

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 285**

51 Int. Cl.:

E06B 3/663 (2006.01)

E06B 3/66 (2006.01)

C03C 27/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.07.2011 PCT/US2011/001290**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.04.2012 WO12047250**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2011 E 11746051 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 2625365**

54 Título: **Unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG) que incluye pilares de nanocompuesto y/o métodos de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

08.10.2010 US 923839

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

26.03.2021

73 Titular/es:

**GUARDIAN GLASS, LLC (100.0%)
2300 Harmon Road
Auburn Hills MI 48326, US**

72 Inventor/es:

VEERASAMY, VIJAYEN, S.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 814 285 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

Unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG) que incluye pilares de nanocompuesto y/o métodos de fabricación de la misma

5

Campo de la invención

Determinadas realizaciones ilustrativas de esta invención se refieren a pilares utilizados en unidades de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG). Más especialmente, determinadas realizaciones ilustrativas de esta invención se refieren a disposiciones de pilares compuestos para unidades de VIG que incluyen materiales más duros y más blandos, estando dispuestos estos últimos en el exterior o las extremidades del material central del pilar. En determinadas realizaciones ilustrativas, unas láminas minerales con una relación dimensional grande están separadas por un “adhesivo” o polímero orgánico que, de forma ventajosa, al aplicarse alrededor de un pilar de alta resistencia, permiten obtener una resistencia superior en comparación con un sistema monolítico, p. ej., durante la presencia de cargas de viento, tensiones térmicas considerables y/o similares.

10

15

Antecedentes y sumario de realizaciones ilustrativas de la invención

Son conocidas en la técnica unidades de IG al vacío. Véanse por ejemplo, las patentes US-5.664.395, 5.657.607 y 5.902.652.

20

Las Figs. 1-2 ilustran una unidad de IG al vacío (unidad de IG al vacío o unidad de VIG). La unidad 1 de IG al vacío incluye dos sustratos 2 y 3 de vidrio separados que encierran un espacio 6 evacuado o de baja presión entre los mismos. Las láminas/sustratos 2 y 3 de vidrio están interconectados por un sello periférico o de borde de vidrio 4 de soldadura fundido y una matriz de pilares o separadores 5 de soporte.

25

Un tubo 8 de bombeo está sellado herméticamente mediante vidrio 9 de soldadura a una abertura u orificio 10 que pasa desde una superficie interior de la lámina 2 de vidrio hasta el fondo de una cavidad 11 en la cara exterior de la lámina 2. Se fija una fuente de vacío al tubo 8 de bombeo, de modo que la cavidad interior entre los sustratos 2 y 3 pueda evacuarse para crear un área o espacio 6 de baja presión. Tras la evacuación, el tubo 8 se funde para sellar el vacío. La cavidad 11 retiene el tubo sellado 8. De forma opcional, puede incluirse un “getter” químico 12 en la cavidad 13.

30

Las unidades convencionales de IG al vacío, con sus sellos 4 periféricos de vidrio de soldadura fundidos, se han fabricado como sigue. Inicialmente se deposita una frita de vidrio en una solución (en última instancia, para formar un sello 4 de borde de vidrio de soldadura) alrededor de la periferia del sustrato 2. El otro sustrato 3 se coloca sobre la parte superior del sustrato 2 para intercalar los separadores 5 y la solución/frita de vidrio entre los mismos. Todo el conjunto, incluyendo las láminas 2, 3, los separadores y el material de sellado, a continuación, se calienta a una temperatura de aproximadamente 500 °C, momento en el que la frita de vidrio se funde, humedece las superficies de las láminas 2, 3 de vidrio y, en última instancia, forma un sello 4 de borde, o periférico, hermético. Esta temperatura de aproximadamente 500 °C se mantiene aproximadamente de una a ocho horas. Tras la formación del sello 4 periférico/de borde y del sello alrededor del tubo 8, el conjunto se enfría a temperatura ambiente. Se señala que en la columna 2 de la patente US-5.664.395 se afirma que una temperatura de procesamiento de IG al vacío convencional es de aproximadamente 500 °C durante una hora. Los inventores de la patente US-5.664.395, Lenzen, Turner y Collins, afirman que “el proceso de sello de borde es actualmente bastante lento: de forma típica, la temperatura de la muestra se aumenta a 200 °C por hora y se mantiene durante una hora a un valor constante que oscila de 430 °C a 530 °C dependiendo de la composición del vidrio de soldadura”. Tras la formación del sello 4 de borde, se extrae un vacío a través del tubo para formar un espacio 6 de baja presión.

35

40

45

Desafortunadamente, las altas temperaturas y los tiempos de calentamiento prolongados mencionados anteriormente de todo el conjunto utilizados en la formulación del sello 4 de borde son indeseables, especialmente cuando se desea utilizar un sustrato o sustratos 2, 3 de vidrio fortalecido o templado en la unidad de IG al vacío. Como se muestra en las Figs. 3-4, el vidrio templado pierde resistencia de templado al exponerse a altas temperaturas en función del tiempo de calentamiento. Además, dichas altas temperaturas de procesamiento pueden afectar adversamente a ciertos recubrimientos de baja emisividad, que pueden aplicarse a uno o ambos sustratos de vidrio en determinados casos.

50

55

La Fig. 3 es un gráfico que ilustra cómo un vidrio en forma de placa templado térmicamente en su totalidad pierde su templado original con su exposición a diferentes temperaturas durante diferentes periodos de tiempo, en donde la tensión de tensión central original es 1.260 MU por cm. El eje x en la Fig. 3 representa de forma exponencial el tiempo en horas (de 1 a 1.000 horas), mientras que el eje y indica el porcentaje de resistencia de templado original que queda después de la exposición al calor. La Fig. 4 es un gráfico similar a la Fig. 3, salvo que el eje x en la Fig. 4 se extiende de cero a una hora de forma exponencial.

60

En la Fig. 3 se ilustran siete curvas distintas, indicando cada una de ellas una exposición a temperatura distinta en grados Fahrenheit (°F). Las diferentes curvas/líneas son 204 °C (400 °F, a través de la parte superior del gráfico de

65

la Fig. 3), 260 °C (500 °F), 316 °C (600 °F), 371 °C (700 °F), 428 °C (800 °F), 482 °C (900 °F) y 510 °C (950 °F) (la curva inferior del gráfico de la Fig. 3). Una temperatura de 900 °F equivale a aproximadamente 482 °C, que está dentro del intervalo utilizado para conformar el sello 4 periférico de vidrio de soldadura convencional mencionado anteriormente en las Figs. 1-2. Por lo tanto, es importante destacar la curva de 900 °F en la Fig. 3, indicada con el número 18 de referencia. Como se muestra, solo el 20 % de la resistencia de templado original permanece después de una hora a esta temperatura (900 °F o 482 °C). Dicha pérdida significativa (es decir, 80 % de pérdida) de resistencia de templado es, por supuesto, no deseable.

En las Figs. 3-4 se observa que se conserva una mucho mejor resistencia de templado en una lámina templada térmicamente cuando se calienta a una temperatura de 427 °C (aproximadamente 800 °F) durante una hora, a diferencia de a 482 °C (900 °F) durante una hora. Dicha lámina de vidrio retiene aproximadamente un 70 % de su resistencia inicial de templado después de una hora a 427 °C (800 °F), que es significativamente mejor que inferior al 20 % cuando está a 482 °C (900 °F) durante el mismo periodo de tiempo.

Otra ventaja asociada con no calentar toda la unidad durante demasiado tiempo es que pueden utilizarse entonces materiales de pilar de temperatura inferior. Esto puede ser o no deseable en algunos casos.

Incluso cuando se utilizan sustratos de vidrio no templados, las altas temperaturas aplicadas en todo el conjunto de VIG pueden ablandar el vidrio o introducir tensiones, y un calentamiento parcial puede introducir más tensión. Estas tensiones aumentan la probabilidad de deformación del vidrio y/o de ruptura.

