac{[\text{SiO}_2] + 2 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en el que $[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio, $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio. Es deseable un índice más elevado de durabilidad en agua blanca, e indica una mayor durabilidad de las fibras fabricadas a partir de la composición de vidrio en el procedimiento de trituración y de formación del fieltro. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener un índice

de durabilidad en agua blanca de al menos 1,85, y preferiblemente de al menos 1,90.

$$\text{Índice de biosolubilidad: } \frac{50 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en el que $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio, $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio. Es deseable un índice más bajo de biosolubilidad, e indica una disolución más rápida de las fibras fabricadas a partir de la composición de vidrio cuando están en contacto con el fluido pulmonar o los macrófagos. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener un índice de biosolubilidad de no más de 2,20, y preferiblemente de no más de 2,10.

Además, una composición de vidrio puede ser caracterizada por otros parámetros.

La viscosidad a alta temperatura (HTV) de un vidrio es la temperatura a la cual el vidrio tiene una viscosidad igual a 100 Pa·s (1000 poise). Si la HTV es demasiado elevada, la producción de microfibras se vuelve más difícil e ineficaz. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener una HTV de no más de 1076,67°C. La viscosidad del vidrio a altas temperaturas puede medirse según ASTM C965, usando la medición a 100 Pa·s (1000 poise) como valor de HTV para un vidrio particular. ASTM C965-96(2012), Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point, ASTM International, West Conshohocken, Pensilvania, 2012, www.astm.org.

La temperatura de fusión es el límite superior de temperatura para la desvitrificación. Se desea hacer que esta temperatura sea lo bastante baja para prevenir una desvitrificación significativa en los procesos de fusión y formación de las fibras. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener una temperatura de fusión de no más de 871,11 °C, y preferiblemente de no más de 815,56°C. La temperatura de fusión de un vidrio puede medirse según ASTM C829. ASTM C829-81(2015), Standard Practices for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method, ASTM International, West Conshohocken, Pensilvania, 2015, www.astm.org.

Delta T es la diferencia de temperatura entre HTV y la temperatura de fusión, siendo medidos esos parámetros por los métodos apropiados. Se desea mantener el intervalo de trabajo suficientemente grande. Una composición de vidrio según algunas realizaciones de la invención puede tener una Delta T de al menos 176,67°C, y preferiblemente de al menos 232,22°C.

Se ha descubierto que pueden lograrse parámetros de rendimiento mejorado usando proporciones particulares de ciertos óxidos metálicos y otros componentes para formar una composición de vidrio que tiene resistencia al ácido y durabilidad en agua blanca elevadas, y buena biosolubilidad.

Preferiblemente, las composiciones de vidrio según realizaciones de la invención tienen una composición en la que los componentes se encuentran en los siguientes intervalos (en porcentaje molar):

SiO_2	64,5-69,5
Al_2O_3	0,5-1,7
B_2O_3	5,0-7,5
R_2O (Na_2O + K_2O)	14,0-17,0
F	0,8-1,2
RO (CaO + MgO)	7,5 - 12,0.

Para los componentes individuales de R_2O y RO, los componentes en algunas realizaciones pueden encontrarse en los siguientes intervalos (en porcentaje molar):

Na_2O	14,25-16,75
K_2O	0,25-0,75
CaO	4,5-6,0
MgO	3,5-5,2.

Más preferiblemente, las composiciones de vidrio según realizaciones de la invención tienen una composición en la que los componentes se encuentra en los siguientes intervalos (en porcentaje molar):

SiO_2	66,0-68,0
Al_2O_3	1,0-1,6

B ₂ O ₃	5,5-7,5
R ₂ O (Na ₂ O + K ₂ O)	14,5-16,0
F	0,9-1,1
RO (CaO+ MgO)	8,0 - 11,0.

Para los componentes individuales de R₂O y RO, los componentes en algunas realizaciones pueden encontrarse en los siguiente intervalos más preferidos (en porcentaje molar):

Na ₂ O	14,5-16,0
K ₂ O	0,30-0,50
CaO	4,6-5,9
MgO	3,75-5,0.

En algunas realizaciones, las composiciones de vidrio según realizaciones de la invención pueden incluir otros componentes, en los siguientes intervalos (en porcentaje molar):

Fe ₂ O ₃	0,01-0,25
TiO ₂	0,05-0,30

- 5 Para los fines de esta divulgación, la frase “que consiste esencialmente en” significa que una composición reivindicada incluye todos los componentes enumerados, pero no otros, salvo las impurezas inevitables o en cantidades que no afectan significativamente el rendimiento de la composición.

Según otro aspecto, se puede fabricar un fieltro no tejido de fibra a partir de una composición de vidrio según una realización de la invención. Tal fieltro no tejido de fibra se puede usar, por ejemplo, en la construcción de una batería de plomo-ácido, por ejemplo como un material adhesivo, como un separador, o para otros fines. Tal fieltro de fibra de vidrio puede incluir microfibras fabricadas a partir de la composición de vidrio que tienen un diámetro de menos de 5 micrómetros.

10 Las propias fibras pueden ser producidas de cualquier manera adecuada; por ejemplo, mediante estirado a la llama de fibras primarias fundidas traccionadas de un crisol o boquilla con orificios en el fondo (por ejemplo, el procedimiento de “crisol y canicas”) o mediante trefilado rotatorio, en el que el vidrio fundido es hilado por fuerza centrífuga a través de orificios en la pared lateral de un disco giratorio para formar las fibras primarias, que a continuación pueden ser estiradas por aire o gas. Pueden usarse otros procedimientos adecuados de formación de fibras.

15 Se dan detalles adicionales del procedimiento de crisol y canicas y del trefilado rotatorio en la patente estadounidense 5.945.360 —expedida el 31 de agosto de 1999 a Harding et al.—, en la patente estadounidense 6.656.861 —expedida el 2 de diciembre de 2003 a Bauer et al. y titulada “Glass Composition for Ultrafine Fiber Formation”—, en la patente estadounidense 6.399.515 —expedida el 4 de junio de 2002 a Harding et al. y titulada “Flame Attenuated Fiberglass”, en la patente estadounidense 7.763.558 —expedida el 28 de julio de 2010 a Bauer et al.—, y en la patente estadounidense 8.250.884 —expedida el 28 de agosto de 2012 to Gavin et al. y titulada “Rotary Fiberizer”—.

