

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 762**

51 Int. Cl.:

**C09D 183/04** (2006.01)

**C09D 201/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2010** **E 10305301 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013** **EP 2368950**

54 Título: **Composiciones termoendurecibles para revestimientos duros transparentes, coloreables, resistentes a la abrasión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.04.2013**

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE  
GÉNÉRALE D'OPTIQUE) (100.0%)**  
**147, rue de Paris**  
**94220 Charenton le Pont, FR**

72 Inventor/es:

**SONG, LIXIN y**  
**THEO, PUAT WEN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 401 762 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Composiciones termoendurecibles para revestimientos duros transparentes, coloreables, resistentes a la abrasión.

La presente invención se refiere a composiciones de revestimiento basadas en silano, termoendurecibles, a revestimientos duros transparentes, coloreables, obtenidos a partir de las mismas, y a artículos ópticos, en particular, lentes oftálmicas, que contienen dichos revestimientos duros.

Las lentes oftálmicas de material orgánico transparente (vidrio orgánico) son más ligeras y menos quebradizas que el vidrio mineral y se usan ampliamente en la actualidad. Uno de los principales inconvenientes del vidrio orgánico es su mucho menor resistencia al rayado y a la abrasión. Las lentes oftálmicas realizadas en polímeros termoplásticos o termoendurecibles se protegen, generalmente, aplicando una composición de revestimiento termocurable o fotocurable, basada, por ejemplo, en alcoxisilanos y sílice, y polimerizando los alcoxisilanos en presencia de catalizadores adecuados.

Cuando dichos vidrios orgánicos están realizados en materiales no coloreables, tales como policarbonatos termoplásticos, el revestimiento duro debería ser además fácilmente coloreable mediante inmersión en un baño de tinte.

Sin embargo, la mayoría de los revestimientos duros coloreables de la técnica anterior carecen todavía de resistencia a la abrasión en comparación con el vidrio mineral.

El documento US 5.013.608 describe, por ejemplo, composiciones de revestimiento resistentes a la abrasión, coloreables, basadas en sílice coloidal, alcoxisilanos epoxi-funcionales, agentes reticulantes multifuncionales y agentes potenciadores de coloración seleccionados.

Aunque las composiciones de revestimiento descritas en estos documentos de la técnica anterior, tales como el producto TC 332, comercializado por SDC, tienen una capacidad de coloración bastante satisfactoria, desafortunadamente, su resistencia a la abrasión ISTM Bayer no excede de aproximadamente 1 - 1,3.

Ahora, el presente solicitante ha desarrollado composiciones de revestimiento particulares, basadas en alcoxisilano epoxi-funcional, que tienen tanto una excelente capacidad de coloración como una resistencia a la abrasión ISTM Bayer considerablemente mayor que las composiciones conocidas. Las composiciones de revestimiento de la presente invención, a diferencia de las descritas en las referencias indicadas anteriormente, están libres de cualquier agente reticulante multifuncional para los grupos epoxi. Estas usan además un compuesto potenciador de la capacidad de coloración, que puede ser copolimerizado con los otros ingredientes de la composición y que no ha sido usado nunca para el mismo propósito.

La presente invención se refiere a una composición de revestimiento, termoendurecible, que, tras ser curada, forma un revestimiento resistente a la abrasión, transparente, coloreable, comprendiendo dicha composición de revestimiento termoendurecible, en un disolvente acuoso o hidro-orgánico, los componentes (A) a (D) siguientes:

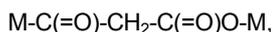
(A) un hidrolizado de un compuesto silano epoxi-funcional que contiene al menos dos grupos alcoxi,

(B) sílice coloidal que tiene un diámetro promedio de partícula de 1 a 100  $\mu\text{m}$ ,

