

COMPOSICIÓN DE LIGANTE PARA LANA MINERAL

La presente invención concierne a una composición de encolado para productos aislantes a base de lana mineral, en particular de lana de vidrio o de roca, que contiene azúcares
5 hidrogenados, al menos un ácido policarboxílico y una cantidad importante de al menos un epoxisilano.

La fabricación de productos de aislamientos a base de lana mineral comprende generalmente una etapa de fabricación
10 de fibras de vidrio o de roca por un procedimiento de centrifugación. A lo largo de su trayecto entre el dispositivo de centrifugación y el tapiz de recogida de las fibras, se vaporiza sobre las fibras todavía calientes una composición acuosa de encolado, también denominada ligante,
15 que sufre a continuación una reacción de termoendurecimiento a temperaturas de aproximadamente 200°C.

Las resinas fenólicas utilizadas durante varias decenas de años como ligantes están siendo reemplazadas cada vez más por productos procedentes de fuentes renovables que no emiten
20 cantidad alguna, o una cantidad muy pequeña de formaldehído, compuesto considerado como posiblemente perjudicial para la salud humana.

Así, se conoce, por ejemplo por US 2011/0223364, el ligamiento de fibras minerales con composiciones acuosas de encolado exentas de formaldehído que contienen, como
25 reactivos termorreticulables, hidratos de carbono y ácidos policarboxílicos.

Las composiciones de encolado a base de azúcares reductores presentan sin embargo el inconveniente de dar
30 lugar a reacciones de coloración (caramelización, reacción de Maillard) que hacen difícil, o incluso imposible, la obtención de productos de color claro.

La Solicitante ha propuesto en sus solicitudes WO 2010/029266 y WO 2013/014399 ligantes a base, no de azúcares reductores, sino de azúcares hidrogenados, denominados también alcoholes-azúcar. Estos reactivos tienen una

estabilidad térmica considerablemente mayor que los azúcares reductores y no dan lugar a las reacciones de Maillard y/o de caramelización.

Los productos de aislamiento a base de lana mineral y de esta nueva generación de ligantes "verdes", son sin embargo relativamente higroscópicos y conservan más deficientemente sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo que los productos más coloreados fabricados con azúcares reductores. Para compensar la pérdida de las propiedades mecánicas después de cierto periodo de envejecimiento de estos productos de aislamiento, es necesario por lo general aumentar la proporción de ligante aproximadamente 10 a 20%, lo que aumenta no sólo el coste del producto final sino que altera también su reacción al fuego.

En el curso de sus investigaciones orientadas a mejorar las propiedades mecánicas de los productos de aislamiento a base de lana mineral encolada con ligantes "incolores", es decir fabricados a partir de azúcares hidrogenados, la Solicitante ha constatado con sorpresa que ciertos compuestos, conocidos como agentes de acoplamiento, conducen a una mejora espectacular de las propiedades mecánicas de los productos de aislamiento obtenidos, con la condición de ser utilizados a concentraciones superiores a las necesarias para su funcionamiento como agente de acoplamiento.

Es ampliamente conocida y muy corriente la utilización de los silanos funcionales como agentes de acoplamiento para mejorar la adhesión de materiales orgánicos sobre superficies minerales tales como el vidrio. Un silano funcional comprende generalmente al menos una, con preferencia dos o tres funciones alcoxisililo hidrolizables, capaces de reaccionar con los grupos silanol de la superficie del vidrio, y al menos una función reactiva (oxirano, amina) llevada por un grupo orgánico no hidrolizable, ligado al átomo de silicio por un enlace Si-C. Esta función orgánica se selecciona generalmente de tal manera que pueda reaccionar con la fase orgánica.

Para obtener un efecto satisfactorio de acoplamiento
ligante-vidrio, es generalmente suficiente añadir menos de 1%
en peso (de materia seca) de agente de acoplamiento a la
composición de encolado. Ciertamente, se encuentran en la
5 técnica solicitudes de patente que contemplan concentraciones
de agente de acoplamiento más importantes (véase por ejemplo
US 2011/0223364), pero los ejemplos y modos de realización
preferidos mencionan generalmente concentraciones próximas a
0.5%, lo que está motivado sin duda por el coste
10 relativamente importante de estos compuestos.