20 Las fibras producidas por diferentes procedimientos pueden tener características físicas diferentes. Por ejemplo, el estirado a la llama usado en el procedimiento de crisol y canicas puede hacer que las fibras creadas con el procedimiento de crisol y canicas tengan una química superficial diferente con respecto a las fibras creadas usando el trefilado rotatorio, y la longitud típica de las fibras puede ser diferentes entre estos dos procedimientos.

25 Un fieltro de fibra de vidrio según realizaciones de la invención puede incluir otros materiales, además de las fibras de vidrio; por ejemplo, fibras adicionales hechas de celulosa, un polímero u otro material, o una combinación de materiales. Ejemplos de fibras poliméricas que pueden usarse incluyen tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), polietileno (PE) o combinaciones de estos, u otros materiales o combinaciones de materiales.

30 El fieltro no tejido de fibra puede incluir fibras en grupos que tienen diferentes diámetros medios. Por ejemplo, el fieltro de fibras puede incluir microfibras de vidrio que tengan un diámetro medio de medios de 5 micrómetros, y puede incluir otro grupo de fibras fabricadas de vidrio u otros materiales y que tengan un diámetro medio de más de 6 micrómetros. En algunas realizaciones, el segundo grupo de fibras puede estar formado de vidrio resistente al ácido y tener un diámetro medio entre 6 y 30 micrómetros, y puede estar cortado a una longitud de 5 a 40 milímetros. También son posibles otras combinaciones, por ejemplo, para lograr ciertos parámetros de rendimiento mecánico. Por “grupos”, se quiere decir que los grupos tienen diferentes diámetros medios previstos, logrados, por ejemplo, por diferentes procedimientos de fabricación. No se considera que porciones diferentes de la distribución de tamaños de una sola clase de fibras sean “grupos” de fibras separados.

35 Si es necesario, puede usarse un aglutinante resistente al ácido para aglutinar el fieltro no tejido de fibra. Un aglutinante resistente al ácido tiene habitualmente la forma de una emulsión o una solución. Ejemplos de aglutinantes resistentes al ácido disponibles incluyen RHOPLEX™ HA-16 —disponible en la Dow Chemical Company—, Hycar® 26-0688 —

disponible en Lubrizol Advanced Materials, Inc.—, y PLEXTOL® M 630 — disponible en Synthomer Deutschland GmbH—. También pueden ser apropiados aglutinantes basados en otras composiciones químicas. El procedimiento de ensayo de resistencia al ácido se describe en BCIS-038 (capítulo 23) Rev. MAR-2010 del BCI Battery Technical Manual publicado por Battery Council International. Se usa ácido sulfúrico (peso específico 1,280+/-0,002 a 25°C); remojo en este ácido en ebullición durante 3 horas. El peso específico anteriormente mencionado de 1,28 a 25°C corresponde a aproximadamente un 38% en peso a 25°C). Resistencia al ácido quiere decir que en tal ensayo desaparece o se disuelve un 5% en peso o menos del aglutinante.

Aunque es preferible que se cree un fieltro no tejido de fibra que implemente la invención usando el procedimiento de tendido en mojado, este no es un requisito. Los fieltros que implementan la invención pueden ser creados en máquinas papeleras especializadas o por otros medios adecuados.

En un fieltro no tejido de fibra pueden incluirse otros aditivos o componentes según realizaciones de la invención; por ejemplo carbono, sílice, humectantes u otros aditivos.

Ejemplos 1-4: Composiciones de vidrio

La Tabla 1, a continuación, da cuatro ejemplos de composiciones de vidrio según realizaciones de la invención, junto con sus parámetros de rendimiento.

Tabla 1: Composiciones ejemplares de vidrio y parámetros de rendimiento

Componente/Parámetro	Ejemplo 1 % molar	Ejemplo 2 % molar	Ejemplo 3 % molar	Ejemplo 4 % molar	Intervalo preferido	Intervalo más preferido
SiO ₂	66,42	67,12	67,44	67,07		
Al ₂ O ₃	1,45	1,45	1,50	1,48		
Fe ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,02		
TiO ₂	0,08	0,08	0,08	0,08		
B ₂ O ₃	5,96	6,85	7,10	5,56		
Na ₂ O	14,74	14,91	14,47	15,24		
K ₂ O	0,33	0,33	0,34	0,34		
R20 (Na ₂ O+K ₂ O)	15,08	15,24	14,81	15,58		
CaO	5,71	4,83	4,78	5,35		
MgO	4,81	3,93	3,77	4,32		
RO (CaO+MgO)	10,52	8,77	8,54	9,67		
F ₂	0,95	0,94	1,04	1,08		
HTV °C	1065,6	1066,1	1066,1	1065,6	1076,67	
Fusión °C	825	814,4	782,2	782,2	871,1	815,56
Delta T °C	222,8	233,9	266,1	265,6	176,67	232,22
Índice de durabilidad en ácido	2,01	2,08	2,11	2,08	≥1,95	≥2,05
Índice de durabilidad en agua blanca	1,85	1,86	1,88	1,93	≥1,85	≥1,90
Índice de biosolubilidad	1,94	1,93	1,99	2,04	≤2,20	≤2,10

Ejemplo 5: Composición de vidrio

Se prepararon barras de vidrio usando un crisol eléctrico a partir de las siguientes materias primas: sílice, ácido bórico, óxido de aluminio, carbonato sódico, carbonato potásico, carbonato cálcico, carbonato de magnesio, fluoruro de aluminio y fluoruro de calcio. Las barras de vidrio tenían forma cilíndrica y tenían aproximadamente 1,91 cm de diámetro y longitudes que oscilaban entre 0,64 cm y 3,18 cm. La Tabla 2 muestra la composición diana y los parámetros de rendimiento del vidrio preparado.

Se espera que el vidrio del Ejemplo 5 sea biosoluble, y que tenga un índice de biosolubilidad de 2,05. La viscosidad a alta temperatura y la temperatura de fusión indican que este vidrio es adecuado para el procedimiento de trefilado por crisol y canicas.

Tabla 2: Composición de vidrio y parámetros de rendimiento

Componente (% molar)/Parámetro	Ejemplo 5
SiO ₂	66,87
Al ₂ O ₃	1,48
B ₂ O ₃	5,53
Na ₂ O	15,17
K ₂ O	0,33
CaO	5,54
MgO	3,99
F ₂	1,08
HTV °C (10 ³ Poise)	1065,6°C
Fusión °C	832,2°C
Delta T °C	215,6°C
Índice de durabilidad en ácido	2,09
Índice de durabilidad en agua blanca	1,93
Índice de biosolubilidad	2,05

La composición de las barras de vidrio descritas en el Ejemplo 5 fue verificada usando fluorescencia de rayos X. La Tabla 3 muestra la composición química determinada para tres muestras diferentes de vidrio del Ejemplo 5.