Además, las unidades de VIG están sujetas a una carga estática y dinámica extremadamente grande, así como tensiones inducidas térmicamente durante su fabricación (p. ej., durante el bombeo y el procesamiento de sello térmico) y durante toda su vida útil (p. ej., durante cargas de viento o impactos mecánicos y térmicos). Los separadores de pilar utilizados para mantener mecánicamente el hueco entre los dos sustratos tienden a marcar las superficies de vidrio con las que están en contacto, creando así áreas marcadas a partir de las cuales pueden propagarse grietas y, por consiguiente, debilitar la estructura de vidrio. La región de vidrio justo encima del pilar sufre una tensión de compresión, mientras que la región periférica del pilar sufre una tensión de tracción. Se ha descubierto que, en un estado de tracción, el vidrio recocido se encuentra en su estado más débil, y se ha descubierto que cualquier defecto superficial o de volumen en la zona de tensión de tracción puede desarrollar grietas que pueden propagarse. La magnitud del componente de tensión de tracción aumenta con la separación entre pilares, y la probabilidad de formación de grietas y roturas catastróficas correspondientes aumenta una vez el campo de tensión está por encima de la resistencia del vidrio. El perfil o el contorno superficial del pilar está relacionado con la probabilidad de formación de cualquier tipo de grieta hertziana o en forma de moneda.

Una forma de mitigar el problema del agrietamiento por muescas (p. ej., al utilizar una separación entre pilares agresiva) es utilizar vidrio templado de modo que la capa superficial del vidrio esté en un estado de alta tensión de compresión que tienda a “eliminar” los componentes de tensión de tracción inducidos por los pilares de soporte. No obstante, desafortunadamente, el proceso de VIG tiene lugar a altas temperaturas e implica una duración del ciclo térmico que potencialmente puede destemplan el vidrio.

Por lo tanto, se entenderá que existe una necesidad en la técnica de hallar una solución a los problemas de, y asociados al agrietamiento por muescas y a los problemas asociados al mismo. También se entenderá que existe una necesidad en la técnica de unidades de VIG mejoradas y/o de métodos para fabricarlas. JP 2002 226238 A describe una unidad de aislamiento al vacío con todas las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Según la invención, se da a conocer una unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG) según se define en las reivindicaciones. Por lo tanto, se da a conocer una unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG). Un primer y un segundo sustratos de vidrio separados entre sí y sustancialmente paralelos definen un hueco entre los mismos. Se proporciona un sello de borde alrededor de una periferia del primer y segundo sustratos para formar un sello hermético. Se proporciona una pluralidad de pilares entre el primer y el segundo sustrato. Se proporciona un recubrimiento laminar alrededor de al menos una parte de los pilares a efectos de transmitir tensiones de cierre en el primer y/o segundo sustratos cerca de los pilares para compensar al menos parcialmente tensiones de tracción aplicadas también en el primer y/o segundo sustrato de vidrio. El hueco se proporciona a una presión inferior a la atmosférica. El recubrimiento laminar comprende: un recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero; o carbon nano-tubes (nanotubos de carbono - CNT).

Según la invención, se proporciona un método según las reivindicaciones. Por lo tanto, se proporciona un método para fabricar una unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG). Se proporciona un primer y segundo sustrato de vidrio. Se proporciona una pluralidad de pilares en el primer sustrato de vidrio. El primer y segundo sustrato se sellan entre sí (p. ej., utilizando al menos un sello de borde) de modo que el primer y segundo sustratos estén en una orientación sustancialmente paralela y separados entre sí y para definir un hueco entre los mismos. El hueco se evacúa hasta una presión inferior a la atmosférica. Se proporciona un recubrimiento laminar entre los pilares y el primer y/o segundo sustrato para compensar al menos parcialmente tensiones de tracción también aplicadas al primer y/o segundo sustrato de vidrio. El recubrimiento laminar comprende un recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero.

Las características, aspectos, ventajas y realizaciones ilustrativas descritas en la presente memoria pueden combinarse para realizar otras realizaciones adicionales.

5 Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas pueden comprenderse mejor y de forma más completa haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas junto con los dibujos, en los cuales:

- 10 la FIGURA 1 es una vista en sección transversal de la técnica anterior de una unidad convencional de IG al vacío;
- la FIGURA 2 es una vista en planta superior de la técnica anterior del sustrato inferior, sello de borde y separadores de la unidad de IG al vacío de la Fig. 1 tomada a lo largo de la línea de sección ilustrada en la Fig. 1;
- 15 la FIGURA 3 es un gráfico que relaciona el tiempo (horas) con el porcentaje de resistencia de templado restante, que ilustra la pérdida de resistencia de templado original para una lámina de vidrio templada térmicamente después de su exposición a distintas temperaturas durante distintos periodos de tiempo;
- 20 la FIGURA 4 es un gráfico que relaciona el tiempo con el porcentaje de resistencia de templado restante similar al de la Fig. 3, excepto por el hecho de que en el eje x se especifica un periodo de tiempo más corto;
- la FIGURA 5 es una vista en sección transversal de una unidad de VIG que incorpora un recubrimiento blando y laminar y un pilar duro según determinadas realizaciones ilustrativas;
- 25 la FIGURA 6 es una parte ampliada de la realización ilustrativa de la Fig. 5 que muestra las características de reducción de tensión de determinadas realizaciones ilustrativas;
- la FIGURA 7 es una vista esquemática que muestra las técnicas de optimización de resistencia ilustrativas de determinadas realizaciones ilustrativas;
- 30 la FIGURA 8 es una vista esquemática simplificada que muestra cómo es posible unir una lámina de mineral o inorgánica en una matriz orgánica según determinadas realizaciones ilustrativas;
- 35 la FIGURA 9 es una vista simplificada que muestra cómo la disposición en la Fig. 8 puede ser capaz de resistir tensiones de tracción y cizalladura según determinadas realizaciones ilustrativas; y
- la FIGURA 10 es un gráfico que muestra una relación normalizada entre rigidez y composición según determinadas realizaciones ilustrativas.

40 Descripción detallada de realizaciones ilustrativas de la invención

Se apreciará que, desde una perspectiva estructural, sería ventajoso proporcionar una unidad de VIG con una elevada rigidez y buen comportamiento de amortiguación cuando se somete a una carga dinámica. Además, sería ventajoso dotar a la unidad de VIG de un alto módulo de almacenamiento para disipar la energía. También es deseable un factor de amortiguación o pérdida elevado ($\tan \delta$) expresado como la relación entre el módulo de pérdida y el módulo de almacenamiento cuando se intenta evitar un fallo catastrófico de la unidad de VIG. Por lo tanto, determinadas realizaciones ilustrativas incorporan materiales de elevada T_g y/o polímeros resistentes al calor (tales como, por ejemplo, aramidas, siliconas, etc.) en disposiciones de compuesto para pilares. De forma alternativa o adicional, determinadas realizaciones ilustrativas pueden incorporar carbon nano-tubes (nanotubos de carbono - CNT) en disposiciones de pilar compuesto, en donde dichos CNT pueden estar orientados de tal modo que son generalmente perpendiculares o generalmente paralelos con respecto a las bases superior y/o inferior de los pilares.

Más especialmente, determinadas realizaciones ilustrativas se refieren a una disposición de pilar de compuesto que incluye materiales duros y más blandos, estando dispuestos estos últimos en el exterior o las extremidades del material central del pilar. En determinadas realizaciones ilustrativas, el pilar puede tener una forma sustancialmente de esferas, cilindros, toros, anillos en forma de C o cualquier otra forma adecuada, y puede ser o incluir cerámicas duras y de alta resistencia encapsuladas con un recubrimiento de nanocompuesto de componentes poliméricos, cerámicos y/o metálicos dispuestos en una estructura laminar, o incluyendo los mismos. Esta última composición proporciona dureza, ductilidad y viscoelasticidad. Los CNT que son generalmente perpendiculares o generalmente paralelos con respecto a las bases superior y/o inferior de los pilares también pueden utilizarse en determinadas realizaciones ilustrativas, ya que tienden a no deteriorarse a altas temperaturas, y están dispuestos sobre los pilares a través de una tinta que incluye CNT (p. ej., de un gas caliente), etc. Véanse, por ejemplo, las solicitudes N°. 12/659.352; 12/659.353; y 12/659.354.