Los agentes de acoplamiento más utilizados son los
aminosilanos. Los mismos son relativamente más baratos que
los epoxisilanos y presentan a pH neutro una estabilidad
química que permite preparar las composiciones de encolado
15 mucho tiempo antes.

Los epoxisilanos no sólo son más caros que los
aminosilanos, sino que presentan como inconveniente adicional
que la función epoxi se hidroliza con bastante rapidez en
presencia de agua, dando lugar a un diol mucho menos reactivo.

20 La presente invención está basada en el descubrimiento
bastante sorprendente de que los epoxisilanos, contrariamente
a los aminosilanos, mejoran considerablemente la resistencia
al envejecimiento de los productos de aislamiento a base de
lana mineral y de ligantes que contienen azúcares
25 hidrogenados, cuando los mismos se utilizan a concentraciones
más allá de aproximadamente 2% en peso.

La presente invención tiene por tanto como objetivo una
composición acuosa de encolado para productos aislantes a
base de lana mineral, que comprende

30 (a) al menos un glúcido seleccionado entre los
azúcares reductores, los azúcares hidrogenados y una
mezcla de éstos, estando comprendida la proporción de
azúcares hidrogenados en el glúcido entre 25 y 100% en
peso,

(b) al menos un ácido policarboxílico monómero o una
sal o anhídrido de un ácido de esta clase,

(c) más de 2.0% en peso, referido a la suma de los componentes (a) y (b), de al menos un epoxisilano.

El componente (a) de la composición de encolado según la invención puede estar constituido únicamente por azúcares
5 hidrogenados y estar exento de azúcares reductores. Este modo de realización es interesante, dado que conduce a productos aislantes particularmente poco coloreados.

El término "glúcido" tiene aquí un sentido más amplio que el habitual, dado que engloba no sólo los glúcidos en
10 sentido estricto, es decir los azúcares reductores o hidratos de carbono de fórmula $C_n(H_2O)_p$ que presentan al menos un grupo aldehído o cetona (grupo reductor), sino también los productos de hidrogenación de estos hidratos de carbono en los que el grupo aldehído o cetona ha sido reducido.

15 Por "azúcar hidrogenado" se entiende en la presente invención el conjunto de los productos resultantes de la reducción de un sacárido seleccionado entre los monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos y mezclas de estos productos.

20 El azúcar hidrogenado es con preferencia un producto de hidrogenación de un hidrolizado de almidón.

Los hidrolizados de almidón son productos obtenidos por hidrólisis enzimática y/o ácida del almidón. El grado de hidrólisis se caracteriza generalmente por el equivalente de
25 dextrosa (DE), definido por la ratio siguiente:

$$DE = 100 \times \left(\frac{\text{número de enlaces glicosídicos rotos}}{\text{número de enlaces glicosídicos en el almidón inicial}} \right)$$

30 Los hidrolizados de almidón preferidos tienen, antes de la etapa de hidrogenación, un DE comprendido entre 5 y 99, y ventajosamente entre 10 y 80.

La hidrogenación del sacárido puede efectuarse por los métodos conocidos que operan en condiciones de presión de hidrógeno y de temperatura elevadas, en presencia de un catalizador seleccionado entre los elementos de los grupos IB, IIB, IVB, VI, VII y VIII de la Tabla Periódica de los

Elementos, con preferencia en el grupo que comprende el níquel, el platino, el paladio, el cobalto, el molibdeno y sus mezclas. El catalizador preferido es el níquel Raney. La hidrogenación transforma el azúcar o la mezcla de azúcares (hidrolizado de almidón) en polioles o alcoholes-azúcar.

Como ejemplos de azúcares hidrogenados, se pueden citar el eritritol, el arabitol, el xilitol, el sorbitol, el manitol, el iditol, el maltitol, el isomaltitol, el lactitol, el celobitol, el palatinol, el maltotriol y los productos de hidrogenación de hidrolizados de almidón.

Se utilizarán con preferencia los productos de hidrogenación de hidrolizados de almidón.