5

Tabla 3: Composición química medida de muestras de barras de vidrio

Componente (% molar)	Ejemplo 5. Muestra 1	Ejemplo 5. Muestra 2	Ejemplo 5. Muestra 3
SiO ₂	66,74	66,94	66,85
Al ₂ O ₃	1,50	1,46	1,56
B ₂ O ₃	5,32	5,30	5,31
Na ₂ O	15,30	15,17	15,13
K ₂ O	0,34	0,33	0,34
CaO	5,46	5,51	5,49
MgO	4,26	4,27	4,26
F ₂	1,08	1,01	1,06

Ejemplo 6: Microfibras

Las barras de vidrio descritas en el Ejemplo 5 fueron trefiladas en un procedimiento de crisol y canicas. Las barras fueron fundidas de nuevo en un crisol y se produjeron microfibras de vidrio mediante estirado a la llama de fibras primarias (50 µm a 500 µm de diámetro) traccionadas del crisol a través de un boquilla con orificios en el fondo. Usando el mismo procedimiento, se produjeron microfibras de vidrio a partir de dos vidrios de Johns Manville disponibles comercialmente descritas en términos de composición y parámetros de rendimiento en la Tabla 4. El vidrio del Ejemplo C1 es resistente al ácido y resistente a la humedad, pero tiene menor biosolubilidad (índice de biosolubilidad superior a 2,20). El vidrio del Ejemplo C2 tiene una resistencia al ácido muy buena y es biosoluble, pero tiene menor resistencia a la humedad, reflejada en un menor índice de durabilidad en agua blanca de 1,83. Dado que la resistencia a la humedad es crítica para procesar productos de fibra de vidrio creando fieltros no tejidos, las microfibras de vidrio del Ejemplo C2 no son adecuadas para aplicaciones de fieltros no tejidos de vidrio, a pesar de su excelente rendimiento en entornos ácidos.

Tabla 4: Composición y parámetros de rendimiento de vidrios comparativos trefilados en el procedimiento de crisol y canicas

Componente (% molar)/Parámetro	Ejemplo C1	Ejemplo C2
SiO ₂	65,51	67,13
Al ₂ O ₃	1,77	1,04
B ₂ O ₃	4,58	6,09
Na ₂ O	15,80	15,63
K ₂ O	0,40	0,32
CaO	6,27	4,97
MgO	4,10	4,81
F ₂	1,58	0,00
HTV °C (10 ³ Poise)	1054,44	1060
Fusión °C	837,8	804,4
Delta T °C	198,9	237,8
Índice de durabilidad en ácido	1,99	2,04
Índice de durabilidad en agua blanca	1,93	1,83
Índice de biosolubilidad	2,47	1,37

El diámetro de las fibras de vidrio producidas en el procedimiento de crisol y canicas se determinó en el método de ensayo en una superficie de Brunauer-Emmett-Teller (BET) usando un analizador de superficies Gemini VII 2390 fabricado por Micromeritics (Norcross, Georgia), usando nitrógeno. Para trefilar adicionalmente las microfibras de vidrio producidas, se prepararon hojas de prueba de aproximadamente 20,32 cm por 20,32 cm mezclando microfibras de vidrio con agua ácida (pH 2,0 a 3,0), mezclando en una mezcladora comercial de laboratorio de dos velocidades Waring™ modelo HG82WTG4 con un tarro de vidrio de un litro, verter la mezcla en un molde y filtrar a través de un cedazo de formación de 22,86 cm por 22,86 cm de tamiz 100. Las hojas de prueba se secaron en un horno entre 100°C y 150°C, hasta que se eliminó toda el agua. Para las mediciones de la caída de presión a través de las hojas de prueba, se usaron 2,1g de microfibra de vidrio por hoja de prueba; se añadió ácido sulfúrico 1,0 N al agua, por lo que el pH estuvo entre 2,8 y 3,2, y el tiempo de mezclado fue de 60 segundos. Para la medición de las propiedades de tracción, se usaron 5 g de microfibra de vidrio por hoja de prueba, y se añadió ácido sulfúrico 1,8N, por lo que el pH de la mezcla estuvo entre 2,0 y 2,2. La mezcla se mezcló durante 30 segundos a baja velocidad y durante 60 segundos adicionales a alta velocidad, tras un procedimiento interno de Johns Manville. Las mediciones de la caída de presión se realizaron tras un procedimiento interno de Johns Manville a un caudal de aire de 32 litros por minuto, registrando la caída de presión en pascales. La fuerza de tracción y el alargamiento en el punto de rotura se midieron tras un procedimiento interno de Johns Manville usando una máquina de ensayos Instron, y documentando la fuerza de tracción como la carga (en newtons) requerida para romper una tira de 2,54 cm por 15,24 cm cortada de la hoja de prueba.

La Tabla 5 muestra los resultados de la caracterización de microfibras de vidrio producidas usando el procedimiento de crisol y canicas. Cada resultado documentado representa la media de cinco mediciones. Los resultados muestran que el vidrio descrito en el Ejemplo 5 es procesable en microfibras de vidrio comparables con microfibras de vidrio producidas para productos disponibles comercialmente.

Tabla 5: Características de las microfibras de vidrio preparadas en el procedimiento de crisol y canicas

Características de la microfibras de vidrio	Ejemplo 5	Ejemplo C1	Ejemplo C2
Diámetro de las fibras BET (µm)	0,672	0,673	0,724
Caída de presión de las hojas de prueba (Pa)	161,32	135,63	140,24
Carga de tracción de las hojas de prueba (N)	17,75	16,28	20,82
Alargamiento de las hojas de prueba (%)	1,37	1,44	1,17

La durabilidad química de las microfibras de vidrio descritas en el Ejemplo 5 y en los Ejemplos comparativos C1 y C2 fue evaluada en ensayos de disolución estática. Se colocaron fibras de cada tipo en un medio ácido (pH=2) y en un medio neutro (pH=7), y se las mantuvo a una temperatura de 40°C durante siete días. En cada caso, la cantidad de fibra fue de aproximadamente 3 g y la cantidad de solución fue 500 ml. Se extrajeron muestras de la solución a intervalos regulares para analizar la lixiviación de los componentes del vidrio en la solución. Se sometieron a ensayo,

a cada pH, dos muestras de cada tipo de microfibra de vidrio. Al fin de los siete días, la fibra se secó y se pesó para determinar la pérdida de masa.