65 Las estructuras laminares incluyen generalmente capas finas alternantes de materiales en forma de láminas. En determinadas realizaciones ilustrativas de esta invención, en general, los recubrimientos de pilar de nanocompuesto

incluyen bloques de estructura en escala nanométrica. En determinadas realizaciones ilustrativas, unas láminas de mineral con una relación dimensional grande están separadas por un “adhesivo” o polímero orgánico. Esto puede dar lugar, en determinados casos, a una resistencia superior en comparación con un sistema monolítico en circunstancias de cargas de viento y tensiones térmicas significativas. La estructura laminar está orientada sustancialmente paralela a la superficie de deslizamiento, resultando en una carga de soporte elevada en combinación con una tensión de cizalladura reducida, en determinadas realizaciones ilustrativas. Por ejemplo, las aplicaciones en la conformación de metal que implican deformación plástica pueden utilizar lubricantes sólidos.

La Fig. 5 es una vista en sección transversal de una unidad de VIG que incorpora un recubrimiento laminar blando y un pilar duro según determinadas realizaciones ilustrativas. La Fig. 5 es similar a las Figs. 1 y 2, excepto en que los recubrimientos laminares 15 están dispuestos entre el pilar 5 y el primer y segundo sustratos 2 y 3. Los recubrimientos laminares 15 pueden aplicarse a los sustratos antes de la situación del pilar 5 en determinadas realizaciones ilustrativas. Por ejemplo, los recubrimientos laminares 15 pueden aplicarse en un patrón en los sustratos 2 y 3, pueden ser aplicados a través de sustancialmente todas las superficies de los sustratos 2 y 3, etc. No obstante, en algunas realizaciones ilustrativas, los recubrimientos laminares 15 pueden aplicarse directamente a los pilares 5. Los pilares 5 pueden recubrirse en sus bordes y extremos, solamente en sus extremos, pueden ser encapsulados sustancialmente en su totalidad por el recubrimiento, etc. En cualquier caso, los recubrimientos laminares 15 pueden estar dispuestos (directa o indirectamente) sobre los sustratos 2 y 3 y/o los pilares 5 mediante cualquier técnica adecuada, que incluye, por ejemplo, inmersión, centrifugado, pulverización, rodillos, grabado u otra técnica adecuada. En determinadas realizaciones ilustrativas, los pilares pueden ser pilares de zafiro.

La Fig. 6 es una parte ampliada de la realización ilustrativa de la Fig. 5 que muestra las características de reducción de tensión de determinadas realizaciones ilustrativas. Las flechas grandes próximas a los bordes del sustrato 2 o 3 representan la tensión a la que está sometido el vidrio debido a los pilares. En cambio, el área triangular 19 representa la tensión de cierre aplicada por los recubrimientos laminares 15. Esta tensión de cierre, que también es una forma de tensión de tracción, puede cuantificarse como se discute con mayor detalle más adelante, y se denomina σ . Esta tensión de cierre puede compensar o, de otro modo, contrarrestar parte o la totalidad de la tensión a la que está sometido el vidrio.

A continuación se proporcionarán ejemplos de materiales de recubrimiento de fase más blanda. Pueden utilizarse CNT, tal como se ha indicado anteriormente.

Otro ejemplo de la fase más blanda propuesta es un compuesto hecho de una nanoarcilla y un polímero basado en aramida, un polímero conocido por ser térmicamente estable y extremadamente resistente. Un material ilustrativo descrito en la presente memoria es algo similar a un producto comercialmente disponible con el nombre comercial Kevlar, de Dupont. Sin embargo, a diferencia del Kevlar, determinadas realizaciones ilustrativas incluyen fabricar un recubrimiento de polímero que puede colarse a partir de un disolvente. Esta técnica permite obtener una mejor capacidad de procesamiento, se presta a poder recibir aditivos y, también confiere un mejor control sobre atributos tales como la transparencia óptica.

Más especialmente, en determinadas realizaciones ilustrativas, puede utilizarse una categoría de diaminas no heterocíclicas fenilsustituidas simples tales como diaminas con un heterociclo diamínico tales como diamino-tetrafeniletlenos y diamino-trifenilamina. Partiendo de diaminas aromáticas, se sintetizan una serie de aramidas y poliimidas aromáticas a viscosidades razonablemente elevadas utilizando una policondensación de solución de baja temperatura y una poliadición de dos etapas, seguida de ciclodeshidratación a alta temperatura. Es posible obtener polímeros con viscosidades elevadas cambiando el tipo de diamina utilizada. Las poliamidas formadas de este modo eran amorfas y fácilmente solubles en disolventes orgánicos, a pesar de tener viscosidades altas. Los disolventes utilizados fueron N-metil-2-pirrolidona (NMP), N-Ndimetilacetamida (DMAc) y m-cresol.

Las aramidas solubles con alta viscosidad produjeron de forma ventajosa una película transparente, altamente flexible y resistente al colarse a partir de DMAc. Dichos recubrimientos tenían una elevada Tg, en un intervalo de aproximadamente 330-350 grados C. De hecho, la temperatura a la que se produjo una pérdida de peso del 10 % fue superior a aproximadamente 500 grados C en el aire.

En determinadas realizaciones ilustrativas, es posible utilizar aditivos de nanoarcilla en un recubrimiento superior de polímero. Por ejemplo, antes de la colada del polímero de aramida, aproximadamente el 5-10 % en peso de nanoarcilla puede ser añadida al polímero disuelto en DMAc. Después de sonicar durante aproximadamente 30 minutos, se forma un nanocompuesto que contiene arcilla tratada orgánicamente que se separa en plaquitas de tamaño nanométrico y se dispersa a través de la matriz de polímero (p. ej., de modo sustancialmente uniforme). El aditivo tiene una relación dimensional grande que ayuda a establecer las propiedades del compuesto.

En algunas realizaciones ilustrativas, la película de polímero puede colarse sobre un grupo de pilares y puede curarse para formar un recubrimiento alrededor de materiales de pilar hechos de cerámicas más duras que el recubrimiento de compuesto. A diferencia de otras cargas, las partículas de arcilla a escala nanométrica poseen características únicas. Por ejemplo, las partículas de nanoarcilla tienen forma de plaquita, con un espesor de apenas 1 nm y una anchura de aproximadamente 70-150 nm en algunos casos. En determinadas realizaciones ilustrativas,

el tamaño de la plaquita puede tener un espesor de 1-10 nm y una anchura de 35-300 nm, más preferiblemente, un espesor de 1-5 nm y una anchura de 60-200 nm. Esta relación dimensional grande transmite y fomenta características anisotrópicas en películas que incorporan estas partículas. Puede decirse que estos tamaños ilustrativos son de tamaño nanométrico. Aunque determinadas realizaciones ilustrativas se refieren a “plaquitas”, se apreciará que la forma y/u orientación exactas de dichas partículas no tiene que ser necesariamente en forma de placa. Pueden utilizarse otras formas y/u orientaciones más esféricas y/u oblongas en relación con las realizaciones de esta invención.

Las partículas de nanoarcilla pueden verse como una fase de “polímero inorgánico” comparable en tamaño al componente macromolecular polimérico. Esto permite la formación de híbridos con propiedades fisicoquímicas nuevas. Por ejemplo, dichos nanocompuestos pueden utilizarse para encapsular pilares metálicos o cerámicos. En lugar de, o además de, las partículas de nanoarcilla descritas anteriormente, es posible utilizar material de plaquita basado en moissanita o cualquier sílice o mica. También, como se ha indicado anteriormente, es posible utilizar grafito, CNT y/o similares junto con, o en lugar de, una nanoarcilla.

El área de superficie específica en determinadas realizaciones ilustrativas es del orden de aproximadamente 700-800 cuadrado/g. Por lo tanto, la carga de solo un pequeño porcentaje en peso (p. ej., 1-15 %, más preferiblemente, 1-10 %, y aún más preferiblemente 2-8 %) de nanoarcilla en una matriz de polímero modifica drásticamente las propiedades debido a la elevada interacción interfacial. La transparencia óptica de la película de recubrimiento puede permanecer sustancialmente inalterada, ya que las partículas de tamaño nanométrico son demasiado finas para dispersar la luz visible (p. ej., $d \ll \lambda$). En otras palabras, la inclusión de un recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero puede tener sustancialmente ningún efecto en la transmisión visible.