Con preferencia, el azúcar hidrogenado o la mezcla de azúcares hidrogenados está constituido mayoritariamente, es decir en más de un 50% en peso, por maltitol (producto de hidrogenación de la maltosa, dímero de glucosa resultante de la hidrólisis enzimática del almidón).

En otro modo de realización, el componente (a) puede contener hasta 75% en peso de uno o varios azúcares reductores, además del o de los azúcares hidrogenados. Los productos aislantes a base de lana mineral obtenidos con una composición de encolado que presentan cierto contenido de azúcares reductores son relativamente más coloreados, pero pueden presentar un interés económico real ligado al bajo coste de los azúcares reductores o de mezclas de azúcares incompletamente hidrogenados.

El contenido de azúcares hidrogenados del glúcido (componente (a)) es con preferencia al menos igual a 30% en peso, en particular al menos igual a 50% en peso, e idealmente al menos igual a 70% en peso.

Los azúcares reductores engloban las osas (monosacáridos) y los osidos (disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos).

Como ejemplos de monosacáridos, se pueden citar los que contienen de 3 a 8 átomos de carbono, con preferencia las aldosas y ventajosamente las aldosas que contienen 5 a 7 átomos de carbono. Las aldosas particularmente preferidas las

aldosas naturales (pertenecientes a la serie D), particularmente las hexosas tales como la glucosa, la manosa y la galactosa.

5 La lactosa o la maltosa son ejemplos de disacáridos utilizables como azúcar reductor.

Los polisacáridos utilizables para la presente invención tienen con preferencia un peso molecular medio ponderal inferior a 100,000, con preferencia inferior a 50,000, y ventajosamente inferior a 10,000.

10 Con preferencia, el polisacárido contiene al menos un resto seleccionado entre las aldosas citadas anteriormente, ventajosamente la glucosa. Se prefieren particularmente los polisacáridos reductores que están constituidos mayoritariamente (en proporción mayor que 50% en peso) por
15 restos glucosa.

El azúcar reductor puede ser particularmente una mezcla de monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, particularmente una dextrina.

20 Las dextrinas son compuestos que responden a la fórmula general $(C_6H_{10}O_5)_n$. Las mismas se obtienen por hidrólisis parcial del almidón. Su DE está comprendido ventajosamente entre 5 y 99, con preferencia entre 10 y 80.

El componente (a), a saber el glúcido constituido por azúcares hidrogenados mezclados eventualmente con azúcares reductores, representa ventajosamente de 30 a 70% en peso, con preferencia de 40 a 60% en peso de materia seca de la
25 composición de encolado.

El componente (b) es un ácido policarboxílico monómero. Puede tratarse de un ácido dicarboxílico, tricarboxílico o
30 tetracarboxílico.

Los ácidos dicarboxílicos engloban, por ejemplo, el ácido oxálico, el ácido malónico, el ácido succínico, el ácido glutárico, el ácido adípico, el ácido pimélico, el ácido subérico, el ácido azelaico, el ácido sebácico, el ácido málico, el ácido tartárico, el ácido tartrónico, el ácido aspártico, el ácido glutámico, el ácido fumárico, el

ácido itacónico, el ácido maleico, el ácido traumático, el ácido canfórico, el ácido ftálico y sus derivados, que contienen particularmente al menos un átomo de boro o de cloro, el ácido tetrahidroftálico y sus derivados, que
5 contienen particularmente al menos un átomo de cloro tales como el ácido cloréndico, el ácido isoftálico, el ácido tereftálico, el ácido mesacónico y el ácido citracónico.

Los ácidos tricarboxílicos engloban, por ejemplo el ácido cítrico, el ácido tricarbálico, el ácido 1,2,4-
10 butanotricarboxílico, el ácido aconítico, el ácido hemimelítico, el ácido trimelítico y el ácido trimésico.

Como ácido tetracarboxílico, se pueden citar por ejemplo el ácido 1,2,3,4-butanotetracarboxílico y el ácido
piromelítico.

15 Se utilizará con preferencia el ácido cítrico.

El componente (b), a saber el ácido policarboxílico monómero, representa ventajosamente de 30 a 70% en peso, con preferencia de 40 a 60% en peso de materia seca de la composición de encolado de la presente invención.