La Tabla 6 muestra la pérdida de masa medida para las microfibras de vidrio en ensayos de disolución estática. La FIG. 4 y la FIG. 5 muestran la pérdida media normalizada de masa para cada tipo de microfibra de vidrio a pH=7 y pH=2, respectivamente. Las microfibras de vidrio del Ejemplo 5 tienen una excelente durabilidad en un entorno ácido y son similares en este sentido a las microfibras de vidrio de los Ejemplos comparativos C1 y C2, que son conocidos por su resistencia al ácido. A un pH neutro, las muestras de microfibras de vidrio del Ejemplo 5 pierden un 50% menos de masa que las microfibras de vidrio del Ejemplo comparativo C2, de las que se sabe que tienen baja resistencia al agua, y son comparables en términos de pérdida de masa a las microfibras de vidrio del Ejemplo C1, que tienen excelente resistencia al agua.

Tabla 6: Durabilidad química de las microfibras de vidrio

Microfibra de vidrio	Diámetro de la fibra (μm)	Pérdida de masa a pH=2 (g/m ²)	Pérdida de masa a pH=7 (g/m ²)
Ejemplo 5	0,672	0,0157	0,0243
Ejemplo 5	0,672	0,0160	0,0244
Ejemplo C1	0,673	0,0182	0,0211
Ejemplo C1	0,673	0,0176	0,0191
Ejemplo C2	0,724	0,0137	0,0452
Ejemplo C2	0,724	0,0146	0,0468

Ejemplo 7: Filtro de fibra de vidrio

Se crearon muestras de filtro no tejido de vidrio con una máquina de tendido en mojado. Se usó agua de proceso con un pH superior a 5. El gramaje diana para los filtros no tejidos de vidrio fue 53,70 g/m² y la pérdida diana por calcinación (LOI) fue el 20%. La LOI (pérdida por calcinación) es determinada según ASTM D7348 - 13. Standard Test Methods for Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues, ASTM International, West Conshohocken, Pensilvania, 2013, www.astm.org. Todos los filtros contenían el mismo aglutinante orgánico y una combinación de fibras de vidrio de Johns Manville de tipo K249T (diámetro nominal de la fibra de aproximadamente 13 μm y una longitud de 1,91 cm) y microfibra de vidrio. Se prepararon filtros que contenían microfibras de vidrio del Ejemplo 5, del Ejemplo C1 y del Ejemplo C2. Solo se incorporó un tipo de microfibra de vidrio en cada filtro y la proporción entre la fibra de vidrio K249T y la microfibra de vidrio fue 70/30 (proporción en peso) en cada filtro. Los filtros se tendieron sobre una correa de cadena fina y el aglutinante fue endurecido en un horno.

La Tabla 7 describe la composición, el gramaje y la LOI de los filtros no tejidos producidos.

Tabla 7: Propiedades de filtros no tejidos de vidrio que incorporan diferentes microfibras de vidrio

Microfibra de vidrio	Gramaje g/m ²	LOI (%)	Grosor mm	Permeabilidad al aire l/cm ² -min
Ejemplo 5	55,17	19	0,43	2,975
Ejemplo 5	55,65	19	0,46	0,055
Ejemplo 5	54,68	20	0,43	2,607
Ejemplo 5	54,19	20	0,43	1,932
Ejemplo C1	52,24	22	0,43	2,393
Ejemplo C1	52,73	20	0,43	3,589
Ejemplo C1	55,65	22	0,41	4,233
Ejemplo C1	52,73	21	0,43	3,558
Ejemplo C2	53,21	20	0,43	1,902
Ejemplo C2	58,10	19	0,46	2,699

La permeabilidad al aire se midió según el método estándar D737 de ASTM usando una máquina de ensayo de permeabilidad al aire TEXTTEST modelo FX 3300 fabricada por ATI Corporation (Greer, Carolina del Sur). Este ensayo se realizó habitualmente a una presión diferencial de aproximadamente 125 Pa. ASTM D737-04(2016), Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics, ASTM International, West Conshohocken, Pensilvania, 2016, www.astm.org. El grosor se midió con un calibre a una presión de 1,7 kPa usando el método BCI.

La fuerza del efecto mecha por longitud o elevación capilar se determinó según ISO8787:1986 ("Paper and board - Determination of capillary rise - Klemm method" (1986-08-28), siendo el medio del efecto mecha ácido sulfúrico al 40% en peso en lugar de agua (10 minutos de exposición). La **FIG. 6** muestra la longitud de la acción capilar para el ácido sulfúrico en fieltros de fibra de vidrio que contienen las microfibras de vidrio descritas en el Ejemplo 5 y en los Ejemplos comparativos C1 y C2. La longitud de la acción capilar se midió después de dos, cinco y diez minutos, respectivamente. El comportamiento de la acción capilar de los fieltros que contienen la microfibra de vidrio descrita en el Ejemplo 5 es similar a la de los fieltros que contienen ambos tipos de microfibras de vidrio resistente al ácido (Ejemplos C1 y C2). Los resultados muestran que el vidrio descrito en el Ejemplo 5 tiene buena procesabilidad en diseños de fieltros de fibra de vidrio como los usados para aplicaciones de baterías.

Aunque se han descrito fieltros según realizaciones de la invención en el contexto de baterías de plomo-ácido, se reconocerá que los fieltros y las composiciones de vidrio que implementan la invención también pueden ser usados en otras aplicaciones. Las composiciones de vidrio descritas en la presente memoria pueden tener un coste menor que composiciones de vidrio biosoluble anteriores adecuadas para la formación de microfibras, en parte debido al menor coste total de los componentes básicos de las presentes realizaciones. Por ejemplo, las realizaciones de la invención tienen un menor contenido en B_2O_3 que, por ejemplo, las composiciones biosolubles de vidrio descritas en la patente estadounidense 6.656.861.

Además del rendimiento de las vidrios que implementan la invención, su menor coste puede hacerlos atractivos para muchas aplicaciones, incluyendo aplicaciones que no requieren resistencia a ácidos.

Por ejemplo, las cargas filtrantes pueden usar microfibras, solas o en combinación con fibras mayores, para un filtrado eficaz de gases o líquidos. En algunas realizaciones, una carga filtrante incluye un fieltro no tejido que incluye fibras de vidrio fabricadas a partir de las composiciones de vidrio descritas y reivindicadas en el presente documento. La patente estadounidense nº 7.993.427, expedida el 9 de agosto de 2011 a Hassmann et al., da detalles adicionales de la construcción de cargas filtrantes fibrosas.