(C) un compuesto quelato de aluminio de fórmula

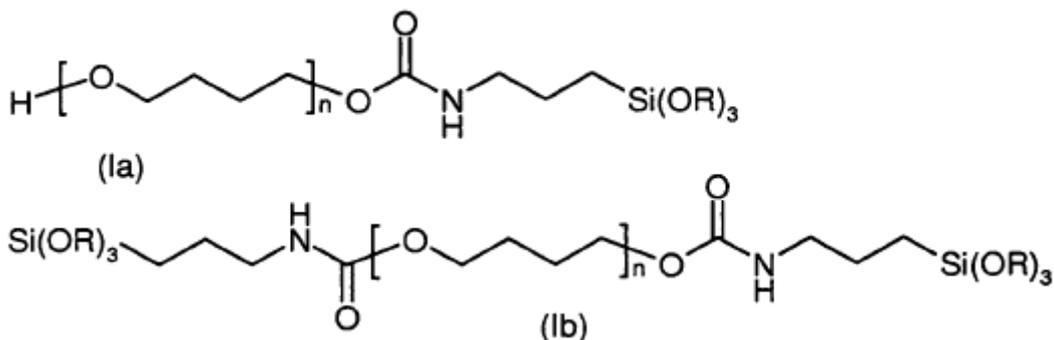


en la que n es 0, 1 ó 2 e Y es un ligando seleccionado de entre el grupo que consiste en



en las que M es, independientemente, un grupo alquilo  $C_{1-4}$ , y

(D) un hidrolizado de un poli(tetrahidrofurano) sililado de fórmula (Ia) o (Ib)



5

10

en las que  $n$  es un entero seleccionado de entre 10 a 20 y cada  $R$  es, independientemente, un grupo alquilo  $C_{1-5}$ , preferiblemente, un grupo metilo o etilo, o un grupo acilo  $C_{1-5}$ .

dicha composición termoendurecible, que no contiene ningún agente reticulante multifuncional, es seleccionada de entre el grupo que consiste en ácidos carboxílicos multifuncionales y anhídridos multifuncionales.

15

La presente invención se refiere también a un procedimiento de formación de un revestimiento duro resistente a la abrasión sobre un sustrato transparente, preferiblemente sobre un sustrato orgánico transparente, y a un artículo óptico obtenido mediante dicho un procedimiento, comprendiendo dicho artículo un revestimiento duro insoluble, transparente, que es el resultado del curado de la composición termoendurecible indicada anteriormente.

20

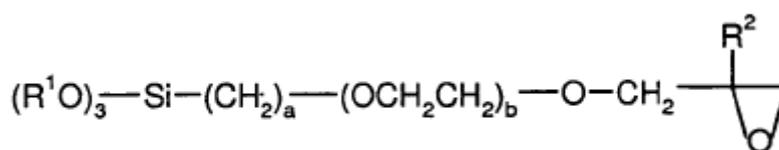
El primer ingrediente (Componente (A)) de la composición es un hidrolizado de un compuesto silano epoxi-funcional que contiene al menos dos grupos alcoxi. El grupo epoxi no debería ser escindible del átomo de  $Si$  durante la reacción de hidrólisis/polimerización y, preferiblemente, está unido al átomo  $Si$  central del alcoxisilano a través de un enlace  $Si-C$ . Dicho grupo epoxi puede ser un grupo glicídilo o un grupo epoxi en un residuo cicloalquilo, tal como 3,4-epoxiciclohexilo. Un grupo glicídilo es preferible.

25

La fracción alquilo de los al menos dos grupos alcoxi es un alquilo inferior que tiene de 1 a 6, preferiblemente, de 1 a 4 átomos de carbono. Los grupos alcoxi más preferibles son metoxi y etoxi.

En una realización preferible, el hidrolizado de un compuesto silano epoxi-funcional se selecciona de entre un hidrolizado de un compuesto silano que contiene tres grupos alcoxi unidos directamente al átomo de silicio y un grupo epoxi-funcional unido al átomo de silicio a través de un enlace  $Si-C$ . De manera ventajosa, dicho compuesto epoxi-funcional tiene la fórmula siguiente

30



en la que  $R^1$  es, independientemente, un grupo alquilo  $C_{1-4}$ , preferiblemente un grupo metilo o etilo,  $R^2$  es un grupo metilo o átomo de hidrógeno,  $a$  es un entero de 1 a 6, y  $b$  es 0, 1 ó 2.