20 La ratio en peso del componente (a) al componente (b) está comprendida con preferencia entre 70/30 y 30/70, particularmente entre 60/40 y 40/60.

Como se ha explicado en la introducción, la presencia de una concentración importante de un epoxisilano es una característica técnica esencial de la presente invención.
25

La composición de encolado de la presente invención contiene ventajosamente de 2.1 a 7% en peso, con preferencia de 2.3 a 6% en peso y en particular de 2.5 a 5% en peso e idealmente de 3 a 4.5% en peso de al menos un epoxisilano, expresándose estos porcentajes con relación a la suma de los
30 componentes (a) y (b).

Cuanto mayor es el contenido en epoxisilanos, más notable es el efecto antienviejecimiento. El coste relativamente elevado de los epoxisilanos conduce sin embargo a limitar las cantidades de epoxisilanos utilizadas.

No obstante, es probable que el aumento del precio de coste de la composición de encolado, resultante de la utilización de concentraciones importantes de un epoxisilano, esté compensado por la posibilidad de utilizar menos cantidad de la composición de encolado.

Los epoxisilanos de la presente invención pueden ser trialcoxisilanos o di-alcoxisilanos, es decir pueden comprender dos o tres funciones alcoxi hidrolizables en funciones silanol. Son particularmente preferidos los trialcoxisilanos.

Los grupos alcoxi son ventajosamente grupos metoxi o etoxi, siendo preferidos los grupos metoxi, más reactivos que los grupos etoxi.

El epoxisilano utilizado en la presente invención para mejorar la resistencia al envejecimiento de los productos de aislamiento a base de lana mineral ligada por ligantes a base de azúcares hidrogenados, se selecciona ventajosamente del grupo formado por los 3-glicidiloxipropil-trialcoxisilanos, 3-glicidoxipropil-dialcoxi-alquilsilanos, epoxiciclohexiletiltrialcoxi-silanos, y epoxiciclohexiletildialcoxi-alquilsilanos.

Los 3-glicidiloxipropil-trialcoxisilanos son particularmente interesantes y entre ellos la Solicitante ha obtenido resultados excelentes con el (3-glicidiloxipropil)-trimetoxisilano, comercializado por ejemplo bajo la denominación GLYMO por la sociedad Evonik, bajo la denominación Z-6040 por la sociedad Dow Corning o incluso bajo la referencia OFS-6040 por la sociedad Xiameter.

La composición de encolado puede comprender además un catalizador que puede seleccionarse entre las bases y los ácidos de Lewis, tales como las arcillas, la sílice coloidal o no, las aminas orgánicas, los amonios cuaternarios, los óxidos metálicos, los sulfatos metálicos, los cloruros metálicos, los sulfatos de urea, los cloruros de urea y los catalizadores a base de silicatos.

El catalizador puede ser igualmente un compuesto que contiene fósforo, por ejemplo un hipofosfito de metal alcalino, un fosfito de metal alcalino, un polifosfato de metal alcalino, un hidrogenofosfato de metal alcalino, un ácido fosfórico o un ácido alquilfosfónico. Con preferencia, el metal alcalino es el sodio o el potasio.

El catalizador puede ser también un compuesto que contiene flúor y boro, por ejemplo el ácido tetrafluorobórico o una sal de este ácido, particularmente un tetrafluoroborato de metal alcalino tal como el sodio o el potasio, un tetrafluoroborato de metal alcalino-térreo tal como el calcio o el magnesio, un tetrafluoroborato de cinc y un tetrafluoroborato de amonio.

Con preferencia, el catalizador es el hipofosfito de sodio, el fosfito de sodio o una mezcla de estos compuestos.

La cantidad de catalizador introducida en la composición de encolado representa generalmente como máximo 20% en peso, ventajosamente de 1 a 10% en peso, referido al peso total de los componentes (a) y (b).