La nanoarcilla permite transmitir una mejora ilustrativa al recubrimiento y eventualmente al pilar de VIG para ayudar a reducir la probabilidad de formación de grietas y cargas dinámicas de amortiguación. Esta mejora puede basarse, por ejemplo, en que el área de interfase grande da lugar a una fuerte adsorción de las moléculas de polímero de aramida, lo que a su vez inmoviliza el movimiento segmental de los polímeros; la relación dimensional grande permite obtener una estructura de capa rígida; la inactividad química, a diferencia de los materiales de vidrio en condiciones de grandes tensiones; la existencia de huecos o galerías entre capas de aproximadamente por ejemplo, 1-5 mm, dentro de las cuales pueden insertarse especies intercaladas; la capacidad de expansión dinámica de la galería en varias veces con el movimiento de macromoléculas; etc.

El estado de tensión en los compuestos puede ser multiaxial y no uniforme, incluso para una carga uniaxial, debido a la interacción compleja entre fibra y matriz. De ahí que debe estudiarse el comportamiento dinámico de los nanocompuestos, incluyendo la comprensión de las propiedades elásticas y de fractura, así como las interacciones potenciales entre la interfase matriz-fibra.

Las unidades de VIG pueden beneficiarse de la incorporación de materiales de nanocompuesto proporcionados a pilares más duros. Por ejemplo, la incorporación de estos materiales puede permitir obtener una mejor resistencia al calor. La nanoarcilla aumenta la estabilidad dimensional y la temperatura de distorsión de calor o T10 de las películas. Existe una considerable reducción en la pérdida de peso en el calentamiento debido a la reducción de productos de descomposición. Otra ventaja es que la transparencia de los pilares aumenta con la nanoarcilla. Otra ventaja se refiere a la capacidad de lograr el coeficiente de expansión mediante la selección de los materiales utilizados en el nanocompuesto. Otra ventaja adicional se refiere a la estabilidad ambiental del polímero durante su exposición a la luz ultravioleta (UV). La naturaleza ablativa del polímero en relación con su exposición a UV se reduce sustancialmente con la incorporación de nanocompuestos.

En determinadas realizaciones ilustrativas, la optimización de la resistencia puede llevarse a cabo tal como se describe a continuación.

La Fig. 7 es una vista esquemática que ilustra las técnicas de optimización de resistencia ilustrativas de determinadas realizaciones ilustrativas. La Fig. 7 muestra que la formación de grietas afecta a la resistencia del espécimen de material a escala macroscópica y no siempre en la escala nanométrica. Por ejemplo, deben considerarse las siguientes fórmulas:

$$\frac{\sigma_{ml}}{\sigma_{ih}} = \frac{\sqrt{\pi} E_i \Psi}{\sigma_{ih}} \quad (1a)$$

$$\Psi = \sqrt{\frac{\gamma}{E_{ml} t}} \quad (1b)$$

Obsérvese también que:

$$\lim \frac{\sigma_{ml}}{\sigma_{th}} \rightarrow 1 \quad t \rightarrow t_{cr} \quad \Psi \rightarrow \Psi^*$$

Por tanto:

$$t_{cr} = \pi \left[\frac{\gamma E_i}{\sigma_{th}^2} \right] \quad (2)$$

$\left[\frac{\gamma E_i}{\sigma_{th}^2} \right]$ es la escala de longitud característica.

Para los fines del gráfico ilustrativo de la Fig. 7 y de las ecuaciones ilustrativas anteriores, σ es la resistencia a la tracción, E_i es el módulo de Young, τ es la resistencia a la cizalladura, γ es la energía superficial y t es el espesor. Esto asume que $\gamma = 1 \text{ J/m}^2$, $E_i = 100 \text{ GPa}$, $\sigma_i = E_i/30$ y t_{cr} es aproximadamente 30 nm.

La Fig. 8 es una vista esquemática simplificada que muestra cómo unas láminas 25 minerales o inorgánicas pueden unirse a una matriz orgánica 27 según determinadas realizaciones ilustrativas, y la Fig. 9 es una vista simplificada que muestra cómo la disposición en la Fig. 8 puede ser capaz de resistir tensiones de tracción y cizalladura según determinadas realizaciones ilustrativas. Las láminas minerales o inorgánicas 25 pueden ser capaces de soportar grandes tensiones de tracción sin fracturas. Esto puede verse facilitado gracias a la matriz orgánica o más blanda 27, que ayuda a transferir la carga entre cristales minerales en las láminas 25 minerales o inorgánicas. Por lo tanto, la matriz orgánica en sí misma y/o la interfaz matriz orgánica/capa mineral pueden soportar tensiones de cizalladura grandes sin fallos. En la Fig. 9 se muestran zonas ilustrativas de alta cizalladura y tensión, del mismo modo que las tensiones de tracción en general (por ejemplo, tal como se indica con las flechas σ).

En otras palabras:

$$\sigma_i = \rho \cdot \tau_p \quad (3)$$

$$\frac{L}{t} = \frac{\sigma_{th}}{\tau_p} \quad (4)$$

La Fig. 10 es un gráfico que muestra una relación normalizada entre rigidez y composición según determinadas realizaciones ilustrativas. El eje x va de rico en sustancias orgánicas a rico en minerales (ϕ), en donde $0 < \phi < 1$. El eje y representa E/E_m , en donde:

$$\frac{E_m}{E} = \frac{4(1-\phi)}{X_p^2 \phi^2} + \frac{1}{\phi} \quad (5)$$

para diferentes valores de X_p . A su vez, X_p se calcula según la siguiente ecuación:

$$X_p = \frac{G_p}{E_m} \cdot \rho^2$$

Se ha descubierto que determinados parámetros de diseño afectan a lo anteriormente descrito. Por ejemplo, se ha determinado que, a una escala de espesor crítica, la resistencia teórica, en vez del criterio de Griffith, controla la resistencia a fracturas, lo que implica una insensibilidad a las imperfecciones preexistentes. Una relación dimensional deseable puede venir dada por una relación entre la resistencia a la tracción de la mineral layer (capa mineral - ML) y la resistencia a cizalladura de la matriz orgánica. La cantidad de contenido orgánico o más blando permisible puede determinarse como un producto de la relación dimensional y la relación entre la cizalladura y el módulo de Young de la matriz orgánica.

Se apreciará que la matriz o el recubrimiento superior descrito en relación con determinadas realizaciones ilustrativas puede ser un recubrimiento superior basado en polímero o que incluye polímeros. Sin embargo, en determinadas realizaciones ilustrativas, pueden utilizarse otros materiales, tales como silicón y/o similares, como un recubrimiento superior o matriz potencial que se cargará con plaquitas de tamaño nanométrico. En general, los materiales que tienen una T_g de al menos aproximadamente 200 grados C serán aceptables, siendo preferible una

Tg de al menos aproximadamente 250 grados, y siendo aún más preferible una Tg de al menos aproximadamente 300 grados.

5 En la presente memoria, sellos “periféricos” y “terminales” no significan que los sellos estén situados en la periferia o borde absolutos de la unidad, sino que el sello está al menos parcialmente situado en un borde de al menos un sustrato de la unidad o cerca de este (p. ej., dentro de aproximadamente 5,08 centímetros (dos pulgadas)). Del mismo modo, el término “borde” tal como se utiliza en la presente memoria no se limita al borde absoluto de un sustrato de vidrio, sino que también puede incluir un área en un borde absoluto del sustrato o sustratos, o cerca de este (p. ej., dentro de aproximadamente 5,08 centímetros). Además, se apreciará que, tal como se utiliza en la
10 presente memoria, el término “conjunto de VIG” se refiere a un producto intermedio antes de sellar los bordes del VIG y de la evacuación de la cavidad que incluye, por ejemplo, dos sustratos separados y paralelos entre sí. Además, si bien es posible afirmar que un componente está “en” o “soportado” por uno o más de los sustratos de la presente memoria, esto no significa que el componente deba estar en contacto directo con el sustrato o sustratos. En otras palabras, la palabra “en” cubre tanto directa como indirectamente en, de modo que es posible considerar que el componente está “en” un sustrato incluso si se dispone otro material (p. ej., un recubrimiento y/o película fina)
15 entre el sustrato y el componente.