35

El compuesto silano epoxi-funcional más preferible para el propósito de la presente invención es glicidoxipropiltrimetoxisilano.

El componente (A) está presente en las composiciones de revestimiento termoendurecibles en una cantidad del 5 al 25% en peso, preferiblemente del 10 al 20% en peso, en relación a la composición total no curada.

La cantidad del componente (A) puede ser definida también por medio de la proporción de pesos (A)/(B), que está comprendida, de manera ventajosa, entre 0,1 y 1, preferiblemente entre 0,2 y 0,8 y, más preferiblemente, entre 0,25 y 0,5.

40

El componente (B) es esencial para proporcionar los revestimientos curados finales con una buena dureza y resistencia a la abrasión. Sin embargo, cuando su proporción en el revestimiento duro final es demasiado alta, el revestimiento resultante se hace menos resistente a la abrasión. Cuando el componente (A) se usa sin el componente (B), conduce a revestimientos duros pero quebradizos. La adición de sílice coloidal proporciona flexibilidad y, de esta manera, una mejora resistencia a la abrasión. Sin embargo, cuando el contenido de sílice coloidal es demasiado alto, la adhesión del

- revestimiento al soporte subyacente empeorará. La cantidad de sílice coloidal en la composición de revestimiento termoendurecible de la presente invención está comprendida, de manera ventajosa, en el intervalo del 10 al 30% en peso, preferiblemente del 15 al 25% en peso, en relación al peso total de la composición (incluyendo la fase disolvente). La cantidad de sílice coloidal expresada en relación al contenido total de sólidos de la composición está comprendida entre aproximadamente el 40% y el 60%, más preferiblemente, entre el 45 y el 55%.
- Si se desea, para el propósito de aumentar el índice de refracción del revestimiento duro final, hasta el 20% de la sílice coloidal que forma el componente (B) puede ser remplazada por uno o más óxidos metálicos coloidales seleccionados, por ejemplo, de entre el grupo que consiste en titanía, zirconia, óxido de estaño, óxido de antimonio, óxido de hierro, óxido de plomo y óxido de bismuto.
- El componente (C) cataliza la reacción de condensación entre los grupos silanol de los componentes (A), (B), (D) y (E) si están presentes, durante la etapa de calentamiento del procedimiento de preparación. Debería estar presente en una cantidad en el intervalo del 0,2% al 2% en peso, preferiblemente del 0,5 al 1,5% en peso, con relación al peso total de la composición termoendurecible. Los componentes (C) ejemplares incluye acetilacetato de aluminio, etilacetato de aluminio, bisacetilacetato de etilacetato de aluminio, di-n-bisetilacetato de aluminio, monoetilacetato de di-butóxido de aluminio, monometilacetato de di-isopropóxido de aluminio o sus mezclas.
- El componente (D) es responsable de una buena capacidad de coloración del revestimiento duro resultante. Cuanto mayor es la concentración en la composición de revestimiento y en el revestimiento curado final, más fácilmente se colorearán los artículos ópticos revestidos con tintes hidrófilos. Sin embargo, a concentraciones demasiado altas del componente (D), los revestimientos duros resultantes presentan una resistencia a la abrasión insuficiente.
- El presente solicitante ha descubierto que el uso de composiciones de revestimiento que contienen del 2 a aproximadamente el 20%, preferiblemente, del 4 al 18%, e incluso más preferiblemente, del 5 al 15% en peso del componente (D) conduce a revestimientos duros que tienen una buena capacidad de coloración y una excelente resistencia a la abrasión y al rayado. La cantidad de componente (D) expresada en relación al contenido total de sólidos de la composición debería estar comprendida entre aproximadamente el 4% y el 40% en peso, más preferiblemente, entre el 10 y el 30% en peso.
