

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 902**

51 Int. Cl.:

B32B 17/10 (2006.01)

C03C 27/12 (2006.01)

G10K 11/168 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2010 PCT/FR2010/050749**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.10.2010 WO10122260**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2010 E 10723702 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2421705**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado y acristalamiento laminado**

30 Prioridad:

20.04.2009 FR 0952567

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

11.06.2018

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (100.0%)
18, avenue d'Alsace
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**MILAMON, CHRISTOPHE;
LEVASSEUR, FABIEN y
NUGUE, JEAN-CLÉMENT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 671 902 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

Procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado y acristalamiento laminado

La presente invención se relaciona con un procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado el cual comprende por lo menos un sustrato que tiene una función de vidrio y por lo menos una capa intercalar polimérica.

5 La invención también se relaciona con un acristalamiento laminado y con una capa intercalar polimérica para un acristalamiento laminado.

10 En el sentido de la invención, un sustrato que tiene una función de vidrio indica un sustrato de vidrio y/o plástico, en donde se entiende por sustrato de plástico un sustrato que contiene una o más sustancias polímeras orgánicas de un peso molecular elevado. Además, una capa intercalar polimérica es una capa intercalar monolítica o una capa intercalar compuesta constituida por el ensamblado de varios componentes poliméricos en forma de capas, resinas o películas. Dentro del significado de la invención, se entiende igualmente por acristalamiento laminado cualquier estructura de acristalamiento que comprenda por lo menos un sustrato que tenga una función de vidrio y por lo menos una capa intercalar, incluida una estructura que comprenda un sustrato único y una capa intercalar única, asociados entre sí.

15 Los acristalamientos laminados, debido a sus buenas propiedades de resistencia mecánica, se utilizan clásicamente para equipar vehículos o edificios. A modo de ejemplos, los acristalamientos laminados comprenden los acristalamientos para vehículos, especialmente automóviles, en particular los parabrisas; los acristalamientos de fachadas de edificios; o los módulos fotovoltaicos que comprenden por lo menos un sustrato de vidrio y una o más celdas fotovoltaicas que comprenden por lo menos un sustrato de vidrio y una o varias células fotovoltaicas solidarizadas con el sustrato por intermedio de una capa intercalar laminada. La capa intercalar de un de
20 acristalamiento laminado juega un papel muy importante en la resistencia mecánica del acristalamiento. En particular, en un impacto, antes de que el vidrio se rompa, la capa intercalar permite ventajadamente absorber una parte de la energía por disipación viscosa. Además, la capa intercalar garantiza en gran medida el mantenimiento de la estructura del acristalamiento cuando el vidrio se astilla por completo, lo que permite, gracias a la adhesión de los
25 fragmentos de vidrio a la capa intercalar y a la retención estructural del montaje a su soporte, evitar la proyección de fragmentos de vidrio y en consecuencia la lesión de personas.

La capa intercalar de un acristalamiento laminado también se puede seleccionar con el fin de tener, además de sus propiedades mecánicas, propiedades de aislamiento acústico, especialmente para los acristalamientos laminados destinados a equipar vehículos y edificios, con el objetivo de atenuar la percepción de los ruidos aéreos y/o elevados
30 que lleguen al seno del habitáculo a través del acristalamiento. Por ejemplo, el polivinilbutiral (PVB), el cual es una capa intercalar utilizada ampliamente por sus prestaciones mecánicas, también puede garantizar al acristalamiento laminado prestaciones acústicas cuando su composición está bien adaptada.

Los acristalamientos laminados de edificios y de automóviles deben satisfacer requerimientos normativos en cuanto a su resistencia mecánica y, en particular, deben tener buena resistencia al impacto, se trate de choques
35 accidentales, de caídas de objetos o de personas, o también de objetos como durante actos de vandalismo o de allanamiento o de disparos balísticos. Los acristalamientos laminados deben satisfacer criterios de resistencia a choques blandos (clases 1B1 y 2B2 de la norma EN 12600) o a choques duros (norma R43, norma EN 356). Los acristalamientos laminados fabricados industrialmente están conformados actualmente a partir de sustratos y de capas intercalares que tienen espesores estandarizados, siendo obtenidas las prestaciones de resistencia mecánica
40 requeridas por la superposición de varios pliegues de capas intercalares de espesor estándar. No obstante, tal método de fabricación de acristalamientos laminados, con un espesor de capa intercalar el cual es un múltiplo de un espesor conocido, conduce con mucha frecuencia a un sobredimensionado de los acristalamientos laminados. Esto resulta en un sobrecosto y un sobrepeso de estos acristalamientos laminados. Además, este modo de fabricación por superposición de pliegues de capas intercalares de espesor estándar no permite ajustar libremente la estructura
45 de los acristalamientos laminados con el fin de mejorar otras propiedades de los acristalamientos laminados cuando sea necesario, tal como la transmisión de luz de los montajes en una o más caras del laminado.

Estos inconvenientes son los que la presente invención intenta remediar de manera más particular al proponer un procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado el cual garantice que el acristalamiento laminado
50 obtenido, por una parte, es adecuado para resistir esfuerzos predeterminados que corresponden a los requerimientos normativos y, por otra, esté dimensionado con espesores de sustrato y de capa intercalar optimizados con respecto a las necesidades de resistencia mecánica, correspondiendo estos espesores a un espesor total minimizado del acristalamiento laminado.

Para este propósito, un objetivo de la invención es un procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado de manera que resista esfuerzos predeterminados, comprendiendo el acristalamiento laminado por lo menos un
55 sustrato que tiene una función de vidrio de composición química dada y por lo menos una capa intercalar polimérica de composición química dada, caracterizado porque comprende etapas en las cuales:

- se identifica un acristalamiento laminado de referencia que resista los esfuerzos predeterminados y que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento

laminado que se va a fabricar;

- se determina la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia, el espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia y el espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia;

5 - con la ayuda de una gráfica representativa de la resistencia al desgarre mínima de la capa intercalar que se requiere para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los esfuerzos predeterminados, en función del espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado cualquiera y/o del espesor de sustrato del acristalamiento laminado cualquiera, se deduce una combinación de valores óptimos del espesor de capa intercalar y del espesor de sustrato que corresponde a un valor de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia;

10 - se dimensiona el acristalamiento laminado con un espesor de capa intercalar seleccionado mayor que o igual al citado valor óptimo de espesor de capa intercalar y de un espesor de sustrato seleccionado mayor que o igual al citado valor óptimo de espesor de sustrato.

15 En el sentido de la invención, una combinación de valores óptimos del espesor de capa intercalar y del espesor de sustrato es una combinación para la cual el acristalamiento laminado resiste los esfuerzos predeterminados y el espesor total del acristalamiento laminado está minimizado. Además, cuando el acristalamiento laminado comprende varios sustratos que tienen una función de vidrio, la expresión "de composición química dada" significa que la totalidad de estos sustratos con función de vidrio tienen la misma composición química, la cual es la citada composición química dada. Similarmente, cuando el acristalamiento laminado comprende varias películas de capa intercalar polimérica, la expresión "de composición química dada" significa que la totalidad de estas películas de capa intercalar tienen la misma composición química, la cual es la citada composición química dada.

20 De acuerdo con otras características ventajosas de un procedimiento de acuerdo con la invención, consideradas de manera aislada o de acuerdo con la totalidad de las combinaciones técnicamente posibles:

25 ○ Se dimensiona el acristalamiento laminado con un espesor de sustrato seleccionado igual al espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia y el procedimiento comprende etapas en las cuales:

30 - con la ayuda de una gráfica representativa de la resistencia al desgarre de la capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los esfuerzos predeterminados, en función del espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta gráfica para un espesor de sustrato del acristalamiento laminado cualquiera igual al espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia, se deduce el espesor de capa intercalar mínimo requerido, el cual corresponde a un valor de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia;

35 - se dimensiona el acristalamiento laminado con un espesor de capa intercalar seleccionado mayor que o igual al citado espesor de capa intercalar mínimo requerido y un espesor de sustrato seleccionado igual al espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia.

40 ○ Se dimensiona el acristalamiento laminado con un espesor de capa intercalar seleccionado igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia y el procedimiento comprende etapas en las cuales:

45 - con la ayuda de una gráfica representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que aquéllas del acristalamiento laminado que se fabrique, resista los esfuerzos predeterminados en función del espesor de sustrato del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta gráfica para un espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado cualquiera igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia, se deduce el espesor de sustrato mínimo requerido, el cual corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia;

50 - se dimensiona el acristalamiento laminado con un espesor de capa intercalar seleccionado igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia y un espesor de sustrato seleccionado mayor que o igual al espesor de sustrato mínimo requerido.

○ Uno al menos de los espesores seleccionados es estrictamente menor que el espesor correspondiente del acristalamiento laminado de referencia.