Se apreciará que las realizaciones ilustrativas descritas en la presente memoria pueden utilizarse junto con una variedad de diferentes conjuntos de VIG y/u otras unidades o componentes. Por ejemplo, los sustratos pueden ser
20 sustratos de vidrio, sustratos reforzados con calor, sustratos templados, etc.

Los términos “tratamiento térmico” y “tratado térmicamente” en la presente memoria significan calentar el artículo a una temperatura suficiente para permitir el templado térmico, el curvado y/o el fortalecimiento por calor del vidrio. Esto incluye, por ejemplo, calentar un artículo a una temperatura de al menos aproximadamente 580 o 600 grados C durante un período de tiempo suficiente para permitir el templado y/o el fortalecimiento por calor, más preferiblemente, al menos aproximadamente 600 grados C, y a veces a 625 grados C. En algunos casos, el HT (tratamiento térmico) puede durar al menos aproximadamente 4 o 5 minutos.
25

Debe observarse que el sustrato o sustratos de vidrio pueden tratarse térmicamente en determinadas realizaciones ilustrativas, de modo que el sustrato o sustratos de vidrio se fortalecen térmicamente o se templan térmicamente (p. ej., a una temperatura de al menos aproximadamente 580 grados C, más preferiblemente al menos aproximadamente 600 grados C, y, con frecuencia, al menos aproximadamente 620 o 640 grados C).
30

Algunas realizaciones ilustrativas pueden utilizar un calentamiento localizado y/o un calentamiento IR de las fritas, tal como se describe, por ejemplo, en las solicitudes n° 12/000.663 y 12/000.791. Esto puede facilitarse diseñando la frita de determinadas realizaciones ilustrativas para absorber infrarrojos, p. ej., en las regiones de 800-2000 nm (o cualesquiera subregiones en la misma). Esto puede lograrse, por ejemplo, utilizando aditivos que absorberán estas longitudes de onda. Estos aditivos pueden utilizarse en varios momentos, incluyendo, por ejemplo, durante la formulación de lotes de frita, y fundirse en la frita de vidrio, añadidos como polvo a la frita en polvo de base, etc. En tales casos, la frita se calentará y se fundirá preferiblemente, sólo con un pequeño impacto, en caso de existir, en las bolitas incluidas en la mezcla.
35
40

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG), que comprende:
 5 un primer y segundo sustrato (2, 3) de vidrio sustancialmente paralelos, separados entre sí, que definen un hueco entre los mismos;
 un sello (4) de borde proporcionado alrededor de una periferia del primer y segundo sustrato (2, 3) para formar un sello hermético;
 una pluralidad de pilares (5) proporcionados entre el primer y segundo sustrato (2, 3); y un recubrimiento laminar (15) proporcionado alrededor de al menos una parte de los pilares (5) para transmitir tensiones de
 10 cierre en el primer y/o segundo sustrato (2, 3) cerca de los pilares (5) para compensar al menos parcialmente tensiones de tracción aplicadas también al primer y/o segundo sustrato (2, 3) de vidrio, en donde el hueco está dispuesto a una presión inferior a la atmosférica, caracterizada porque el recubrimiento laminar comprende:
 un recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero; o
 15 carbon nano-tubes (nanotubos de carbono - CNT).
2. La unidad de VIG de la reivindicación 1, en donde el recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero comprende plaquitas con un tamaño nanométrico dispersadas a través de una matriz o recubrimiento superior de polímero de aramida.
- 20 3. La unidad de VIG de la reivindicación 2, en donde las plaquitas tienen un espesor aproximado de 1-10 nm y una anchura aproximada de 35-300 nm.
4. La unidad de VIG de la reivindicación 3, en donde el recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero no tiene sustancialmente ningún impacto sobre la transmisión visible.
- 25 5. La unidad de VIG de la reivindicación 1, en donde el recubrimiento laminar comprende el 2-8 % en peso de nanoarcilla.
- 30 6. Un método para fabricar una unidad de vacuum insulated glass (vidrio aislante al vacío - VIG), comprendiendo el método:
 disponer un primer y un segundo sustrato de vidrio;
 disponer una pluralidad de pilares en el primer sustrato de vidrio;
 35 sellar entre sí el primer y segundo sustrato de forma que el primer y segundo sustrato estén en una orientación sustancialmente paralela y separados entre sí y para definir un hueco entre los mismos; y evacuar el hueco hasta una presión inferior a la atmosférica, en donde se dispone un recubrimiento laminar entre los pilares y el primer y/o segundo sustratos para compensar al menos parcialmente esfuerzos de tracción también aplicados en el primer y/o segundo sustratos de vidrio, caracterizado porque el recubrimiento laminar comprende un recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero.
- 40 7. El método de la reivindicación 6, en donde el recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero comprende plaquitas de tamaño nanométrico dispersas a través de una matriz o recubrimiento superior de polímero de aramida.
- 45 8. El método de la reivindicación 6, en donde las plaquitas tienen un espesor aproximado de 1-10 nm y una anchura aproximada de 35-300 nm.
9. El método de la reivindicación 8, en donde el recubrimiento de compuesto de nanoarcilla y polímero no tiene sustancialmente ningún impacto en transmisión visible.
- 50 10. El método de la reivindicación 6, en donde el recubrimiento laminar comprende el 2-8 % en peso de nanoarcilla.
11. La unidad de VIG de la reivindicación 1, en donde los CNT están dispuestos en una o ambas bases de los pilares de forma que los CNT son generalmente perpendiculares a las mismas.
- 55 12. La unidad de VIG de la reivindicación 1, en donde los CNT están dispuestos en una o ambas bases de los pilares de forma que los CNT son generalmente paralelos a las mismas.