- El componente (D) es un polímero de politetrahidrofurano (PTHF) con extremos protegidos con grupos sililados mediante enlaces uretano. Puede ser preparado haciendo reaccionar politetrahidrofurano terminado en hidroxilo con  $\gamma$ -isocianatopropiltrialcoxilano. El peso molecular medio en peso del PTHF de partida está comprendido, de manera ventajosa, entre 150 y 2.000, preferiblemente entre 200 y 1.200. Para un contenido determinado del componente (D), cuanto mayor es la masa molecular del PTHF, mejor es la capacidad de coloración del revestimiento duro resultante. Sin embargo, la resistencia a la abrasión de los revestimientos disminuye ligeramente como una función del peso molecular del PTHF sililado.
- Preferiblemente, el componente (D) es un hidrolizado de un compuesto de fórmula (Ib) que tiene ambos extremos protegidos con grupos silano. Los compuestos de fórmula (Ia) o (Ib) son conocidos, tales como (CAS 288307-42-6 y CAS 144126-55-6 para el PTHF di-sililado, CAS 131744-23-5 para el PTHF mono-sililado). Según el conocimiento del presente solicitante, nunca se han usado en revestimientos duros transparentes, basados en silano.
- La composición de revestimiento termoendurecible de la presente invención puede comprender además un componente (E) adicional, siendo dicho componente un silano difuncional que comprende solo dos grupos silanol polimerizables. El componente (E) se selecciona de entre al menos un hidrolizado de un compuesto de silano de fórmula  $\text{SiT}_2\text{Z}_2$ , en la que cada T es un grupo orgánico que, tras la hidrólisis, proporciona un grupo silanol, preferiblemente un grupo alcoxi  $\text{C}_{1-10}$ , y cada Z es un grupo orgánico no reactivo en relación a los componentes de la composición, unido al átomo de silicio a través de un enlace Si-C, preferiblemente un grupo alcoxi  $\text{C}_{1-10}$  o un grupo arilo  $\text{C}_{6-10}$ .
- Dimetildimetoxisilano, dimetildietoxisilano y metilfenildimetoxisilano son compuestos silano ejemplares de fórmula  $\text{SiT}_2\text{Z}_2$ . Cuando está presente, el componente (E) se usa, preferiblemente, en una cantidad en el intervalo del 1 al 10% en peso en relación a la composición de revestimiento total. La cantidad de componente (E) expresada en relación al contenido total de sólidos de la composición debería estar comprendida entre aproximadamente el 2 y el 20% en peso.
- Los ingredientes anteriores son dispersados o disueltos en una fase disolvente acuosa o hidro-orgánica. Dicha fase disolvente contiene al menos el 1% en peso, preferiblemente, al menos el 2% en peso de agua. El agua puede ser el resultado de la reacción de condensación inicial de los silanoles formados durante la hidrólisis. También puede ser añadida junto con cada uno de los ingredientes de la composición, en particular, con los hidrolizados (A) y (D). La presencia de agua es esencial para garantizar una buena estabilidad de almacenamiento de la composición de revestimiento y para prevenir un aumento de viscosidad prematuro y no deseado de la composición antes de la aplicación al sustrato.
- La fracción orgánica de la fase disolvente es un disolvente miscible en agua que tiene, preferiblemente, un punto de

ebullición a presión atmosférica de entre el 70°C y 140°C de manera que puede evaporarse fácilmente durante la etapa de curado. Los disolventes orgánicos adecuados se seleccionan, por ejemplo, de entre el grupo que consiste en metanol, etanol, isopropanol, acetato de etilo, metiletilcetona o tetrahidropirano.

5 Las composiciones pueden incluir además diversos aditivos, tales como tensioactivos, para mejorar la extensión de la composición sobre la superficie a revestir, o absorbedores de luz UV.

La composición de revestimiento de la presente invención debería tener un contenido total de sólidos comprendido en el intervalo del 30 al 70% en peso, preferiblemente, entre el 40 y el 60% en peso.