○ Antes del dimensionado del acristalamiento laminado para que resista los esfuerzos predeterminados, se traza la

- gráfica representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar que tengan las mismas composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los esfuerzos predeterminados, en función del espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado cualquiera y/o del espesor de sustrato del acristalamiento laminado cualquiera, a partir de ensayos de resistencia mecánica realizados sobre acristalamientos laminados de composiciones diferentes en términos de espesor de capa intercalar y/o de espesor de sustrato.
- Antes del dimensionado del acristalamiento laminado de manera que resista los esfuerzos predeterminados, se verifica que la adhesión de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se fabrique sea satisfactoria con respecto al sustrato de este acristalamiento laminado.
 - Se verifica que la adhesión de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar sea satisfactoria con respecto al sustrato de este acristalamiento laminado, realizando una torsión de una muestra de la capa intercalar unida al sustrato, midiendo la fuerza de torsión en la cual se inicia la separación de la capa intercalar con el sustrato, calculando a partir de esta fuerza la tensión de cizallamiento de adhesión correspondiente, y comparando este valor de la tensión de adhesión con un intervalo de valores admisibles para que un acristalamiento laminado cualquiera resista los esfuerzos predeterminados.
 - Se identifica el acristalamiento laminado de referencia el cual resista los esfuerzos predeterminados realizando un ensayo de resistencia mecánica sobre el acristalamiento laminado de referencia.
 - Se determina la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia por el método de Tielking.
 - Antes del dimensionado del acristalamiento laminado para que resista los esfuerzos predeterminados, se verifica que son satisfactorias las propiedades de aislamiento acústico de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar.
 - Las propiedades de aislamiento acústico de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar son satisfactorias cuando la capa intercalar tiene un factor de pérdida $tg\delta$ mayor de 0,6 y un módulo de cizallamiento G' menor de $2 \cdot 10^7$ N/m² para una temperatura de 20°C y una frecuencia de 50 Hz.
- De acuerdo con otras características ventajosas de un acristalamiento laminado de acuerdo con la invención:
- Para un espesor de sustrato dado, su espesor de capa intercalar es mayor que o igual a un valor de espesor de capa intercalar mínimo requerido, dentro de un límite del 20% por encima de este valor, en donde la combinación del espesor de sustrato dado y del espesor de capa intercalar mínimo requerido corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínimo requerido para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato que tenga la citada composición química de sustrato dada y una capa intercalar que tenga la citada composición química de capa intercalar dada, resista los esfuerzos predeterminados.
 - Para un espesor de capa intercalar dado, su espesor de sustrato es mayor que o igual a un valor de espesor de sustrato mínimo requerido, dentro de un límite del 20% por encima de este valor, en donde la combinación del espesor de capa intercalar dada y del espesor de sustrato mínimo requerido corresponda a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínimo requerido para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato que tenga la citada composición química de sustrato dada y una capa intercalar que tenga la citada composición química de capa intercalar dada, resista los esfuerzos predeterminados.
 - Su capa intercalar tiene un factor de pérdida $tg\delta$ mayor de 0,6 y un módulo de cizallamiento G' menor de $2 \cdot 10^7$ N/m² para una temperatura de 20°C y una frecuencia de 50 Hz.
 - El acristalamiento laminado es adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 1B1 de la norma EN 12600, y comprende dos sustratos de vidrio de un espesor de 3 mm y una capa intercalar de PVB de espesor e_i tal que $0,5 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.
 - El acristalamiento laminado es adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 2B2 de la norma EN 12600, y comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm y una capa intercalar de PVB que tiene un espesor e_i tal que $0,25 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,36 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.
 - El acristalamiento laminado es adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la norma R43 y comprende dos sustratos de vidrio de espesores respectivos $e_{g1} = 1,8 \text{ mm}$ y $e_{g2} = 1,4 \text{ mm}$ y una capa intercalar de PVB de espesor e_i tal que $0,4 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.

En el sentido de la invención, se entiende por espesor de capa intercalar el espesor nominal de la capa intercalar, pudiendo presentar la capa intercalar localmente variaciones de espesor alrededor del valor de espesor nominal.

De acuerdo con otras características ventajosas de una capa intercalar de acuerdo con la invención:

○ La capa intercalar de PVB, para un acristalamiento laminado destinado a resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 1B1 de la norma EN 12600, tiene un espesor e_i tal que $0,5 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$.

○ La capa intercalar de PVB, para un acristalamiento laminado destinado para resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 2B2 de la norma EN 12600, tiene un espesor e_i tal que $0,25 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,36 \text{ mm}$.

5 ○ La capa intercalar de PVB, para un acristalamiento laminado destinada a resistir los esfuerzos que corresponden a la norma R43 tiene un espesor e_i tal que $0,4 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$.

Las características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en la descripción que sigue de varios modos de realización de un procedimiento de dimensionado de un acristalamiento laminado de acuerdo con la invención, proporcionados únicamente a modo de ejemplo y con referencia a las figuras que se anexan, en las cuales:

10 - la figura 1 es una sección de un acristalamiento laminado que comprende dos sustratos con función de vidrio y una capa intercalar polimérica;

- la figura 2 es una gráfica representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado resista los esfuerzos que corresponden a las clases 1B1 y 2B2 de la norma EN 12600, en función del espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado, establecida para un acristalamiento laminado que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm y una capa intercalar de tensión de adhesión comprendida entre, respectivamente, 3,1 MPa y 6,8 MPa para la clase 1B1 y 4 MPa y 9,6 MPa para la clase 2B2;

15

- la figura 3 es una gráfica análoga a la gráfica de la figura 2, representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43, en función del espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado, establecida para un acristalamiento laminado que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 2,1 mm y una capa intercalar de tensión de adhesión comprendida entre 2 MPa y 5 MPa y para una altura de caída de 4 m;

20

- la figura 4 es una gráfica tridimensional, representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida para que un acristalamiento laminado resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43, en función tanto del espesor de capa intercalar como del espesor de sustrato del acristalamiento laminado, establecida para un acristalamiento laminado que comprende una capa intercalar de tensión de adhesión comprendida entre 2 MPa y 5 MPa y para una altura de caída de 4 m;

25

- la figura 5 es una vista frontal esquemática de un dispositivo experimental para evaluar la adhesión de una capa intercalar con respecto a los sustratos a los cuales está asociada;

- la figura 6 es una vista en perspectiva de una variante de dispositivo para evaluar la adhesión de una capa intercalar con respecto a los sustratos a los cuales esta asociada; y

30

- la figura 7 es una vista esquemática de un dispositivo experimental para evaluar la resistencia al desgarre de una capa intercalar.

En el primer modo de realización del procedimiento de fabricación de acuerdo con la invención, ilustrado por la gráfica de la figura 2, se busca dimensionar de un acristalamiento laminado para que resista impactos blandos (clases 1B1 y 2B2 de la norma EN 12600). A modo de ejemplo, y como se representa en la figura 1, el acristalamiento laminado 1 que se va a fabricar es un acristalamiento laminado que comprende dos sustratos de vidrio 3 y 5 entre los cuales esta dispuesta de manera solidaria una capa intercalar 7 de una composición química dada, estando indicada esta composición química específica por c_i , por ejemplo, una capa intercalar a base de PVB.

35

De acuerdo con la invención, con el objetivo de dimensionar del acristalamiento laminado 1, se verifica en primer lugar que sea satisfactoria la adhesión de la capa intercalar 7 con respecto a los sustratos 3 y 5. Para este propósito se evalúa la adhesión sobre la base del método de prueba y de cálculo descrito en la solicitud de patente EP-A-1 495 305, el cual se repite más adelante.

40

En primer lugar, se ejerce un esfuerzo de torsión sobre una muestra del acristalamiento laminado 1 hasta que se inicie la separación de la capa intercalar 7 con respecto a por lo menos uno de los sustratos 3 y 5. En la práctica, la prueba se lleva a cabo sobre una muestra 30 redonda del acristalamiento 1, de radio r igual a 10 mm, por ejemplo por medio de un dispositivo de torsión 300 de tipo conocido ilustrado en la figura 5.

45

El dispositivo 300 comprende tres mordazas 31, 32 y 33, una polea 34 de radio R igual a 100 mm y conectada a una cadena 35 de arrastre de eje vertical. Las mordazas son en forma de arcos de círculo de 120° cada uno, de manera que sujetan la totalidad de la muestra. El revestimiento superficial de las mordazas es de un material que es mecánicamente compatible con el vidrio, por ejemplo aluminio, Teflon® o polietileno.

50

Una de las mordazas se mantiene fija contra un bastidor mientras que otra mordaza se sujeta a la polea 34 que está destinada a girar con el fin de ejercer una torsión sobre la muestra. La rotación de la polea 34 se genera por el desplazamiento de la cadena 35 conectada a la polea. La cadena es arrastrada a una velocidad constante mínima

de 35 mm/min a 50 mm/min.

Con la ayuda de un sensor de fuerza se mide la fuerza F necesaria para la aparición de un inicio de separación de la capa intercalar 7 durante la torsión de la muestra. A partir de esto es entonces posible deducir por cálculo de tensión de cizallamiento de adhesión, por la fórmula conocida: $\tau = \frac{2FR}{\pi r^3}$, en donde F es la fuerza necesaria para la

5 aparición de un comienzo de separación de la capa intercalar 7, R es el radio de la polea 34 y r es el radio de la muestra.

10 Como se explica en la solicitud EP-A-1 495 305, el dispositivo 300 no obstante es voluminoso, lo que impone que las pruebas deban llevarse a cabo en laboratorio. El dispositivo 300 por lo tanto no es adecuado para mediciones del tipo de "indicadores de procedimiento" sobre una línea de fabricación de acristalamientos laminados. No obstante, para la fabricación de acristalamientos laminados, aunque la composición de la capa intercalar polimérica se elabora para satisfacer los valores de tensiones establecidos por la invención, puede, no obstante producirse una adhesión pobre de la capa intercalar en el producto terminado debido a los parámetros asociados al procedimiento de fabricación del acristalamiento, tales como las condiciones de almacenamiento de la capa intercalar, la calidad de lavado del vidrio, o además la temperatura y los esfuerzos de presión en el transcurso de la etapa de calandrado durante el ensamblado del vidrio y de la capa intercalar, lo cual influye en la calidad del pegado.

20 Con el fin de llevar a cabo mediciones durante el seguimiento de la fabricación en la proximidad a la línea de fabricación, y de esta manera intervenir rápidamente en el procedimiento en respuesta a valores pobres medidos de tensiones, es posible, como una variante, utilizar otro dispositivo 400 de medición el cual, ventajosamente, es de poco volumen y transportable fácilmente. Este dispositivo 400, representado en la figura 6, se miniaturiza a aproximadamente 60 cm por 20 cm, y comprende dos sistemas de tres mordazas, 40 y 41, un árbol de rotación 42, un motor 43 para la rotación del árbol, un aparato 44 de medición de par y una caja 45 que alberga los elementos de cálculo.