En otro ejemplo, pueden incluirse microfibras según realizaciones de la invención en un fieltro de fibra para impartir lisura u otras características superficiales al fieltro de fibra. En la publicación de solicitud de patente estadounidense nº 2013/0178216 de Bennett, publicada el 11 de julio de 2013, se describe con mayor detalle un ejemplo del uso de microfibras para proporcionar una superficie lisa.

Además, también pueden usarse fieltros de fibra y composiciones de vidrio según realizaciones de la invención en otras aplicaciones; por ejemplo, aislamiento, protección contra incendios u otras aplicaciones.

Habiéndose descrito varias realizaciones, los expertos en la técnica reconocerán que pueden efectuarse diversas modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin apartarse del espíritu de la invención. Además, varios procesos y elementos muy conocidos no se han descrito para evitar ofuscar innecesariamente la presente invención. En consecuencia, no debería interpretarse que la anterior descripción limite el alcance de la invención.

Cuando se proporciona un intervalo de valores, se entiende que cada valor intermedio, hasta la décima de la unidad del límite inferior, a no ser que el contexto dicte claramente algo distinto, entre los límites superior e inferior de ese intervalo, también está divulgado específicamente. Está abarcado cada intervalo menor entre cualquier valor declarado o valor intermedio en el intervalo declarado y cualquier otro valor declarado o intermedio en ese intervalo declarado. Los límites superior e inferior de estos intervalos menores pueden estar incluidos o excluidos independientemente en el intervalo, y cada intervalo en el que cualquiera de los dos, ninguno de los dos o ambos límites estén incluidos en los intervalos menores también está abarcado dentro de la invención, sujeto a cualquier límite específicamente excluido en la intervalo declarado. Cuando el intervalo declarado incluye uno o ambos límites, los intervalos que excluyen cualquiera de los dos o ambos de estos límites incluidos también están incluidos.

Según se usan en la presente memoria y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una", "el" y "la" incluyen referentes plurales, a no ser que el contexto dicte claramente algo distinto. Así, por ejemplo, la referencia a "un procedimiento" incluye varios procedimientos de ese tipo, y la referencia a "el dispositivo" incluye la referencia a uno o más dispositivos o a equivalentes de los mismos conocidos para los expertos en la técnica, etcétera.

Además, se pretende que las palabras "comprender", "comprendiendo", "incluir", "incluyendo", e "incluye", cuando se usan en esta memoria y en las reivindicaciones siguientes, especifiquen la presencia de componentes, características, números enteros, o etapas declarados, pero no excluyen la presencia o la adición de uno o más componentes, características, números enteros, etapas, acciones o grupos adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de vidrio que consiste esencialmente en:

5 64,5 - 69,5% molar de SiO_2 ;
 0,5 - 1,7% molar de Al_2O_3 ;
 5,0 - 7,5% molar de B_2O_3 ;
 14,0 - 17,0% molar de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$;
 0,5 - 1,5% molar de F; y
 7,5 - 12% molar de $\text{CaO} + \text{MgO}$;

teniendo la composición de vidrio

- 10 un índice de durabilidad en ácido de al menos 1,95, expresándose dicho índice de durabilidad en ácido por la fórmula

$$\frac{[\text{SiO}_2]}{[\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en la que

$[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio,
 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,
 $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y
 $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio,

un índice de durabilidad en agua blanca de al menos 1,85, expresándose dicho índice de durabilidad en agua blanca por la fórmula

$$\frac{[\text{SiO}_2] + 2 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

- 15 en la que

$[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio,
 $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio,
 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,
 $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y
 $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio,

y un índice de biosolubilidad de no más de 2,20, expresándose dicho índice de biosolubilidad por la fórmula

$$\frac{50 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en la que

$[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio,
 $[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,
 $[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y
 $[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio.

2. Una composición de vidrio que consiste esencialmente en:

20 66,5 - 69,5% molar de SiO_2 ;
 0,5 - 1,7% molar de Al_2O_3 ;
 0,01 - 0,25% molar de Fe_2O_3 ;
 0,05 - 0,30% molar de TiO_2 ;
 5,0 - 7,5% molar de B_2O_3 ;
 14,5 - 17,0% molar de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; y

7,5 - 12% molar de CaO+ MgO;

teniendo la composición de vidrio

un índice de durabilidad en ácido de al menos 1,95, expresándose dicho índice de durabilidad en ácido por la fórmula

$$\frac{[\text{SiO}_2]}{[\text{Al}_2\text{O}_3] + [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

5 en la que

$[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio,

$[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,

$[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y

$[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio,

un índice de durabilidad en agua blanca de al menos 1,85, expresándose dicho índice de durabilidad en agua blanca por la fórmula

$$\frac{[\text{SiO}_2] + 2 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

en la que

$[\text{SiO}_2]$ es el porcentaje molar de SiO_2 en la composición de vidrio,

$[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio,

$[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,

$[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y

$[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio,

y un índice de biosolubilidad de no más de 2,20, expresándose dicho índice de biosolubilidad por la fórmula

$$\frac{50 \times [\text{Al}_2\text{O}_3]}{2 \times [\text{B}_2\text{O}_3] + [\text{R}_2\text{O}] + [\text{RO}]},$$

10 en la que

$[\text{Al}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de Al_2O_3 en la composición de vidrio,

$[\text{B}_2\text{O}_3]$ es el porcentaje molar de B_2O_3 en la composición de vidrio,

$[\text{R}_2\text{O}]$ es la suma de los porcentajes molares de Na_2O y K_2O en la composición de vidrio, y

$[\text{RO}]$ es la suma de los porcentajes molares de CaO y MgO en la composición de vidrio.

3. La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1, teniendo la composición de vidrio una Delta T de al menos 176,67°C, teniendo preferiblemente la composición de vidrio una Delta T de al menos 232,22°C.

4. La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1 o 3, teniendo la composición de vidrio una temperatura de fusión de no más de 871,11°C, una HTV de no más de 1076,67°C, y una Delta T de al menos 232,22°C.

15 5. La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1, 3 o 4 en la que:

el porcentaje molar de Na_2O se encuentra entre 14,25 y 16,75; y
el porcentaje molar de K_2O se encuentra entre 0,25 y 0,45.

6. La composición de vidrio reivindicada en las reivindicaciones 1 y 3 a 5 en la que:

el porcentaje molar de CaO se encuentra entre 4,50 y 6,0; y
el porcentaje molar de MgO se encuentra entre 3,75 y 5,0.