Las composiciones de la presente invención se preparan

- 10
- hidrolizando el compuesto silano epoxi-funcional que contiene al menos dos grupos alcoxi (componente (A)), los compuestos de fórmula (Ia) y/o (Ib) (componente (D)), y el compuesto de fórmula  $\text{SiT}_2\text{Z}_2$  (componente (E)), si está presente, y
  - mezclando dichos hidrolizados con una suspensión de sílice coloidal (componente (B)) y el catalizador de curado (componente (C)).

15 La hidrólisis de los componentes (A), (D) y (E) puede llevarse a cabo simultánea o sucesivamente en un único recipiente o por separado. El orden de mezclado de los diferentes componentes no es crítico para la presente invención, aunque el catalizador de curado es añadido, preferiblemente, después de mezclar los otros ingredientes. A continuación, las composiciones de revestimiento finales se almacenan a baja temperatura, preferiblemente a menos de 10°C, y se calientan a temperatura ambiente poco tiempo antes del revestimiento.

20 Los artículos ópticos que tienen un revestimiento duro coloreable, resistente a la abrasión, se preparan mediante un procedimiento que comprende las siguientes etapas sucesivas

- (i) revestir un sustrato de polímero orgánico transparente con una delgada capa de una composición termoendurecible que contiene los componentes (A) a (D), y opcionalmente (E), tal como se ha descrito anteriormente,
- 25 (ii) calentar el sustrato revestido con una composición termoendurecible a una temperatura de al menos 70°C, preferiblemente de 75°C a 90°C, durante al menos 5 minutos, preferiblemente durante 10 a 20 minutos, para formar un revestimiento no pegajoso.
- (iii) calentar el artículo óptico con un revestimiento no pegajoso a una temperatura de al menos 95°C, preferiblemente, de 100 a 110°C, durante al menos dos horas, preferiblemente, durante 2,5 a 3,5 horas, para obtener un artículo óptico con un revestimiento duro, insoluble, completamente curado.

30 La etapa de revestimiento puede llevarse a cabo usando cualquier técnica de revestimiento adecuada. Las composiciones de revestimiento se aplican, preferiblemente, mediante revestimiento por inmersión o revestimiento por centrifugado.

Preferiblemente, el sustrato de polímero y el artículo óptico final son lentes ópticas, e incluso más preferiblemente, lentes oftálmicas.

Preferiblemente, los revestimientos duros finales tienen un espesor de 2,9 a 6,5  $\mu\text{m}$ , más preferiblemente, de 4 a 5  $\mu\text{m}$ .

### 35 **Ejemplo**

#### Preparación de composiciones de revestimiento curables

Las formulaciones A y B según la presente invención (véase la Tabla 1 a continuación) se preparan tal como se indica a continuación:

- se pesa el  $\gamma$ -glicidioxipropiltrióxidosilano (GLYMO) en una botella,

40

- se añade, gota a gota, una solución acuosa de HCl (0,1 N) bajo agitación, y la mezcla resultante se deja a temperatura ambiente bajo agitación durante aproximadamente 30 minutos para la hidrólisis,
- se añade, gota a gota, dimetildietoxisilano (DMDES) seguido por una adición de aditivo de tinción de fórmula (Ib) obtenida protegiendo los extremos de un PTHF que tiene un peso molecular de 250 con 3-isocianatopropiltrióxidosilano (IPTEOS),

45

- se añade una suspensión al 30% en peso de sílice coloidal en metanol y la mezcla se deja bajo agitación durante aproximadamente 10 minutos,

- después de la adición de un tensioactivo fluorado (FC430, 3M Specialty Chemicals) disuelto en metil etil cetona y catalizador de curado (acetilacetionato de aluminio), la mezcla se agita durante 24 horas,
- la composición final se enfría y se almacena a 4°C.