25 La muestra redonda del acristalamiento laminado 1 está destinada a quedar cogida entre los dos sistemas de mordazas 40 y 41, siendo uno de los sistemas 40 fijo mientras que el otro es apto para ser móvil y puesto en rotación gracias a la conexión al árbol 42. El aparato de medición de par esta dispuesto entre el motor y el sistema 41 de mordazas móviles. La velocidad de rotación del árbol depende del espesor de capa intercalar. A modo de ejemplo, para una capa intercalar de espesor 0,76 mm, la rotación es del orden de 0,08 rpm.

30 El sistema 41 gira y cuando se invierte el momento del par medido, tiene lugar el inicio de la separación de la capa intercalar 7. El aparato de medición está conectado a los elementos de cálculo de la caja 45, los cuales incluyen una parte de presentación sobre la cual se puede leer directamente el valor de la tensión de adhesión τ .

Cualquiera que sea el dispositivo que se utilice, con el objetivo de apreciar con detalle las dispersiones del valor de la tensión de adhesión τ , se prefiere repetir la prueba en varias muestras, por ejemplo un número mínimo de cinco y calcular un promedio de la tensión τ junto con su desviación estándar.

35 La adhesión de la capa intercalar 7 es adecuada si el valor de la tensión de adhesión τ está dentro de un intervalo de valores admisibles para que un acristalamiento laminado cualquiera resista los esfuerzos que corresponden a la clase en cuestión de la norma EN 12600. De acuerdo con la invención, este intervalo de valores admisibles se determina experimentalmente, para cada una de las clases 1B1 y 2B2 de la norma EN 12600, a partir de ensayos de resistencia mecánica normalizados definidos en la norma, los cuales se llevan a cabo sobre acristalamientos laminados de composiciones diferentes.

40 El intervalo de valores admisibles, dentro del cual cualquier valor de la tensión de adhesión τ es adecuado para satisfacer el criterio de adhesión, es el conjunto de los valores por debajo de 6,8 MPa para la clase 1B1 de la norma EN 12600 y por debajo de 9,6 MPa para la clase 2B2 de la norma EN 12600. En la práctica, el intervalo de valores admisibles considerado es igual a 3,1 MPa-6,8 MPa para la clase 1B1 y de 4 MPa-9,6 MPa para la clase 2B2, siendo determinado el límite inferior de estos intervalos de valores para asegurar una buena transparencia del acristalamiento, independientemente de las consideraciones de resistencia mecánica del acristalamiento.

Una vez que se ha verificado que la tensión de adhesión τ de la capa intercalar 7 se encuentra dentro del intervalo de valores admisibles de la clase en cuestión de la norma EN 12600, se procede al dimensionado propiamente dicho del acristalamiento laminado 1.

50 En este modo de realización, se dimensiona el acristalamiento 1 con un espesor total de sustrato de vidrio e_{g-dim} en el acristalamiento laminado fijado e igual a 6 mm, lo cual corresponde, por ejemplo, a un espesor de cada sustrato de vidrio 3 y 5 de 3 mm.

Para dimensionar la capa intercalar 7, se traza en primer lugar una curva C_1 o C_2 , que se observan en la figura 1, representativas de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima J_{c-min} requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de igual composición

química c_i que la capa intercalar 7 del acristalamiento laminado 1 que se va a fabricar, resista los esfuerzos que corresponden a la clase en cuestión, 1B1 o 2B2 de la norma EN 12600, en función del espesor de capa intercalar e_i del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta curva para un espesor de sustrato e_g igual a 6 mm. En la práctica, la curva C_1 o C_2 se obtiene a partir de ensayos de resistencia mecánica normalizados definidos en la norma EN 12600, llevados a cabo sobre acristalamientos laminados que comprenden cada uno por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de composición química c_i y que difieren entre sí por su valor de espesor de capa intercalar, es decir, por su composición en términos de espesor de su capa intercalar.

Después se identifica un acristalamiento laminado de referencia, el cual resista los esfuerzos que corresponden a la clase en cuestión, 1B1 o 2B2, con un espesor de sustrato de vidrio igual a 6 mm y el cual comprende una capa intercalar de igual composición química c_i que la capa intercalar 7 del acristalamiento laminado 1 que se va a dimensionar.

Un ejemplo de un acristalamiento laminado de referencia para el dimensionado del acristalamiento 1 de acuerdo con los requerimientos de la clase 1B1 es del tipo « 33.2 », es decir, comprende dos sustratos de vidrio, cada uno con un espesor de 3 mm y dos pliegues de capa intercalar que tienen la composición específica c_i , teniendo cada pliegue de la capa intercalar un espesor estandarizado de 0,38 mm, lo que corresponde a un espesor de capa intercalar total e_{i-ref} del acristalamiento laminado de referencia igual a 0,76 mm. La resistencia de este acristalamiento de referencia a los esfuerzos que corresponden a la clase 1B1 se verifica por un ensayo de resistencia mecánica normalizado.

Se determina entonces la resistencia al desgarre J_{c-ref} de la capa intercalar del acristalamiento de referencia « 33.2 ». La resistencia al desgarre se evalúa sobre la base de un método de cálculo de la energía de fondo de fisura J desarrollado por Tielking, el cual se explica en las solicitudes de patente EP-A-1 151 855 y EP-A-1 495 305.

La resistencia al desgarre de la capa intercalar es una característica intrínseca del material que le constituye. Se caracteriza por un valor energético representativo de la energía necesaria para la propagación de una fisura iniciada en el material. Esta energía, conocida como energía crítica J_c , es diferente para cada tipo de material y es independiente del espesor de la película de capa intercalar.

La resistencia al desgarre o la energía crítica J_c está proporcionada de una manera conocida por un método energético basado en la integral de Rice J , el cual define la energía localizada en fondo de fisura en una película sometida a tensiones muy intensas en el lugar de un agrietamiento. Se escribe en forma matemática simplificada:

$$J = -\frac{1}{e_1} \left(\frac{\partial U}{\partial a} \right),$$
 para un estiramiento dado δ de la muestra probada que en lo siguiente se denominará desplazamiento δ y en la cual:

e_1 , es el espesor de la muestra;

a , es el tamaño de la fractura;

U , es la energía potencial de la muestra.

El dispositivo experimental para la determinación de la resistencia al desgarre se ilustra en la figura 7. Se han realizado ensayos de tracción por medio de una máquina 500 de tracción-compresión en varias muestras Ex_n , por ejemplo en número de cuatro, de un mismo material y de superficie igual a 100 mm² (50 mm de longitud por 20 mm de anchura). Cada muestra se ranura en sus lados y perpendicularmente a la fuerza de tracción, con una longitud de agrietamiento a diferente para cada muestra Ex_n , y que corresponde a 5 mm, 8 mm, 12 mm y 15 mm, respectivamente.

Cada muestra Ex_n es estirada perpendicularmente a los agrietamientos 20 a una velocidad de estiramiento de 100 mm/min y en una longitud de estiramiento o distancia δ dada, y en un ambiente en el cual la temperatura es de 20°C.

De acuerdo con el método descrito con detalle en el documento EP-A-1 495 305, es posible establecer una curva de evolución de la energía J de fondo de fisura en función del estiramiento δ experimentado por la muestra (no representada). Con la ayuda de una cámara de video la cual muestra la propagación de la fisura 20, se detecta después para qué desplazamiento δ_c se inicia la propagación de la fisura de la muestra. Después, a partir de la curva $J(\delta)$, se deduce el valor de la energía crítica J_c de inicialización del desgarre de la muestra, que corresponde al desplazamiento δ_c . Es este valor crítico J_c en el que el material se desgarró y en el que en consecuencia éste es dañado mecánicamente con respecto a la función mecánica requerida.

La resistencia al desgarre o energía crítica J_{c-ref} medida para la capa intercalar del acristalamiento de referencia « 33.2 », la cual satisface los requerimientos de la clase 1B1 de la norma EN 12600, es 18.000 J/m².

Con la ayuda de la curva C_1 , se deduce entonces el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} que corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida J_{c-min} igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia J_{c-ref} , es decir, igual a 18.000 J/m². Como

se muestra en la curva C_1 de la figura 2, el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} es igual a 0,62 mm en este ejemplo.

5 Por lo tanto, es posible dimensionar el acristalamiento laminado 1 con un espesor e_{i-dim} de la capa intercalar 7 mayor que o igual al espesor de capa intercalar mínimo requerido $e_{i-min} = 0,62$ mm. Se obtiene así un acristalamiento laminado 1 que satisface los requerimientos de la clase 1B1 de la norma EN 12600, el cual comprende dos sustratos de vidrio 3 y 5 de espesor 3 mm y una capa intercalar 7 de composición química c_i que tiene un espesor de menos de 0,76 mm dispuesta de manera solidaria entre los sustratos.

10 Como se ilustra en este ejemplo, el procedimiento de dimensionado de acuerdo con la invención permite un dimensionado óptimo de un acristalamiento laminado para que resista esfuerzos predeterminados, es decir, con un espesor total mínimo del acristalamiento laminado. En particular, gracias a la invención, es posible, con el fin de superar la misma clase de eficiencia de la misma norma, sustituir sistemáticamente un acristalamiento conocido por un acristalamiento más delgado. En el ejemplo precedente es así posible, para superar la clase 1B1 de la norma EN 12600, sustituir el acristalamiento de referencia conocido « 33.2 » por un acristalamiento más delgado que comprenda dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm y una capa intercalar de PVB de composición química c_i de espesor e_{i-dim} , en donde $0,62 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,76 \text{ mm}$.

15 Preferiblemente, el espesor de capa intercalar e_{i-dim} de un acristalamiento laminado dimensionado como en el ejemplo precedente únicamente es mayor que el valor de espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} dentro de un límite del 20% por encima de este valor, es decir, en el ejemplo precedente, e_{i-dim} es preferiblemente tal que $0,62 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,74 \text{ mm}$.