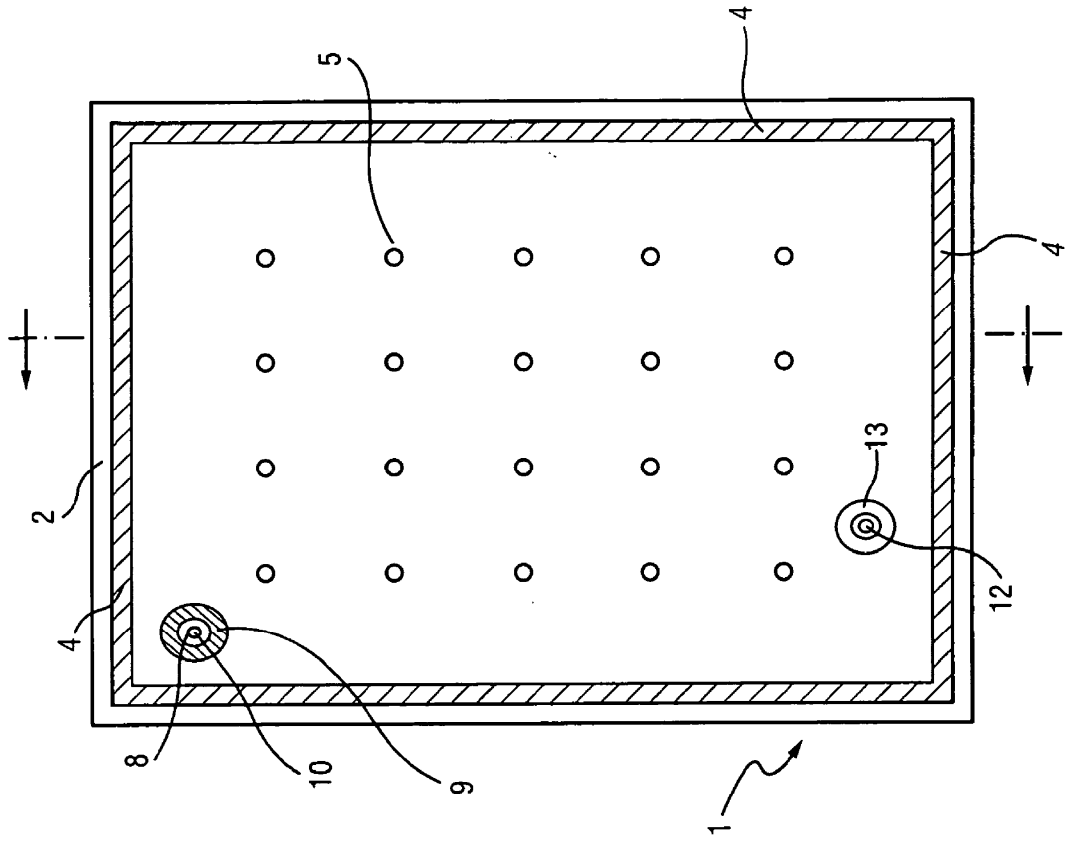


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

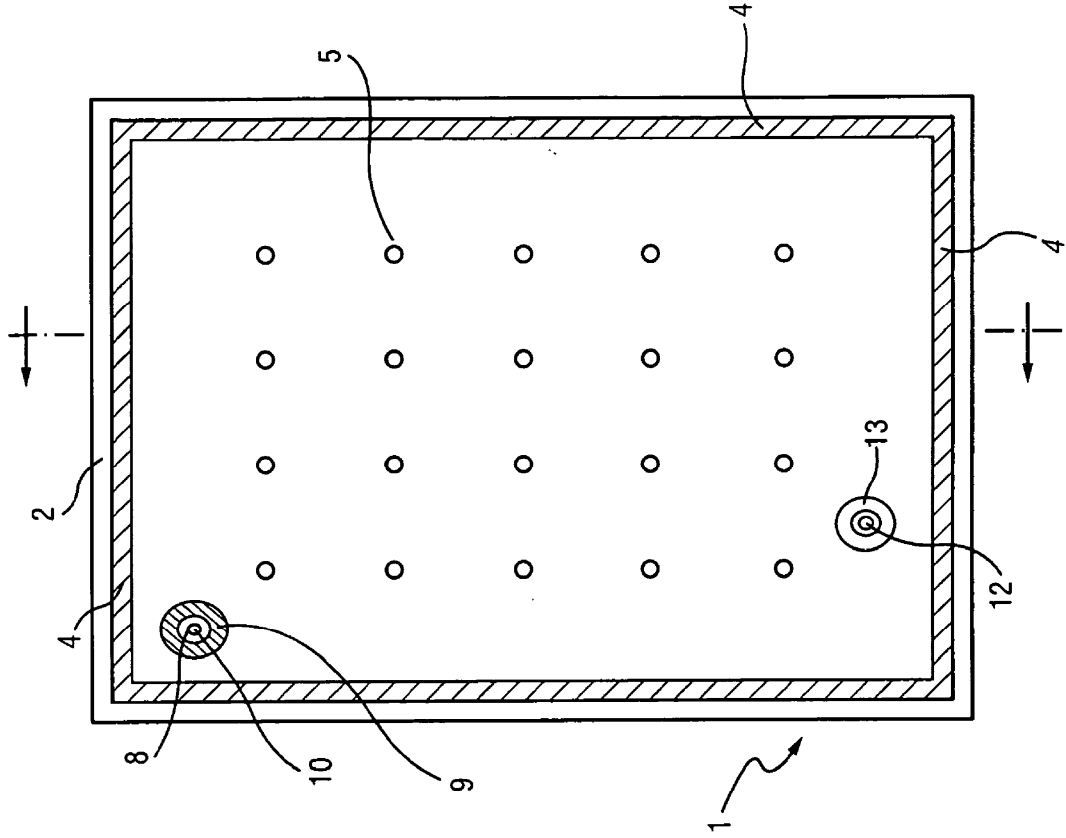


FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