**Tabla 1**

Ingrediente	Formulación A	Formulación B	Formulación C (comparativa)
GLYMO (componente A)	16,74	15,81	18,60
0,1 N HCl	5,96	5,63	6,62
DMDES (componente E)	8,76	8,27	9,73
Acetilacetionato de aluminio (componente C)	1,08	1,02	1,2
Metil etil cetona	3,29	3,10	3,65
Tensioactivo FC 430	0,09	0,09	0,09
SiO <sub>2</sub> coloidal en metanol (componente B)	54,09	51,09	60,1
PTHF con extremos protegidos con IPTEOS (componente D)	10,00	15,00	--
Total	100	100	100
Contenido total de sólidos	52,8	55	48

5

Revestimiento y curado

A continuación, se usaron las formulaciones A, B y C, que contienen respectivamente 10%, 15% y 0% de aditivo de estaño (componente (D)), después de un acondicionamiento a temperatura ambiente, para revestir sustratos de lentes CR-39.

10 Antes del revestimiento, los sustratos fueron sometidos a un tratamiento superficial potenciador de adhesión mediante inmersión durante 5 – 10 minutos en una solución acuosa de 3-aminopropiltrióxido de silano (5% en peso) y exposición a ultrasonidos. Después de un enjuagado con agua desionizada y secado (5 minutos a 75°C) las lentes se enfriaron a temperatura ambiente.

15 Las composiciones de revestimiento según la presente invención (formulaciones A y B de la Tabla 1) así como dos formulaciones comparativas (Formulación C de la Tabla 1 y el producto TC 322 comercializado por SDC) fueron aplicadas mediante revestimiento por centrifugación a las lentes tratadas superficialmente en una cantidad suficiente para un espesor de revestimiento curado de aproximadamente 3 - 6 µm.

En primer lugar, las lentes revestidas fueron calentadas durante 15 minutos a 75°C para formar un revestimiento no pegajoso, seguido por un post-curado durante 3 horas a 105°C.

20 Valoración de la capacidad de coloración y resistencia a la abrasión

25 Capacidad de coloración: Se usó negro BPI como un tinte para evaluar la capacidad de coloración de los revestimientos. El negro BPI se mezcló en una proporción de volumen 1:10 con agua y se agitó durante varios minutos para obtener una solución homogénea. Dicha solución de tinte se calentó a 91°C y se mantuvo a esta temperatura durante 30 minutos. Las lentes revestidas y las lentes CR-39 no revestidas (poli(bis-alilcarbonato de dietilenglicol) termoendurecible) se sumergieron conjuntamente en la solución de tinte calentada usando un porta-lentes. Cuando la transmisión de las lentes CR-39 no revestidas alcanzó el 20% (normalmente después de aproximadamente 8 minutos), todas las lentes se recogieron, se enjuagaron con agua desionizada, se secaron y se valoraron para su transmisión. Los datos de transmisión en la segunda línea de la Tabla 2 (20% T transmitancia (%)) corresponde a la transmitancia de las lentes revestidas

## ES 2 401 762 T3

obtenidas cuando la transmitancia de las lentes CR-39 no revestidas era del 20%. Los valores bajos de 20% T Transmitancia indican una buena capacidad de coloración. Los datos de transmitancia en la tercera línea de la Tabla 2 han sido medidos sobre las lentes revestidas antes de la etapa de secado.

Resistencia a la abrasión:

- 5 La resistencia a la abrasión fue valorada mediante el ensayo BAYER llevado a cabo según ISTM 06-002. Un valor BAYER alto indica una alta resistencia a la abrasión.

Adherencia de revestimiento: La adherencia de revestimiento de los revestimientos antes y después del secado fue ensayada según ISTM 02-010.

- 10 Los revestimientos fueron cortados con un cortador con seis cuchillas en una rejilla reticulada, a continuación, se aplicaron cintas adhesivas y se despegaron perpendicularmente a la superficie, con un movimiento brusco, homogéneo y continuo hacia el centro de la lente. Los ensayos se llevaron a cabo sobre cinco muestras que fueron enviadas, a continuación, para su valoración.