20 Un procedimiento de dimensionado análogo, aplicado a la clase 2B2 de la norma EN 12600, conduce de la misma manera, con la ayuda de la curva C_2 de la figura 2, a la identificación de un espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} igual a 0,3 mm para un acristalamiento laminado 1 que comprenda dos sustratos de vidrio 3 y 5 de espesor 3 mm y una capa intercalar 7 a base en PVB que tenga la composición química específica c_i y dispuesta de manera solidaria entre los sustratos. En este caso, un ejemplo de un acristalamiento laminado de referencia es del tipo « 33.1 », es decir, comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm cada uno y un pliegue de capa intercalar de espesor estándar que tiene la composición específica c_i , lo cual corresponde a un espesor de capa intercalar e_{i-ref} del acristalamiento laminado de referencia igual a 0,38 mm.

25 Preferiblemente, el espesor de capa intercalar e_{i-dim} de un acristalamiento laminado dimensionado para satisfacer los requerimientos de la clase 2B2 es únicamente mayor que el valor de espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} dentro de un límite del 20% por encima de este valor, es decir, en el ejemplo precedente, e_{i-dim} es preferiblemente tal que $0,3 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,36 \text{ mm}$.

30 La capa intercalar 7 de la composición química c_i considerada en los ejemplos precedentes tiene prestaciones medias desde el punto de vista de resistencia al desgarre. En particular, existen otras composiciones químicas de capas intercalares, a base de PVB o de otros materiales, para las cuales las prestaciones de resistencia al desgarre son mayores que aquéllas de las capas intercalares de composición química c_i . Los niveles de resistencia al desgarre de las composiciones de capas intercalares más eficientes conocidas actualmente permiten tomar en consideración espesores de capa intercalar mínimos requeridos e_{i-min} más reducidos con respecto a los valores proporcionados previamente a modo de ejemplo.

35 Así, para un acristalamiento laminado adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 1B1 de la norma EN 12600 y que comprenden dos sustratos de vidrio de espesor de 3 mm, el espesor de la capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} puede descender hasta aproximadamente 0,5 mm. Por lo tanto, el espesor de capa intercalar optimizado e_{i-dim} de un acristalamiento laminado que satisface los requerimientos de la clase 1B1 de la norma EN 12600 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm, es generalmente tal que $0,5 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,74 \text{ mm}$, correspondiendo el límite inferior de este intervalo a las composiciones químicas de capas intercalares que tienen prestaciones elevadas desde el punto de vista de su resistencia al desgarre.

40 De modo similar, para un acristalamiento laminado adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la clase 2B2 de la norma EN 12600 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm, el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} puede disminuir hasta aproximadamente 0,25 mm, de manera que el espesor de capa intercalar optimizado e_{i-dim} de un acristalamiento laminado que satisface los requerimientos de la clase 1B1 de la norma EN 12600 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm, es generalmente tal que $0,25 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,36 \text{ mm}$, correspondiendo el límite inferior de este intervalo, como en lo anterior, a las composiciones químicas de capas intercalares que tienen prestaciones elevadas desde el punto de vista de su resistencia al desgarre.

45 Para la fabricación de acristalamientos laminados más delgados de acuerdo con la invención que comprendan una capa intercalar de espesor no estándar e_{i-dim} , es decir, de espesor diferente de 0,38 mm, 0,76 mm, 1.14 mm, 1,52 mm, 2,28 mm, es posible integrar en el procedimiento de fabricación clásico de acristalamientos laminados una etapa suplementaria de estirado, a partir de una lámina de la capa intercalar considerada que tenga un espesor estándar, hasta que se obtenga el espesor no estándar e_{i-dim} . Como una variante, es posible fabricar la capa

intercalar directamente por extrusión con el espesor no estándar e_{i-dim} .

En los modos de realización ilustrados por las gráficas de las figuras 3 y 4, se busca dimensionar un acristalamiento laminado, por ejemplo un parabrisas de un vehículo automóvil de manera que resista impactos duros (norma R43). Como en lo anterior, el acristalamiento laminado que se va a fabricar es, por ejemplo, el acristalamiento laminado 1 de la figura 1, el cual comprende dos sustratos de vidrio 3 y 5 entre los cuales está dispuesta de manera solidaria una capa intercalar 7 de composición química específica c_i , por ejemplo una capa intercalar a base en PVB.

De una manera análoga al primer modo de realización, con el objetivo de dimensionar el acristalamiento laminado 1 de manera que satisfaga los requerimientos de la norma R43, se verifica en primer lugar que la adhesión de la capa intercalar 7 con respecto a los sustratos 3 y 5 sea satisfactoria. Para este propósito, se evalúa la tensión de adhesión τ de la capa intercalar 7 como se describió en lo anterior, y se controla que el valor de la tensión de adhesión τ esté dentro de un intervalo de valores admisibles para que un acristalamiento laminado cualquiera resista los esfuerzos correspondientes a la norma R43. De acuerdo con la invención, este intervalo de valores admisibles se determina experimentalmente a partir de ensayos de resistencia mecánica normalizados definidos en la norma R43, los cuales se llevan a cabo sobre acristalamientos laminados de composiciones diferentes.

El intervalo de valores admisibles para la norma R43, en el interior del cual cualquier valor de la tensión de adhesión τ es adecuado para satisfacer el criterio de adhesión, es el conjunto de los valores por debajo de 5 MPa. Preferiblemente, el intervalo de valores admisibles de la tensión de adhesión τ para la norma R43 es igual a 2 MPa-5 MPa, siendo determinado el límite inferior de este intervalo de valores con el fin de asegurar una buena transparencia del acristalamiento, independientemente de las consideraciones de resistencia mecánica del acristalamiento.

Una vez que se haya verificado que la tensión de adhesión τ de la capa intercalar 7 se encuentra dentro del intervalo mencionado antes de valores admisibles, se lleva a cabo el dimensionado propiamente dicho del acristalamiento laminado 1. Las gráficas de las figuras 3 y 4 ilustran dos soluciones posibles para el dimensionado del acristalamiento laminado 1 de manera que satisfaga los requerimientos de la norma R43.

De acuerdo con una primera solución, la cual corresponde a la figura 3, se dimensiona el acristalamiento laminado 1 como en el primer modo de realización con un espesor total e_{g-dim} del sustrato de vidrio en el acristalamiento laminado fijado e igual a 4.2 mm, lo cual corresponde, por ejemplo, a un espesor de cada sustrato de vidrio, 3 y 5, de 2,1 mm.

En este caso, con el objetivo de dimensionar la capa intercalar 7, en primer lugar se traza una curva C_3 , que se observa en la figura 3, representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida J_{c-min} para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de la misma composición química c_i que la capa intercalar 7 del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43, en función del espesor de capa intercalar e_i del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta curva para un espesor de sustrato e_g igual a 4.2 mm. En la práctica, la curva C_3 se obtiene a partir de ensayos de resistencia mecánica normalizados definidos en la norma R43, llevados a cabo sobre acristalamientos laminados que comprenden cada uno por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de composición química c_i y que difieren entre sí por su composición en términos de espesor de su capa intercalar.

A continuación se identifica un acristalamiento laminado de referencia, el cual resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43 con un espesor de sustrato de vidrio igual a 4,2 mm y que comprenda una capa intercalar que tenga la composición química específica c_i . Un ejemplo de tal acristalamiento laminado de referencia es el acristalamiento conocido 2,1/0,76/2,1 el cual comprende dos sustratos de vidrio de espesor 2,1 mm, cada uno y dos pliegues de capa intercalar de espesor estándar que tienen la composición c_i , lo cual corresponde a un espesor de capa intercalar e_{i-ref} del acristalamiento laminado de referencia igual a 0,76 mm. La resistencia de este acristalamiento de referencia a los esfuerzos que corresponde a la norma R43 se verifica por un ensayo de resistencia mecánica normalizado, en este ejemplo con una altura de caída del impactador de 4 m.

Se determina entonces la resistencia al desgarre J_{c-ref} de la capa intercalar del acristalamiento de referencia 2,1/0,76/2,1 por el método de Tielking descrito en lo anterior. El valor de la resistencia al desgarre J_{c-ref} medido para la capa intercalar de composición c_i del acristalamiento de referencia 2,1/0,76/2,1 es 31.000 J/m².

Con la ayuda de la curva C_3 , se deduce el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} que corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínimo requerido J_{c-min} igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia J_{c-ref} . Como se muestra en la curva C_3 , el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} es igual a 0,45 mm.

De esta manera, es posible dimensionar el acristalamiento laminado 1 con un espesor e_{i-dim} de la capa intercalar 7 mayor que o igual al espesor de capa intercalar mínimo requerido $e_{i-min} = 0,45$ mm. Se obtiene así un acristalamiento laminado 1 que satisface los requerimientos de la norma R43, el cual comprende dos sustratos 3 y 5 de espesor 2,1 mm y una capa intercalar 7 de PVB de composición química c_i , que tiene un espesor inferior a 0,76 mm dispuesta de

manera solidaria entre los sustratos.

Preferiblemente, el espesor de la capa intercalar e_{i-dim} del acristalamiento laminado es mayor que el valor de espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} únicamente dentro de un límite del 20% por encima de este valor, es decir, en el ejemplo precedente, e_{i-dim} es preferiblemente tal que $0,45 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,55 \text{ mm}$.

- 5 De acuerdo con una segunda posible solución para el dimensionado del acristalamiento laminado 1 de manera que satisfaga los requerimientos de la norma R43, lo cual corresponde a la figura 4, se dimensiona el acristalamiento laminado 1 sin fijar arbitrariamente el espesor de sustrato de vidrio del acristalamiento laminado.