20

7. La composición de vidrio reivindicada en las reivindicaciones 1 y 3 a 6 en la que:

el porcentaje molar de Na_2O se encuentra entre 14,25 y 16,75;
 el porcentaje molar de K_2O se encuentra entre 0,25 y 0,45;
 el porcentaje molar de CaO se encuentra entre 4,50 y 6,0; y
 el porcentaje molar de MgO se encuentra entre 3,75 y 5,0.

- 5 **8.** La composición de vidrio reivindicada en las reivindicaciones 1 y 3 a 7 en la que el porcentaje molar de F se encuentra entre 0,8 y 1,2.
- 9.** La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1 o 2, teniendo la composición de vidrio una temperatura de fusión de no más de 871,11°C y una HTV de no más de 1076,67°C.
- 10 **10.** La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1 o 2, teniendo la composición de vidrio un índice de durabilidad en ácido de al menos 2,05, un índice de durabilidad en agua blanca de al menos 1,90, y un índice de biosolubilidad de no más de 2,10.
- 11.** La composición de vidrio reivindicada en la reivindicación 1 o 2, teniendo la composición de vidrio una temperatura de fusión de no más de 815,56°C.
- 15 **12.** Un fieltro no tejido de fibra que comprende fibras fabricadas de la composición de vidrio reivindicada en las reivindicaciones 1 a 11.
- 13.** El fieltro no tejido de fibra reivindicado en la reivindicación 12, comprendiendo el fieltro no tejido de fibra fibras que tienen un diámetro de menos de 5 micrómetros.
- 14.** El fieltro no tejido de fibra reivindicado en la reivindicación 12 o 13 que, además, comprende fibras adicionales fabricadas de un material o de materiales distintos de la composición de vidrio de la reivindicación 1, comprendiendo
20 preferiblemente las fibras fabricadas del material o de los materiales distintos de la composición de vidrio de la reivindicación 1 fibras celulósicas, fibras poliméricas o fibras tanto celulósicas como poliméricas.
- 15.** El fieltro no tejido de fibra reivindicado en las reivindicaciones 11 a 14, incluyendo el fieltro no tejido de fibra fibras en grupos que tienen diámetros medios diferentes.
- 16.** Una carga filtrante que comprende el fieltro no tejido de fibra reivindicado en las reivindicaciones 12 a 15.
- 25 **17.** Una batería que comprende:
 - (i) al menos dos electrodos y un electrolito; y
 - (ii) un fieltro no tejido de fibra de vidrio dentro de la batería, comprendiendo el fieltro no tejido de fibra de vidrio microfibras de vidrio que tienen un diámetro entre 0,2 y 5,0 micrómetros, estando fabricadas las microfibras de vidrio de la composición de vidrio reivindicada en las reivindicaciones 1 a 11.
- 30 **18.** La batería reivindicada en la reivindicación 17, comprendiendo la batería un separador de batería que incluye el fieltro no tejido de fibra de vidrio y/o un material adhesivo que incluye el fieltro no tejido de fibra de vidrio, siendo la batería, preferiblemente, una batería de plomo-ácido.
- 19.** La batería reivindicada en la reivindicación 17, siendo la batería una batería de plomo-ácido que comprende un
35 fieltro de fibra de vidrio absorbente (AGM), incluyendo el fieltro de fibra de vidrio absorbente el fieltro no tejido de fibra de vidrio.
- 20.** La batería reivindicada en las reivindicaciones 17 a 19 en la que las microfibras de vidrio están comprendidas en un primer grupo de fibras, y en la que el fieltro no tejido de vidrio comprende, además, un segundo grupo de fibras fabricadas de vidrio u otros materiales y que tienen un diámetro medio de más de 6 micrómetros.
- 40 **21.** Una batería de plomo-ácido que comprende el fieltro no tejido de fibra reivindicado en las reivindicaciones 12 a 15, usándose preferiblemente el fieltro no tejido de fibra como separador de batería o como material adhesivo o como fieltro de soporte del separador para un separador de membrana de polietileno o caucho.