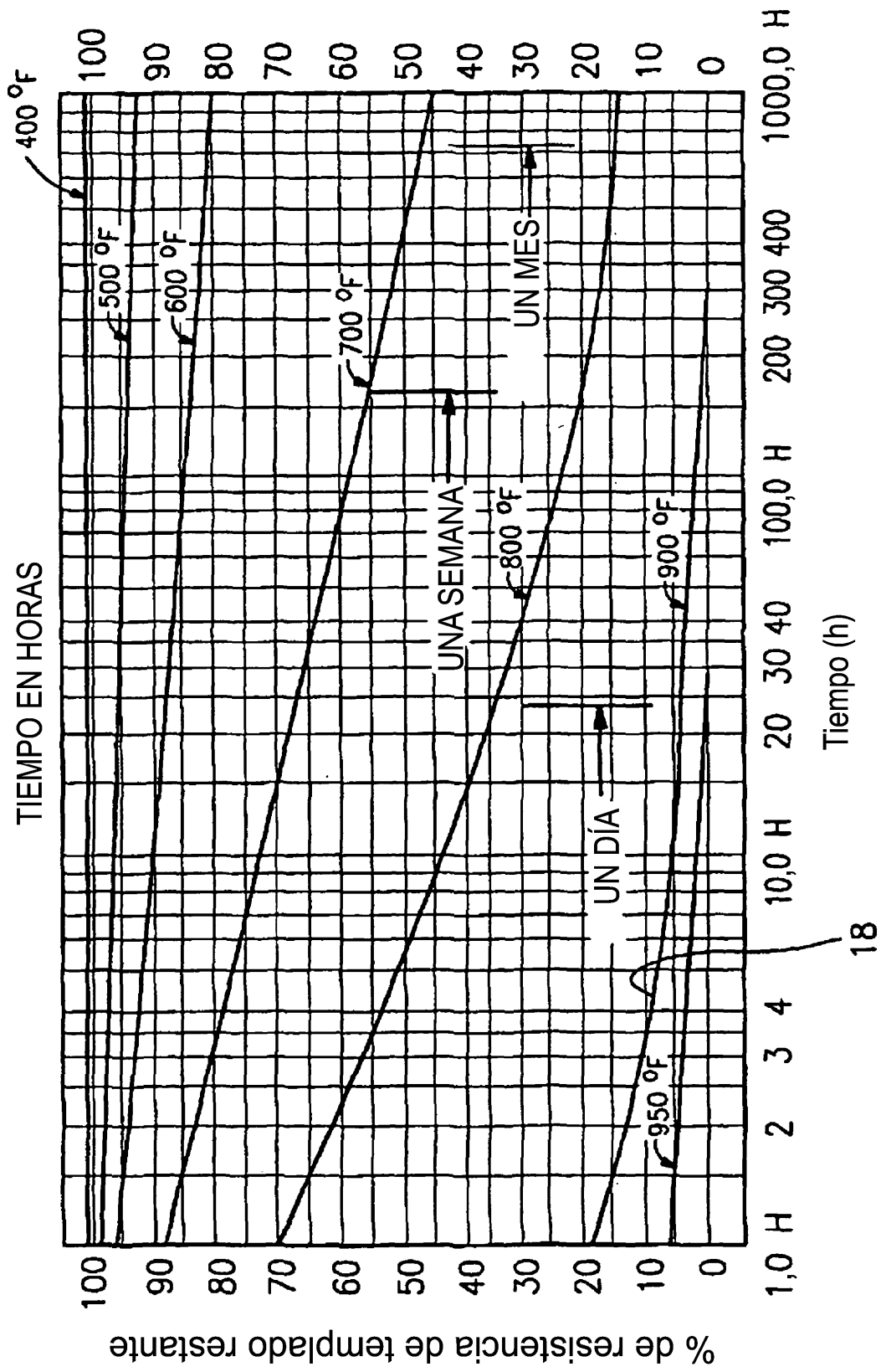


FIG. 3

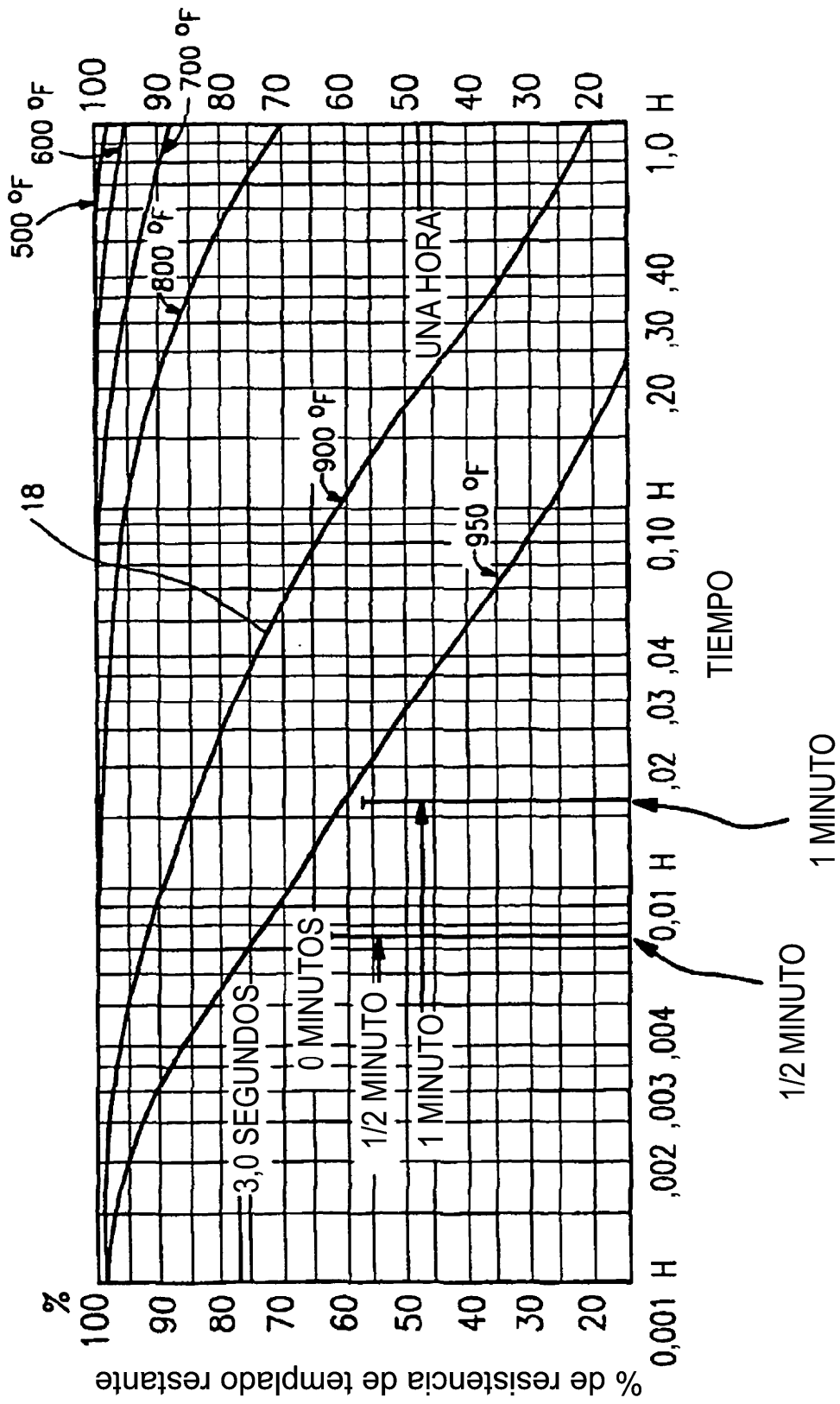


FIG. 4

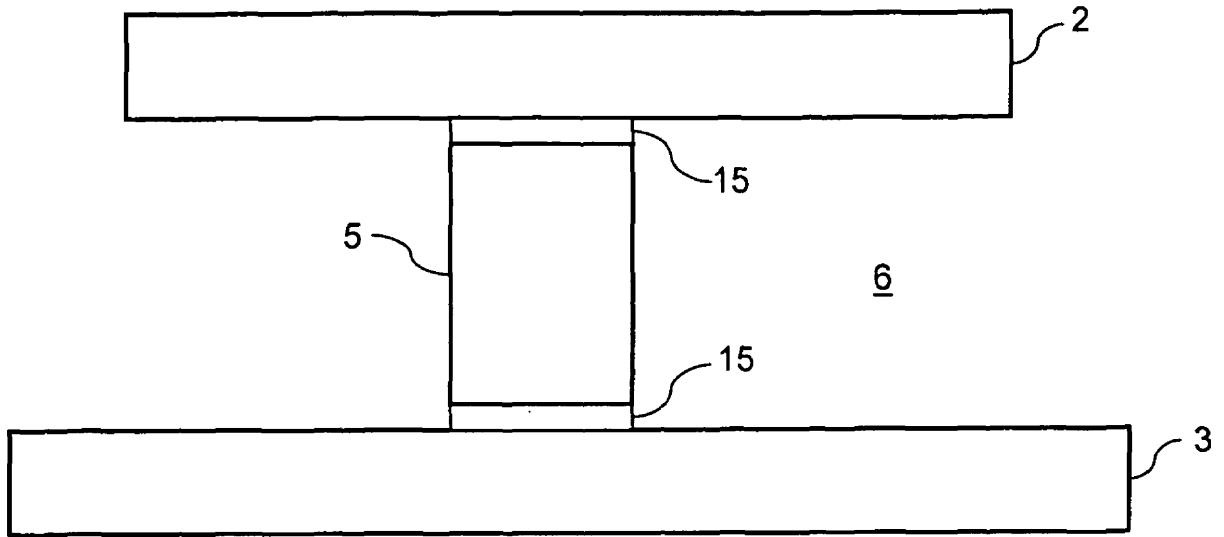


FIG. 5

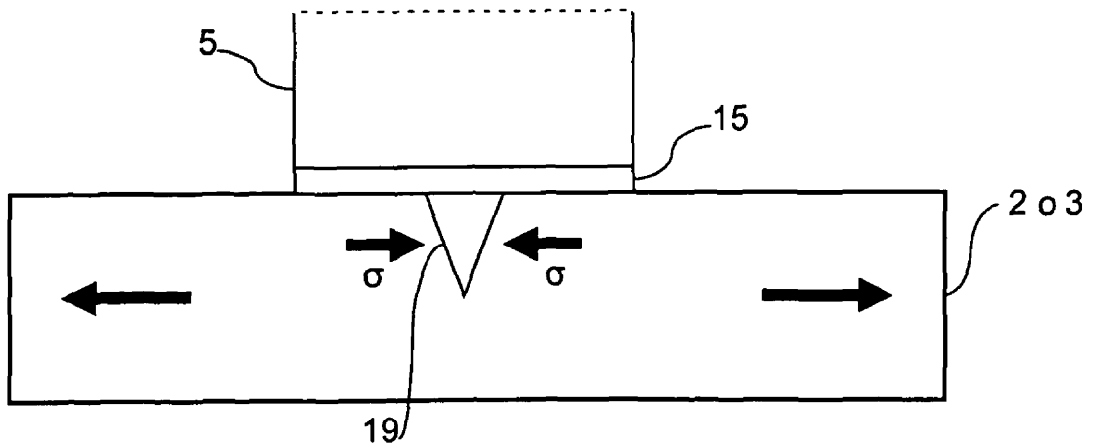


FIG. 6