10 En este caso, se traza una gráfica tridimensional C_4 , que se observa en la figura 4, representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida J_{c-min} con el fin de que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de la misma composición química c_i que la capa intercalar 7 del acristalamiento laminado 1 que haya que fabricar, resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43, en función tanto del espesor de capa intercalar e_i del acristalamiento laminado cualquiera como del espesor de sustrato e_g del acristalamiento laminado cualquiera. La gráfica C_4 de la figura 4 se obtiene a partir de ensayos de resistencia mecánica normalizados definidos en la norma R43 llevados a cabo sobre acristalamientos laminados que comprenden cada uno por lo menos un sustrato de vidrio y una capa intercalar de composición química c_i y que difieren entre sí por su composición en términos de espesor de capa intercalar y de espesor de sustrato.

15 Se determina después la resistencia al desgarre J_{c-ref} de un acristalamiento laminado de referencia, que resista los esfuerzos que corresponden a la norma R43 y que comprenda una capa intercalar que tenga la composición química específica c_i .

- 20 El acristalamiento laminado conocido 2,1/0,76/2,1 descrito en lo anterior se puede utilizar, por ejemplo, como acristalamiento laminado de referencia igual que el acristalamiento laminado 2,1/0,76/1,8, igualmente conocido, que comprende dos sustratos de vidrio de espesores respectivos de 2,1 mm y 1,8 mm y dos pliegues de capa intercalar de espesor estándar que tienen la composición química c_i , lo que corresponde a un espesor de capa intercalar e_{i-ref} igual a 0,76 mm. La resistencia al desgarre J_{c-ref} de uno o el otro acristalamiento de referencia a los esfuerzos que corresponden a la norma R43 se evalúa como en lo anterior por el método de Tielking.

25 Con la ayuda de la gráfica C_4 se deduce después una combinación de valores óptimos e_{i-opt} , e_{g-opt} del espesor de capa intercalar y del espesor de sustrato el cual corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida J_{c-min} igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia J_{c-ref} . Por combinación de los valores óptimos del espesor de capa intercalar y del espesor de sustrato se entiende una combinación para la cual se minimiza el espesor total del acristalamiento laminado. Por ejemplo, si se parte del acristalamiento de referencia 2,1/0,76/2,1, el cual corresponde a un valor de la fuerza de desgarre J_{c-ref} de 31.000 J/m^2 , los puntos que proporcionan una combinación de valores óptimos e_{i-opt} , e_{g-opt} son los puntos de la superficie, o capa,, de la gráfica C_4 los cuales corresponden a un valor J_{c-min} de 31.000 J/m^2 . A este respecto, se hace notar que cada uno de los valores óptimos e_{i-opt} o e_{g-opt} no es necesariamente, de modo individual, un valor mínimo del espesor de capa intercalar o un valor mínimo del espesor de sustrato. La combinación de los valores e_{i-opt} y e_{g-opt} es la que conduce a un valor minimizado del espesor global del acristalamiento laminado.

30 Como se observa en la figura C_4 , la combinación de valores $e_i = 0,5 \text{ mm}$ $e_g = 1,8 \text{ mm}/1,4 \text{ mm}$ es una combinación de valores mayores que o iguales a una combinación de valores óptimos. Por lo tanto, es posible dimensionar el acristalamiento laminado 1 con un espesor e_{i-dim} de la capa intercalar 7 que sea mayor que o igual a 0,5 mm y espesores de e_{g-dim} de los sustratos 3 y 5 de 1,8 mm y 1,4 mm, respectivamente, satisfaciendo este acristalamiento laminado 1 los requerimientos de la norma R43.

35 Como se explicó en el primer modo de realización, la capa intercalar de composición química c_i considerada en los ejemplos anteriores tiene prestaciones medias desde el punto de vista de su resistencia al desgarre y los niveles de resistencia al desgarre de las composiciones químicas de capas intercalares que funcionan mejor actualmente conocidas permiten tomar en consideración combinaciones de valores óptimos de e_{i-opt} , e_{g-opt} más reducidos con respecto a los valores proporcionados previamente.

40 En particular, para un acristalamiento laminado adecuado para resistir los esfuerzos que corresponden a la norma R43 y que comprenden dos sustratos de vidrio de espesores respectivos de 1,8 mm y 1,4 mm, el espesor de capa intercalar mínimo requerido e_{i-min} puede descender hasta aproximadamente 0,4 mm. Por lo tanto, el espesor de capa intercalar optimizado e_{i-dim} de un acristalamiento laminado que satisface los requerimientos de la norma R43 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesores respectivos de 1,8 mm y 1,4 mm, es en general tal que $0,4 \text{ mm} \leq e_{i-dim} \leq 0,74 \text{ mm}$, correspondiendo el límite inferior de este intervalo a las composiciones químicas de capas intercalares que tienen prestaciones elevadas desde el punto de vista de su resistencia al desgarre.

45 Si se desea que la capa intercalar 7 del acristalamiento laminado 1 tenga a la vez resistencia mecánica y propiedades de aislamiento acústico, es aconsejable seleccionar la capa intercalar 7 por sus prestaciones acústicas, antes de la evaluación de la tensión de adhesión τ y del dimensionado propiamente dicho con la ayuda de la gráfica de la resistencia al desgarre mínima J_{c-min} en función del espesor de capa intercalar e_i y/o del espesor de sustrato

e_g .

5 Para este propósito se utiliza la técnica de selección descrita en la solicitud de patente EP-A-0 844 075. De acuerdo con esta técnica de selección, se evalúa con la ayuda de un analizador de viscosidad la componente elástica (o módulo de cizallamiento) G' y la tangente del ángulo de pérdida (o factor de pérdida) $tg\delta$ del material de la capa intercalar.

10 El analizador de viscosidad permite someter una muestra del material a sollicitaciones de deformaciones bajo condiciones precisas de temperatura y de frecuencia, y por lo tanto obtener y tratar la totalidad de las magnitudes reológicas que caracterizan el material. La explotación de los datos brutos de las mediciones de fuerza, desplazamiento y desfase en función de la frecuencia, a cada temperatura, permite calcular las magnitudes del módulo de cizallamiento G' y de la tangente del ángulo de pérdida $tg\delta$.

Se ha demostrado que una buena capa intercalar acústica debe tener un factor de pérdida $tg\delta$ mayor de 0,6 y un módulo de cizallamiento G' menor de $2 \cdot 10^7$ N/m², para una temperatura de 20 °C y una frecuencia de 50 Hz.

Una vez que el material de la capa intercalar se haya seleccionado por sus propiedades acústicas, se evalúa su adhesión y después se dimensiona el acristalamiento laminado de acuerdo con el procedimiento de la invención.

15 Como se deduce de los modos de realización descritos previamente, el procedimiento de acuerdo con la invención permite determinar espesores óptimos de sustrato y/o de capa intercalar para un acristalamiento laminado garantizando que el acristalamiento obtenido resista esfuerzos predeterminados. En particular, gracias a la invención, es posible, para una clase de eficiencia de una norma, buscar sistemáticamente una versión más delgada de un acristalamiento conocido que satisfaga los requerimientos de esta clase de eficiencia. De este modo, es posible evitar sobredimensionados significativos de los acristalamientos laminados, lo cual no es posible con los métodos conocidos de dimensionado de acristalamientos laminados.

20 Por una parte, esto proviene de lo que el procedimiento de acuerdo con la invención toma en consideración y permite una variación de la totalidad de los parámetros que influyen en la resistencia mecánica del acristalamiento laminado, los cuales son la adhesión de la capa intercalar con respecto al sustrato, la resistencia al desgarre de capa intercalar, el espesor de capa intercalar, el espesor de sustrato. Por otra parte, el procedimiento de acuerdo con la invención permite una determinación directa de los espesores optimizados de capa intercalar y de sustrato, y no por tanteos como es el caso con métodos conocidos de dimensionado, gracias a la gráfica que proporciona la resistencia al desgarre mínima requerida en función de los espesores.

25 Resulta así la posibilidad, para cada aplicación de acristalamiento laminado, de reducir los espesores de capa intercalar y/o de sustrato de los acristalamientos laminados con respecto a los acristalamientos laminados utilizados actualmente, con una reducción inducida del costo de producción y del peso de los acristalamientos laminados y al mismo tiempo garantiza las prestaciones de estos acristalamientos en términos de resistencia mecánica. En particular, es posible reducir el espesor de capa intercalar, el espesor de sustrato o ambos al mismo tiempo y por lo tanto reducir el espesor total del acristalamiento laminado.

30 Se entiende claramente que el acristalamiento laminado de acuerdo con la invención, dimensionado para obtener una cierta resistencia mecánica, puede comprender uno o más sustratos con función de vidrio, de igual manera una capa intercalar monolítica o bien una pluralidad de capas intercalares separadas por varios sustratos. En cualquier caso, la suma de los espesores de los sustratos corresponde al espesor de sustrato e_{g-dim} y la suma de los espesores de las capas intercalares corresponde al espesor de capa intercalar e_{i-dim} , en donde e_{i-dim} y e_{g-dim} se determinan gracias a la gráfica que proporciona la resistencia al desgarre mínima requerida en función de los espesores.

35 La invención no se limita a los ejemplos descritos y representados. En particular, la invención se ha ilustrado a partir de ejemplos de acristalamientos laminados que utilizan por lo menos un sustrato de vidrio y por lo menos una capa intercalar de PVB de composición química c_i . No obstante, la invención se puede aplicar a cualquier tipo de acristalamiento laminado que tenga una composición química dada de su sustrato o de cada uno de sus sustratos con función de vidrio y una composición química dada de su capa intercalar o de cada una de sus capas intercalares poliméricas. En particular, se puede aplicar para un acristalamiento laminado que comprenda por lo menos un sustrato de plástico con función de vidrio. También se puede aplicar para un acristalamiento laminado que comprenda por lo menos una capa intercalar de PVB que tenga una composición química diferente de la composición c_i , o además para un acristalamiento laminado que comprenda por lo menos una capa intercalar constituida a base de un material polimérico con propiedades viscoelásticas diferentes que el PVB tal como, a modo de ejemplos no limitantes, el etileno vinil acetato (EVA) o el poliuretano (PU).