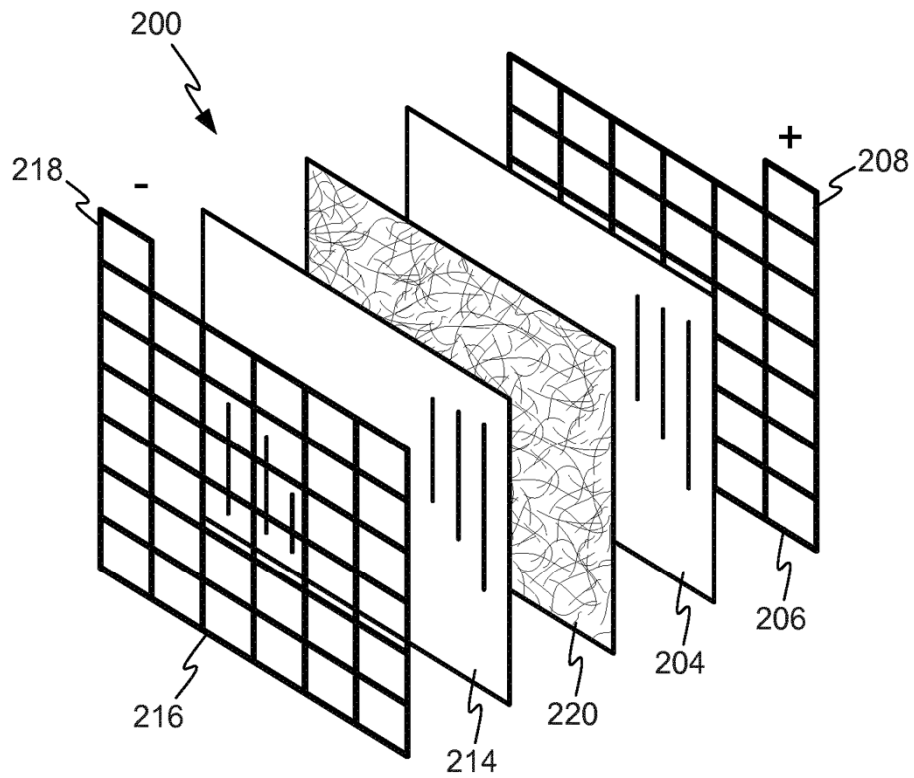


FIG. 1

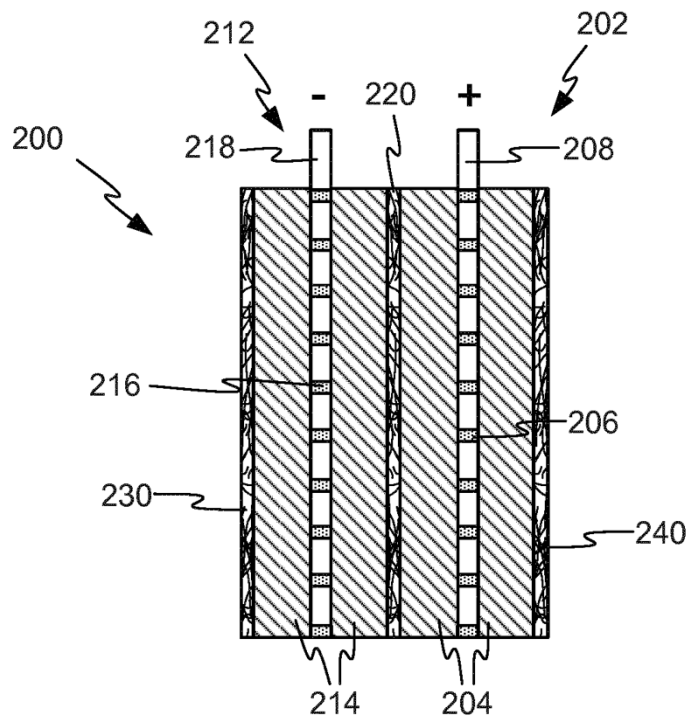


FIG. 2

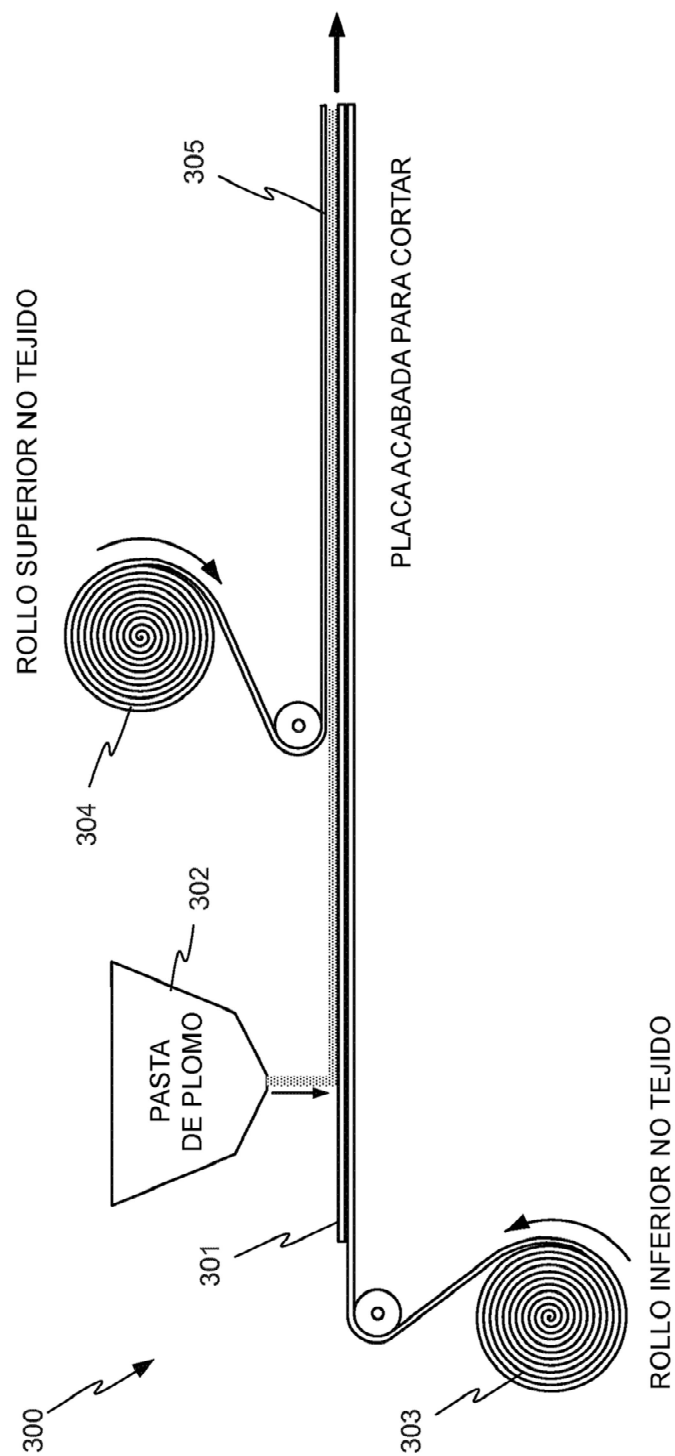
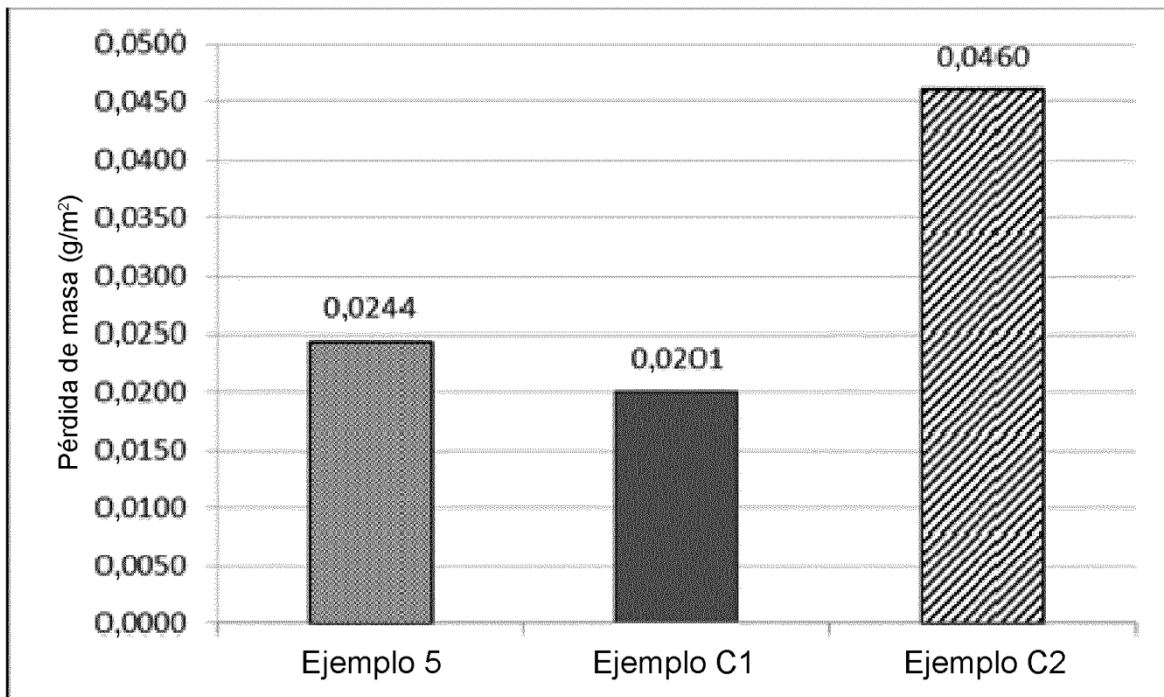
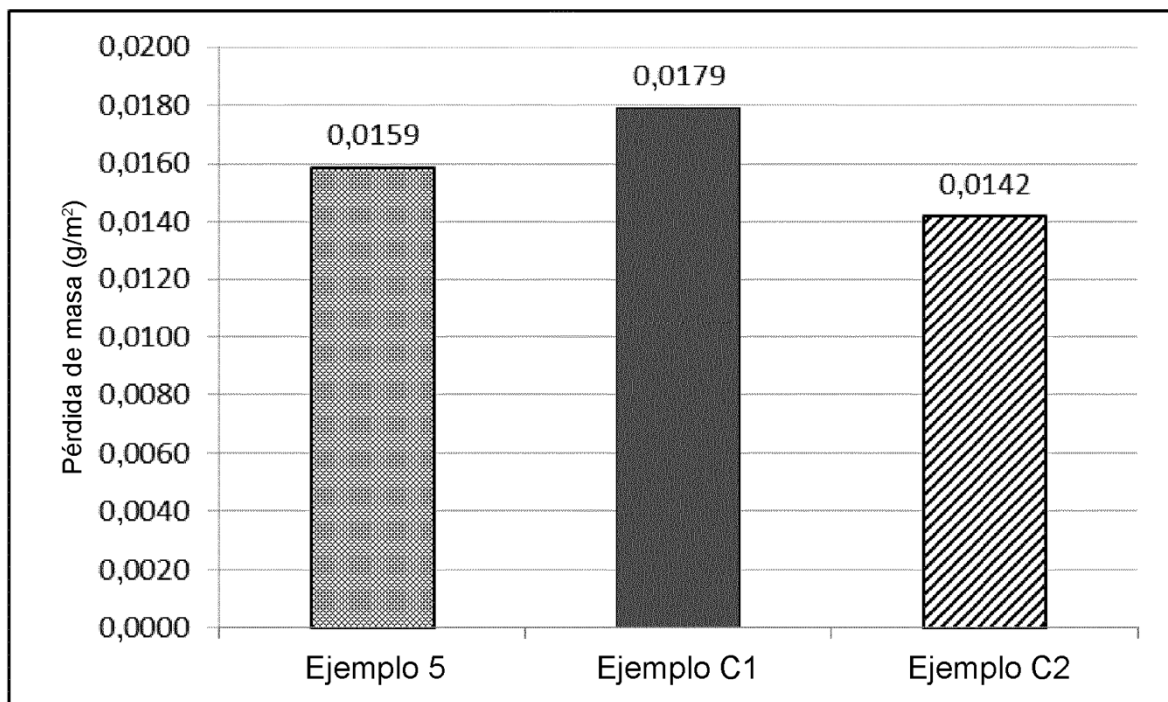