**Tabla 2**

	Revestimientos según la invención		Revestimientos comparativos	
	Formulación A	Formulación B	Formulación C	TC 332
Concentración de aditivo de estaño	10%	15%	0%	
20% T transmitancia	64%	54%	73%	58%
Transmitancia antes de la tinción	89%	90%	93,3%	91,5%
ISTM Bayer	1,7	1,9	2,9	0,95
Adhesión de revestimientos no tintados (Clase)	0	0	0	0
Adhesión de revestimiento tintados (clase)	0	0	0	0
Espesor de revestimiento duro curado (µm)	5	6	3,5	5

- 15 Los datos anteriores muestran claramente que las composiciones de revestimiento de la presente invención conducen a revestimientos duros que tiene una capacidad de coloración satisfactoria (transmitancia 20%T), equivalente a las composiciones de la técnica anterior, y una mejor resistencia a la abrasión (1,7 y 1,9 en comparación con 0,95).

REIVINDICACIONES

1. Composición de revestimiento termoendurecible que, tras el curado, forma un revestimiento transparente, coloreable, resistente a la abrasión, comprendiendo dicha composición de revestimiento termoendurecible, en un disolvente acuoso o hidro-orgánico:

5 A) un hidrolizado de un compuesto silano epoxi-funcional que contiene al menos dos grupos alcoxi,

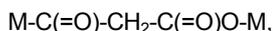
(B) sílice coloidal que tiene un diámetro promedio de partícula de 1 a 100  $\mu\text{m}$ ,

(C) un compuesto quelato de aluminio de fórmula



en la que n es 0, 1 ó 2 e Y es un ligando seleccionado de entre el grupo que consiste en

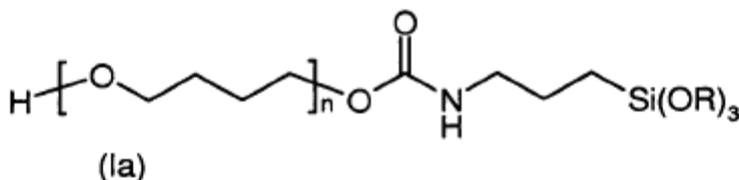
10  $\text{M}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{M}$  y



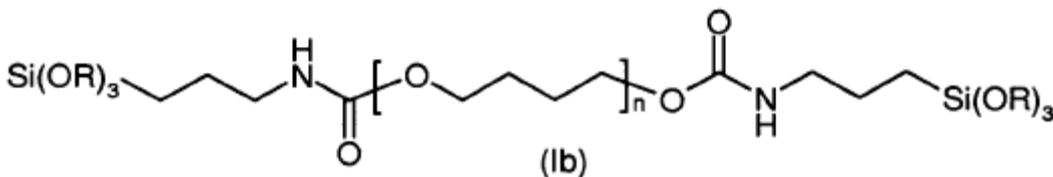
en las que M es, independientemente, un grupo alquilo  $\text{C}_{1-4}$ , y

(D) un hidrolizado de un poli(tetrahidrofurano) sililado de fórmula (Ia) o (Ib)

15



20



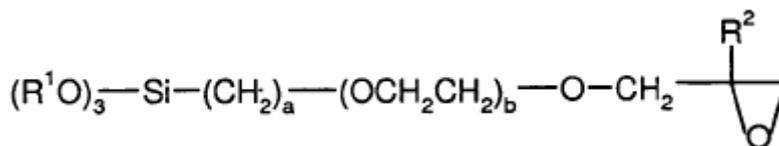
25 en la que n es un entero seleccionado de entre 10 a 20 y cada R es, independientemente, un grupo alquilo  $\text{C}_{1-5}$ , preferiblemente un grupo metilo o etilo, o un grupo acilo  $\text{C}_{1-5}$ ,

dicha composición termoendurecible, que no contiene ningún agente reticulante multifuncional seleccionado de entre el grupo que consiste en ácidos carboxílicos multifuncionales y anhídridos multifuncionales.