40 Además, el procedimiento de acuerdo con la invención se ha ilustrado en lo anterior para casos en los cuales sea que el espesor del sustrato esté fijado en un valor de referencia conocido y el espesor de capa intercalar esté optimizado, o bien que los dos espesores de sustrato y de capa intercalar estén optimizados simultáneamente. El procedimiento de dimensionado de acuerdo con la invención, no obstante, también se puede llevar a cabo fijando el espesor de capa intercalar en un valor de referencia conocido y optimizando únicamente el espesor de sustrato, con

ES 2 671 902 T3

la ayuda de una gráfica representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima J_{c-min} en función del espesor de sustrato e_g , siendo establecida esta gráfica para un espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado igual al valor de referencia conocido.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un acristalamiento laminado (1) de manera que resista esfuerzos predeterminados, comprendiendo el acristalamiento laminado por lo menos un sustrato con función de vidrio (3, 5) de composición química dada y por lo menos una capa intercalar polimérica (7) de una composición química dada (c_i), caracterizado por que comprende las etapas en las cuales:
- 5 - se identifica un acristalamiento laminado de referencia, que resista los citados esfuerzos predeterminados y que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar;
- 10 - se determina la resistencia al desgarre (J_{c-ref}) de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia, el espesor de capa intercalar (e_{i-ref}) del acristalamiento laminado de referencia y el espesor de sustrato (e_{g-ref}) del acristalamiento laminado de referencia;
- 15 - con la ayuda de una gráfica (C_1, C_2, C_3, C_4) representativa de las resistencia al desgarre de capa intercalar mínima (J_{c-min}) requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los citados esfuerzos predeterminados, en función del espesor de la capa intercalar (e_i) del acristalamiento laminado cualquiera y/o del espesor de sustrato (e_g) del acristalamiento laminado cualquiera, se deduce una combinación de valores óptimos (e_{i-opt}, e_{g-opt}) del espesor de capa intercalar y del espesor de sustrato los cuales corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia ($J_{c-min} = J_{c-ref}$);
- 20 - se dimensiona el acristalamiento laminado (1) con un espesor (e_{i-dim}) de capa intercalar seleccionado mayor que o igual al citado valor óptimo de espesor (e_{i-opt}) de capa intercalar y se selecciona un espesor de sustrato (e_{g-dim}) mayor que o igual al citado valor óptimo de espesor de sustrato (e_{g-opt}).
- 2, Procedimiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado por que se dimensiona el acristalamiento laminado (1) con un espesor de sustrato seleccionado igual al espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia ($e_{g-dim} = e_{g-ref}$) y por que el procedimiento comprende etapas en las cuales:
- 25 - con la ayuda de una gráfica (C_1, C_2, C_3) representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima (J_{c-min}) requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los citados esfuerzos predeterminados, en función del espesor de capa intercalar (e_i) del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta gráfica para un espesor de sustrato del acristalamiento laminado cualquiera igual al espesor de sustrato en el acristalamiento laminado de referencia ($e_g = e_{g-ref}$), se deduce el espesor de capa intercalar mínimo requerido (e_{i-min}), el cual corresponde a un valor de resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia ($J_{c-min} = J_{c-ref}$);
- 30 - se dimensiona el acristalamiento laminado (1) con un espesor de capa intercalar seleccionado (e_{i-dim}) mayor que o igual al citado espesor de capa intercalar mínimo requerido (e_{i-min}) y un espesor de sustrato seleccionado (e_{g-dim}) igual al espesor de sustrato del acristalamiento laminado de referencia (e_{g-ref}).
- 3, Procedimiento de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado por que se dimensiona el acristalamiento laminado (1) con un espesor de capa intercalar seleccionado igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia ($e_{i-dim} = e_{i-ref}$) y por que el procedimiento comprende etapas en las cuales:
- 40 - con la ayuda de una gráfica representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima (J_{c-min}) requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los citados esfuerzos predeterminados, en función del espesor de sustrato (e_g) del acristalamiento laminado cualquiera, siendo establecida esta gráfica para un espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado cualquiera igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia ($e_i = e_{i-ref}$), se deduce el espesor de sustrato mínimo requerido (e_{g-min}), el cual corresponde a un valor de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima requerida igual a la resistencia al desgarre de la capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia ($J_{c-min} = J_{c-ref}$);
- 45 - se dimensiona el acristalamiento laminado (1) con un espesor de capa intercalar seleccionado (e_{i-dim}) igual al espesor de capa intercalar del acristalamiento laminado de referencia (e_{i-ref}) y un espesor de sustrato seleccionado (e_{g-dim}) mayor que o igual al espesor de sustrato mínimo requerido (e_{g-min}).
- 50 4. Procedimiento de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque por lo menos uno de los espesores seleccionados es estrictamente menor que el espesor correspondiente del acristalamiento laminado de referencia ($e_{i-dim} < e_{i-ref}$ y/o $e_{g-dim} < e_{g-ref}$).

5. Procedimiento de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, antes del dimensionado del acristalamiento laminado (1) para que resista los citados esfuerzos predeterminados, se traza la gráfica (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) representativa de la resistencia al desgarre de capa intercalar mínima (J_{c-min}) requerida para que un acristalamiento laminado cualquiera, que comprenda por lo menos un sustrato y una capa intercalar de iguales composiciones químicas que las del acristalamiento laminado que se va a fabricar, resista los esfuerzos predeterminados, en función del espesor de capa intercalar (e_i) del acristalamiento laminado cualquiera y/o del espesor de sustrato (e_g) del acristalamiento laminado cualquiera, a partir de ensayos de resistencia mecánica llevados a cabo sobre acristalamientos laminados de composiciones diferentes en términos de espesor de capa intercalar y/o de espesor de sustrato.
6. Procedimiento de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, antes del dimensionado del acristalamiento laminado (1) para que resista los citados esfuerzos predeterminados, se verifica que la adhesión de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar sea satisfactoria con respecto al sustrato de este acristalamiento laminado.
7. Procedimiento de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado por que se verifica que la adhesión de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se fabrique sea satisfactoria con respecto al sustrato de este acristalamiento laminado realizando una torsión de una muestra de la capa intercalar solidaria del sustrato, midiendo la fuerza torsional (F) para la cual se inicia la separación de la capa intercalar del sustrato, calculando a partir de esta fuerza (F) la tensión de cizallamiento de adhesión correspondiente (τ) y comparando este valor de la tensión de adhesión (τ) con un intervalo de valores admisibles para que un acristalamiento laminado cualquiera resista los citados esfuerzos predeterminados.
8. Procedimiento de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se identifica el acristalamiento laminado de referencia que resista los citados esfuerzos predeterminados llevando a cabo un ensayo de resistencia mecánica sobre el acristalamiento laminado de referencia.
9. Procedimiento de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la resistencia al desgarre (J_{c-ref}) de la capa intercalar del acristalamiento de referencia se determina por el método de Tielking.
10. Procedimiento de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que, antes del dimensionado del acristalamiento laminado (1) para que resista los citados esfuerzos predeterminados, se verifica que sean satisfactorias las propiedades de aislamiento acústico de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar.
11. Procedimiento de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado por que las propiedades de aislamiento acústico de la capa intercalar del acristalamiento laminado que se va a fabricar son satisfactorias cuando la capa intercalar tiene un factor de pérdida $tg\delta$ mayor de 0,6 y un módulo de cizallamiento G' menor de $2 \cdot 10^7$ N/m² para una temperatura de 20 °C y una frecuencia de 50 Hz.
12. Acristalamiento laminado obtenido por el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que es adecuado para resistir los esfuerzos correspondientes a la clase 1B1 de EN 12600 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm y una capa intercalar de PVB de espesor e_i tal que $0,5 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.
13. Acristalamiento laminado obtenido por el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que es adecuado para resistir los esfuerzos correspondientes a la clase 2B2 de la norma EN 12600 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesor 3 mm y una capa intercalar de PVB de espesor e_i tal que $0,25 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,36 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.
14. Acristalamiento laminado obtenido por el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que es adecuado para resistir los esfuerzos correspondientes a la norma R43 y que comprende dos sustratos de vidrio de espesores respectivos $e_{g1} = 1,8 \text{ mm}$ y $e_{g2} = 1,4 \text{ mm}$ y una capa intercalar de PVB de espesor e_i tal que $0,4 \text{ mm} \leq e_i \leq 0,74 \text{ mm}$ dispuesta de manera solidaria entre los sustratos de vidrio.
15. Acristalamiento laminado de conformidad con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el cual la capa intercalar tiene un factor de pérdida $tg\delta$ mayor de 0,6 y un módulo de cizallamiento G' menor de $2 \cdot 10^7$ N/m² para una temperatura de 20 °C y una frecuencia de 50 Hz.