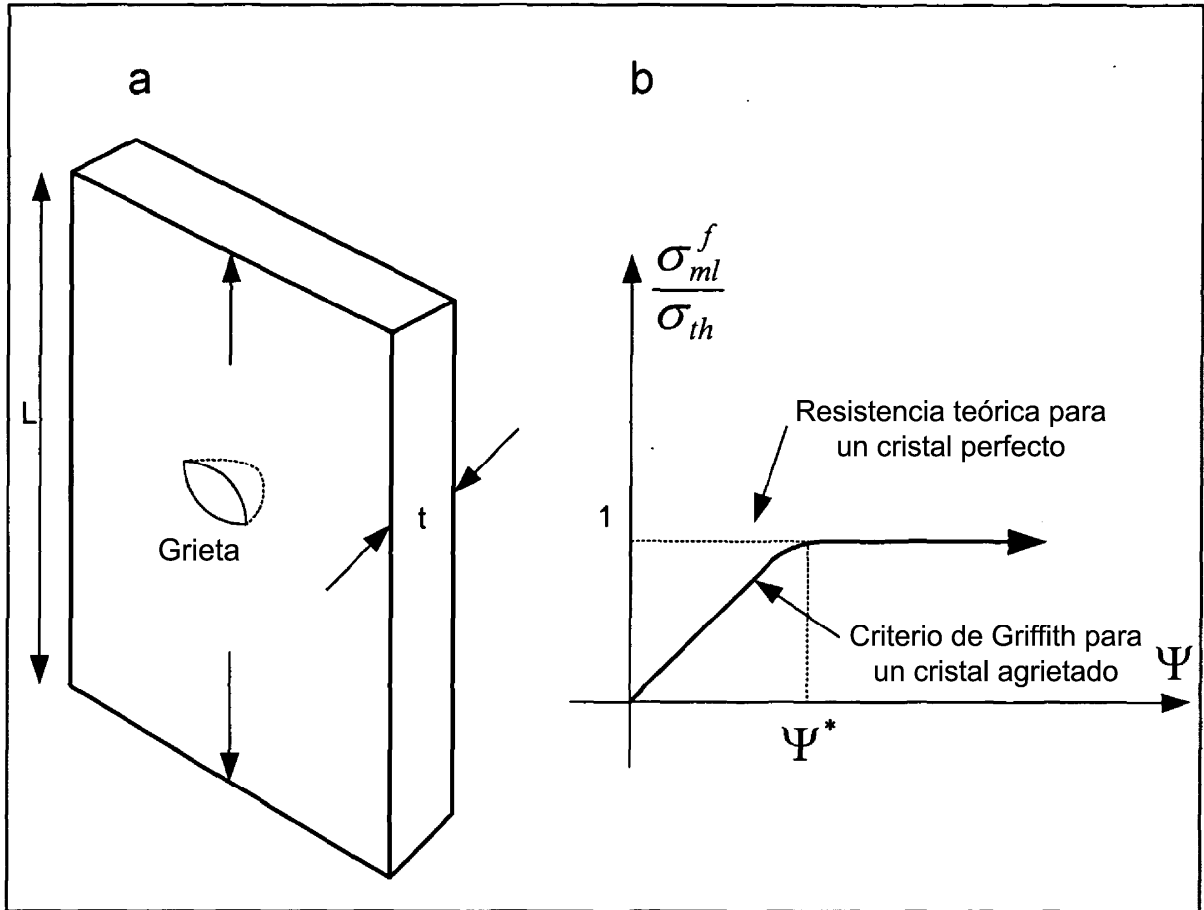


FIG. 7

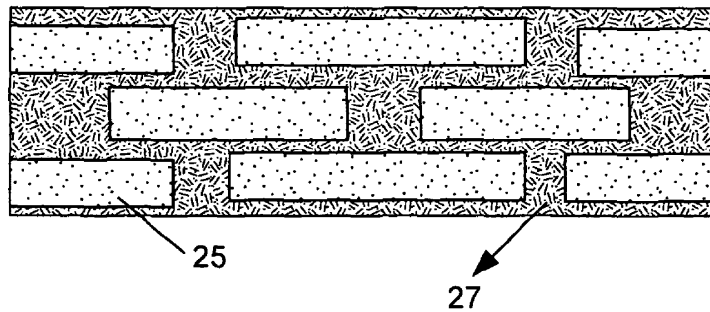


FIG. 8

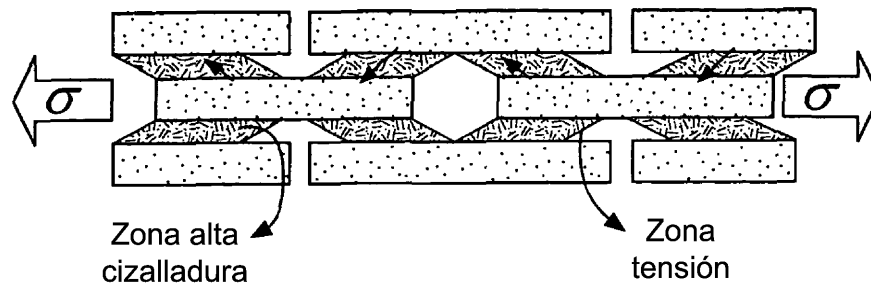


FIG. 9

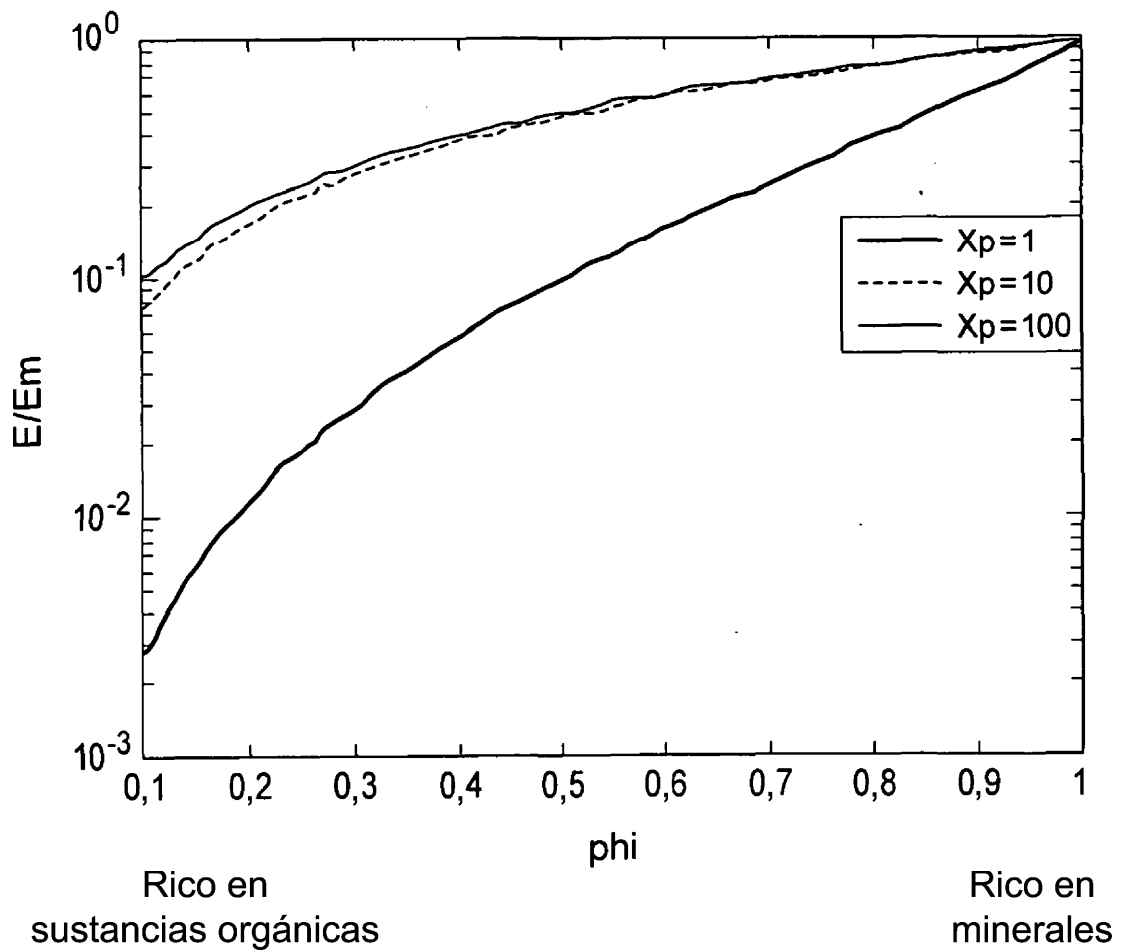


FIG. 10