FIG. 3



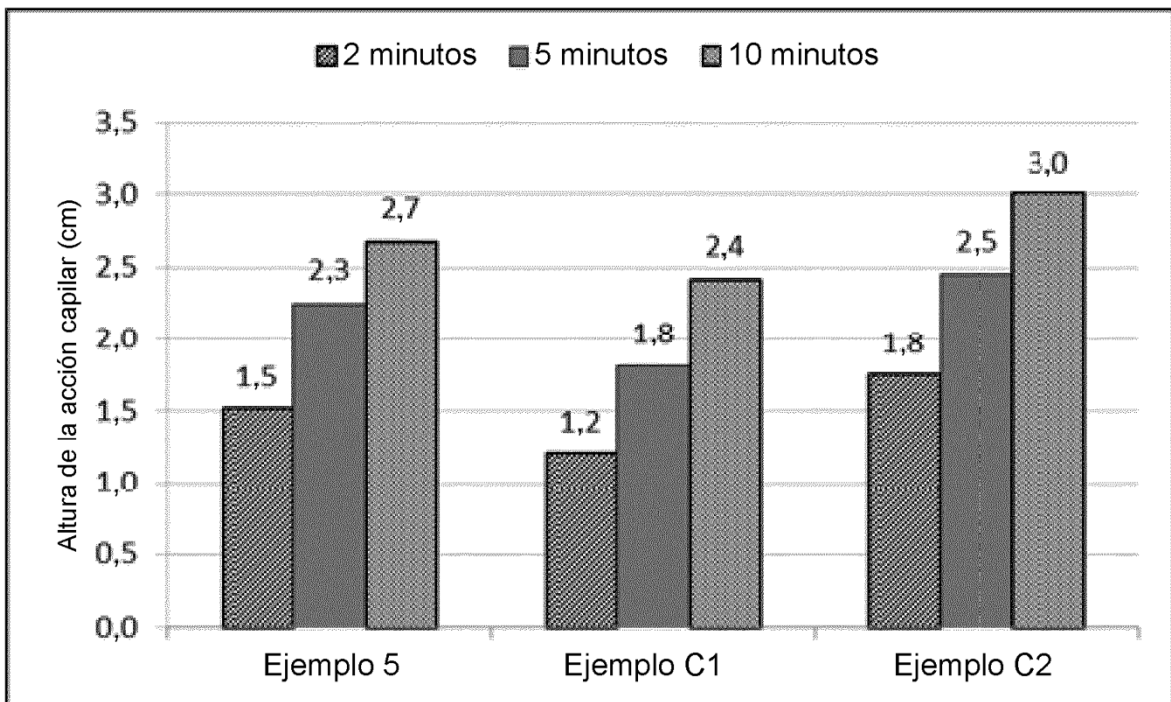
Pérdida media de masa de las microfibras de vidrio a pH=7

FIG. 4



Pérdida media de masa de las microfibras de vidrio a pH=2

FIG. 5



Longitud de la acción capilar del ácido sulfúrico para fieltros de fibra de vidrio que contienen diferentes microfibras de vidrio

FIG. 6