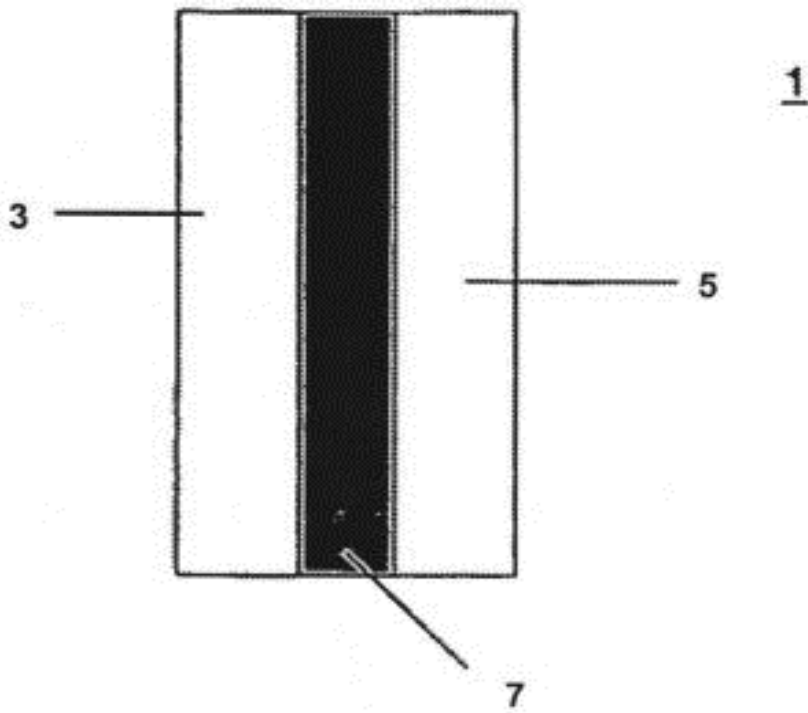


FIG.1

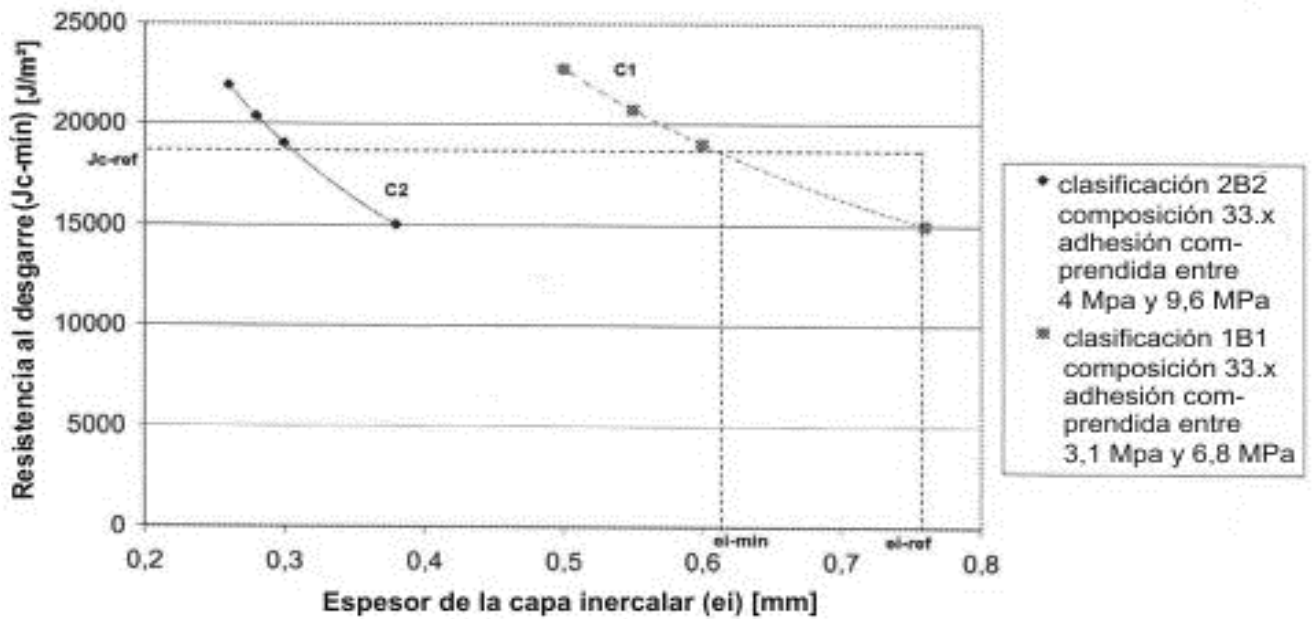
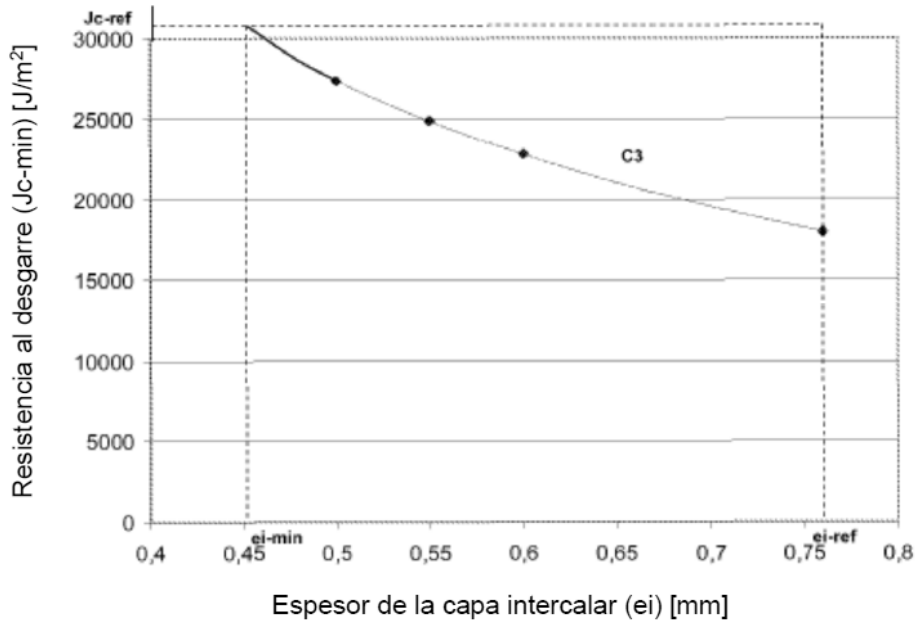


FIG.2



- altura de caída 4 m
composición 2,1/2,1
adhesión comprendida
entre 2 MPa y 4 MPa