30 2. Composición de revestimiento termoendurecible según la reivindicación 1, en la que el hidrolizado de un compuesto silano epoxi-funcional es seleccionado de entre un hidrolizado de un compuesto de silano que contiene tres grupos alcoxi unidos directamente al átomo de silicio y un grupo epoxi-funcional unido al átomo de silicio a través de un enlace Si-C.

3. Composición de revestimiento termoendurecible según la reivindicación 2, en la que el compuesto silano epoxi-funcional tiene la fórmula siguiente

35



en la que  $R^1$  es, independientemente, un grupo alquilo  $C_{1-4}$ , preferiblemente un grupo metilo o etilo,  $R^2$  es un grupo metilo o átomo de hidrógeno, a es un entero de 1 a 6, y b es 0, 1 ó 2.

4. Composición de revestimiento termoendurecible según la reivindicación 3, en la que el compuesto silano epoxi-funcional es  $\gamma$ -glicidoxipropiltrimetoxisilano.
- 5 5. Composición de revestimiento termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que contiene además (E) al menos un hidrolizado de un compuesto silano de fórmula  $SiT_2Z_2$ , en la que cada T es un grupo orgánico que, tras la hidrólisis, proporciona un grupo silanol, preferiblemente un grupo alcoxi  $C_{1-10}$ , y cada Z es un grupo orgánico no reactivo con relación a los componentes de la composición, unido al átomo de silicio a través de un enlace Si-C, preferiblemente un grupo alquilo  $C_{1-10}$  o un grupo arilo  $C_{6-10}$ .
- 10 6. Composición de revestimiento termoendurecible según la reivindicación 5, en la que el compuesto silano de fórmula  $SiT_2Z_2$  se selecciona de entre el grupo que consiste en dimetildimetoxisilano, dimetildietoxisilano y metilfenildimetoxisilano.
7. Composición de revestimiento termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que las siguientes proporciones en peso de los componentes (A), (B), (C), (D) y (E) en base al peso total de la composición son:
- 15 del 5 a 25% partes de (A)  
 del 10 al 30% de (B)  
 del 0,2 al 2% de (C)  
 del 2 al 20% de (D)
- 20 opcionalmente, del 1 al 10% de (E).
8. Composición de revestimiento termoendurecible según las reivindicaciones 1 a 7, en la que dicha composición contiene al menos el 1% en peso de agua.
9. Composición de revestimiento termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el contenido total de sólidos de la composición es del 30 al 70% en peso, preferiblemente, del 40 al 60% en peso.
- 25 10. Composición de revestimiento termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el componente (B) de sílice comprende del 40 al 60% en peso, preferiblemente del 45 al 55% en peso del total de sólidos de la composición.
11. Un procedimiento de formación de un revestimiento duro, resistente a la abrasión, sobre un sustrato transparente, en el que dicho procedimiento comprende las etapas sucesivas de
- 30 (i) revestir un sustrato de polímero orgánico transparente con una delgada capa de una composición termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,  
 (ii) calentar el sustrato revestido con una composición termoendurecible a una temperatura de al menos 70°C, preferiblemente de 75°C a 90°C, durante al menos 5 minutos, para formar un revestimiento no pegajoso.
- 35 (iii) calentar el artículo óptico con el revestimiento no pegajoso a una temperatura de al menos 95°C, preferiblemente, de 100 a 110°C, durante al menos dos horas, preferiblemente, durante 2,5 a 3,5 horas, para obtener un artículo óptico con un revestimiento duro, insoluble, completamente curado.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que, en la etapa (i), el sustrato es revestido con la composición termoendurecible mediante revestimiento por centrifugado o revestimiento por inmersión.
- 40 13. Un artículo óptico que comprende un revestimiento duro insoluble, transparente que es el resultado del termoendurecimiento de una composición termoendurecible según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
14. Artículo óptico según la reivindicación 16, en el que el revestimiento duro final tiene un espesor de 2,9 a 6,5  $\mu m$ , preferiblemente de 4 a 5  $\mu m$ .
15. Artículo óptico según la reivindicación 13 ó 15, en el que dicho artículo es una lente oftálmica.