FIG.3

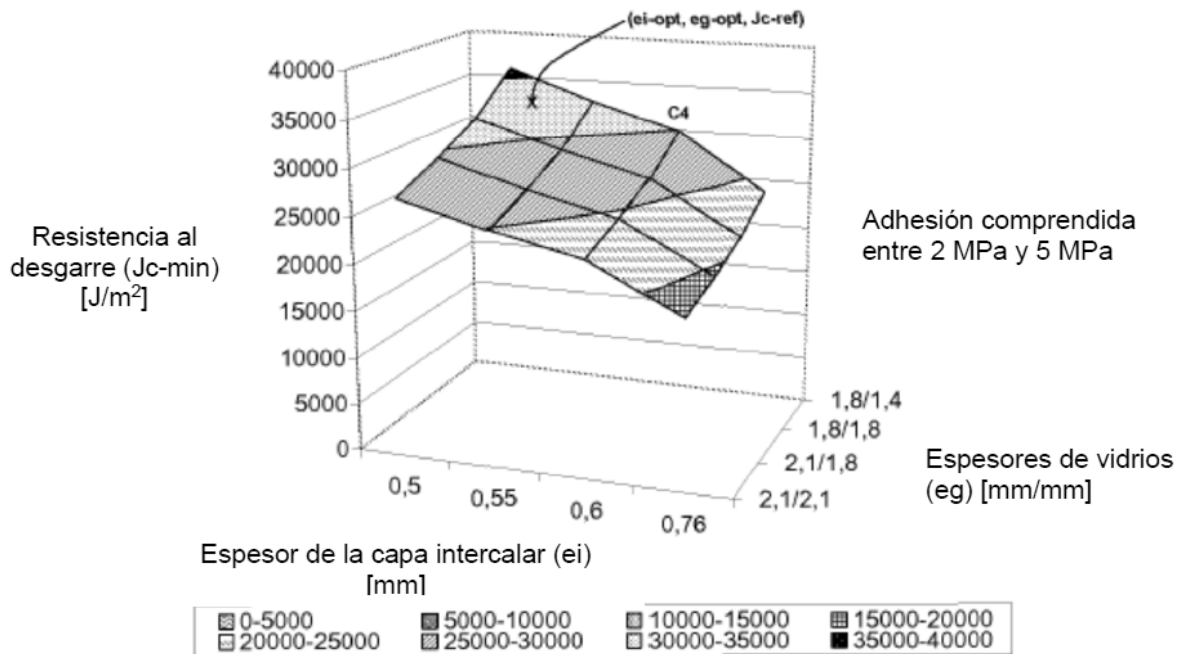


FIG.4

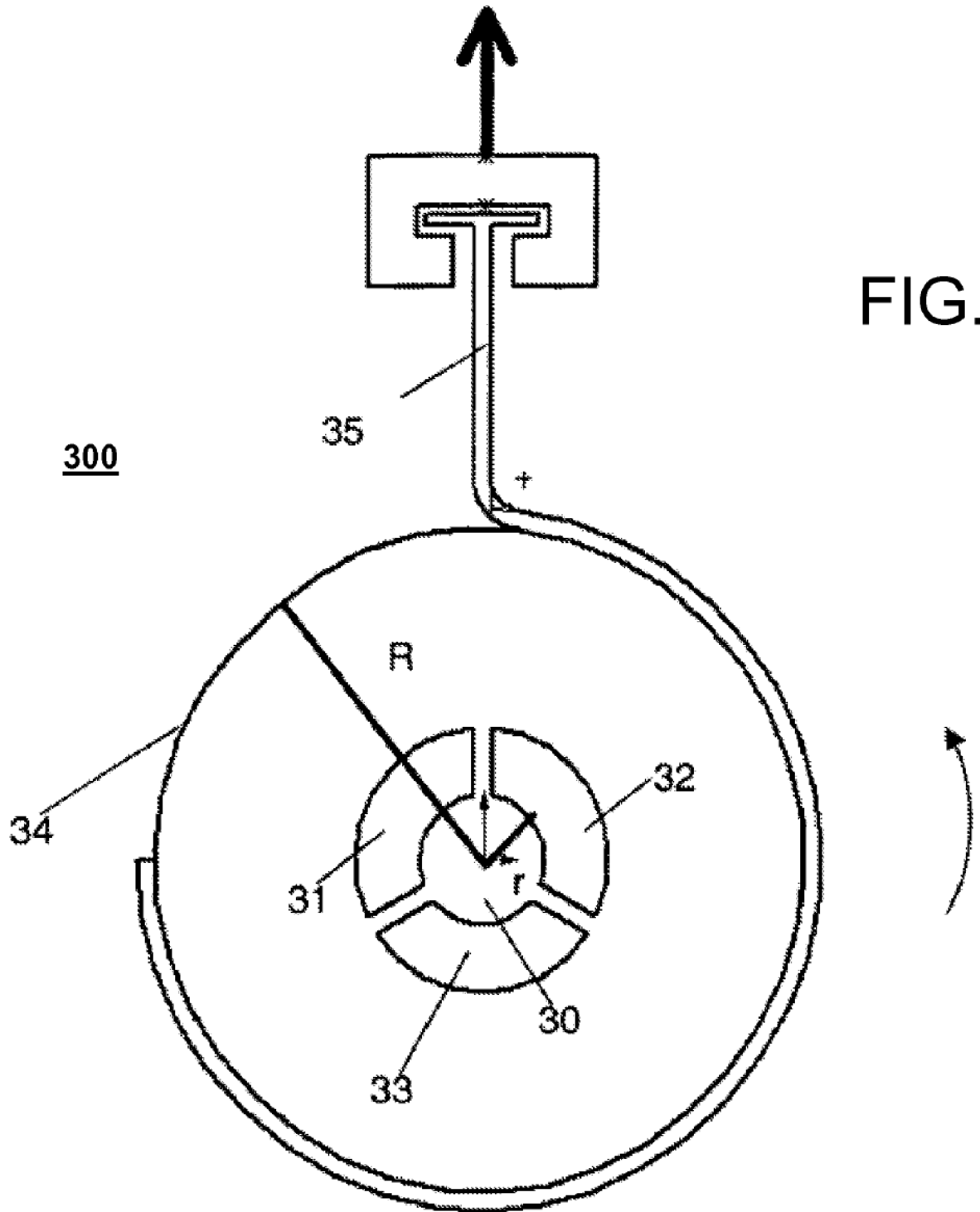
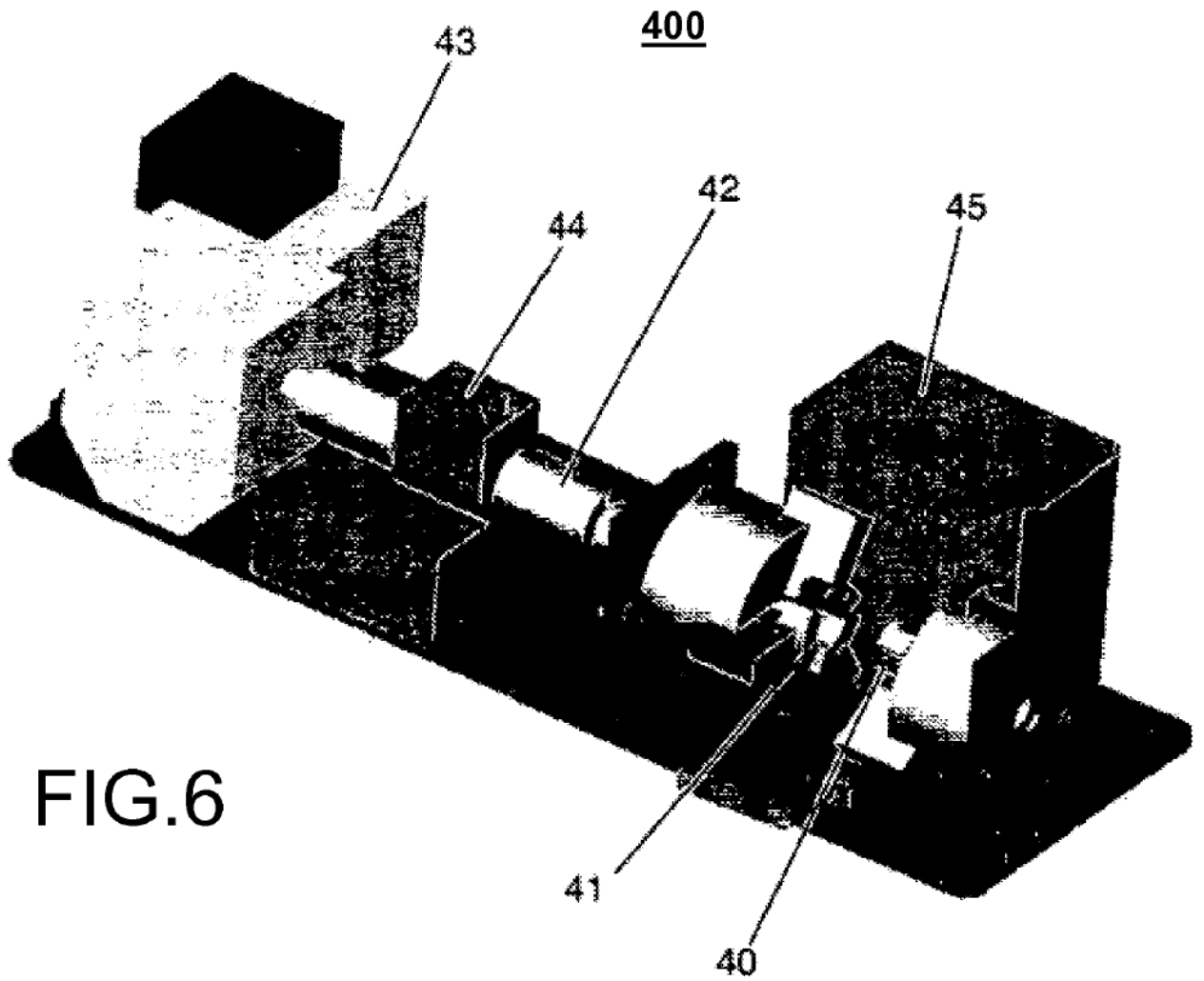


FIG.5



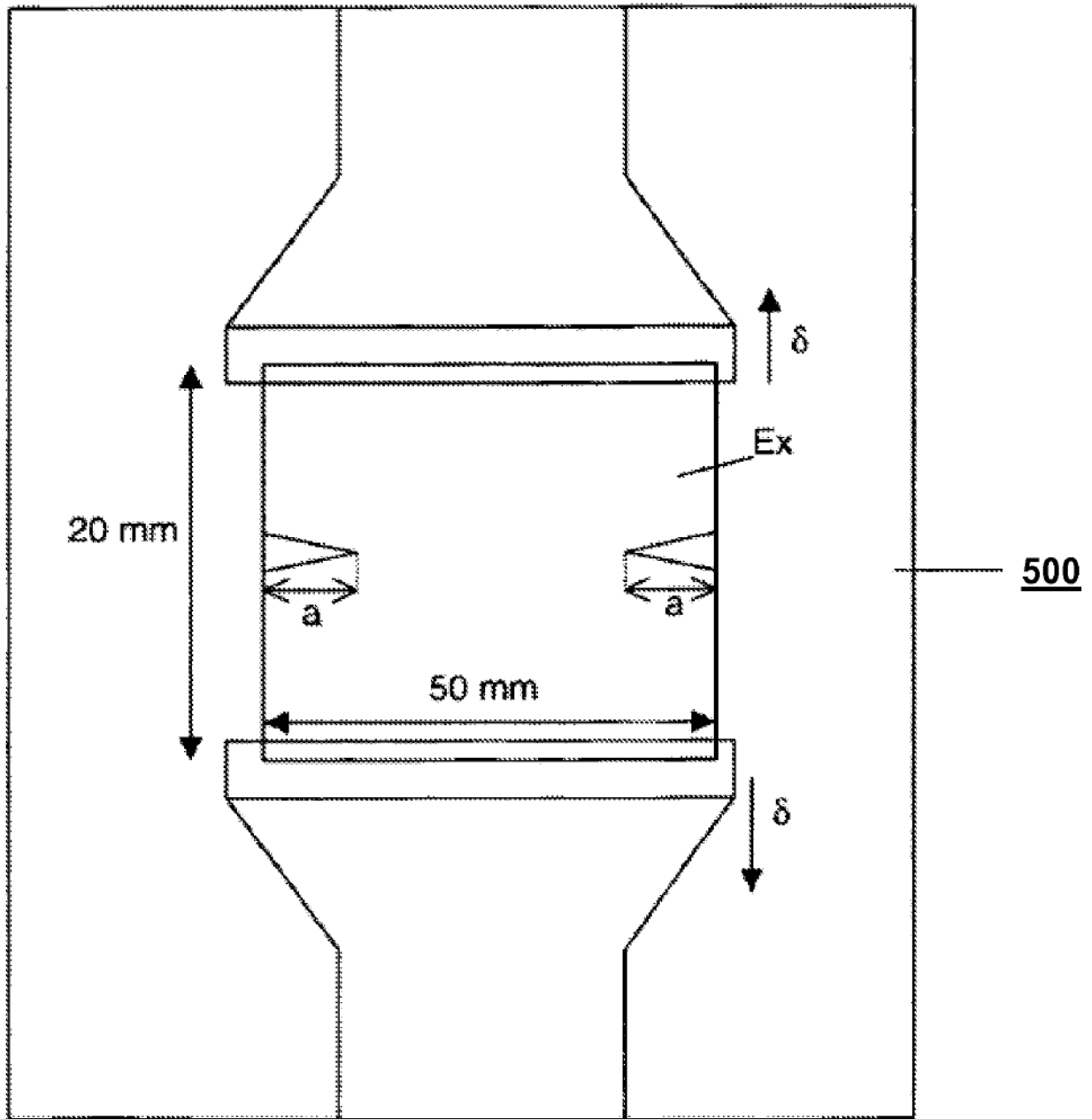


FIG.7