La composición de encolado conforme a la invención puede comprender además los aditivos convencionales citados a continuación en las proporciones siguientes, calculadas sobre la base de 100 partes en peso de componente (a) + (b):

De 0 a 40 partes, con preferencia de 4 a 25 partes, de un aceite o emulsión de aceite,

de 0 a 5 partes de un agente hidrófobo, en particular una silicona,

de 0 a 20 partes de un poliol diferente de los azúcares hidrogenados,

de 0 a 30 partes de urea, con preferencia de 0 a 20 partes,

de 0 a 30 partes de una carga de extensión (*extendedor*) seleccionada entre los derivados de la lignina tales como el lignosulfonato de amonio (LSA) o el lignosulfonato de sodio, y las proteínas animales o vegetales.

El papel de los aditivos es conocido y se recuerda brevemente:

Los aceites son agentes antipolvo y agentes hidrófobos; la urea juega el papel de plastificante y permite además
5 ajustar el tiempo de gel de la composición de encolado a fin de evitar los problemas de pre-gelificación; la carga de extensión es una carga orgánica soluble o dispersable en la composición de encolado que permite particularmente disminuir el coste de ésta.

10 El agente hidrófobo es con preferencia una silicona reactiva, es decir un polidiorganosiloxano que lleva al menos una función hidroxilo (silanol), carboxilo, anhídrido, amina, epoxi o vinilo apta para reaccionar con al menos uno de los
15 constituyentes de la composición de encolado y/o con los grupos silanol de la superficie del vidrio.

La silicona reactiva es preferentemente líquida a la temperatura ambiente. Su peso molecular medio es por regla general inferior o igual a 50,000, con preferencia inferior o igual a 10,000.

20 Con preferencia, la silicona reactiva comprende una función reactiva, ventajosamente una función silanol, en cada uno de sus extremos de cadena.

La función reactiva de la silicona reactiva puede estar bloqueada por un grupo protector que libera dicha función
25 reactiva bajo el efecto del calor. La proporción de silicona reactiva en la composición de encolado varía generalmente de 0.1 a 5 partes, con preferencia de 0.3 a 3 partes, ventajosamente de 0.5 a 2.5 partes y mejor aún de 0.7 a 1.8 partes en peso, para 100 partes en peso de la suma de los
30 componentes (a) y (b).

La preparación de la composición de encolado se efectúa por simple mezcladura con agua de los constituyentes citados anteriormente.

La composición de encolado está destinada a ser aplicada sobre fibras minerales, particularmente fibras de vidrio o de roca.

La presente invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de un producto aislante a base de lana mineral, que comprende

- la aplicación de una composición acuosa de encolado tal como se describe arriba sobre fibras de lana mineral, y
- la evaporación de la fase disolvente de la composición acuosa de encolado y el endurecimiento térmico del residuo no volátil de la composición.

De manera clásica, la composición de encolado se proyecta por pulverización sobre las fibras minerales a la salida del dispositivo centrífugo y antes de su recogida sobre el órgano receptor en forma de una napa de fibras que se trata a continuación a una temperatura que permite la reticulación del encolado y la formación de un ligante infusible. La reticulación del encolado según la invención se hace a una temperatura comparable a la de una resina formol-fenólica clásica, a una temperatura superior o igual a 110°C, con preferencia superior o igual a 130°, y ventajosamente superior o igual a 140°C.

La gran reactividad del epoxisilano hace prohibitiva la preparación de una composición de encolado mucho tiempo antes. En un modo de realización preferido, el procedimiento de la presente invención comprende por consiguiente una etapa de preparación de la composición acuosa de encolado, realizada menos de 24 horas, con preferencia menos de 4 horas, en particular menos de 1 hora, e idealmente menos de 15 minutos antes de la etapa de aplicación sobre las fibras, mezclándose con preferencia el epoxisilano con la composición de encolado acuosa que contiene todos los restantes ingredientes.

La composición de encolado tiene ventajosamente un pH comprendido entre 2 y 4, en particular entre 2.5 y 3.5, e idealmente próximo a 3.

Los productos aislantes acústicos y/o térmicos obtenidos por el procedimiento según la invención a partir de estas fibras encoladas constituyen también un objeto de la presente invención.

Estos productos se presentan generalmente en forma de un lecho o de un fieltro de lana mineral, de vidrio o de roca, o incluso de una capa de fibras minerales, igualmente de vidrio o de roca, destinada particularmente a formar un revestimiento de superficie de dicho lecho o dicho fieltro. Cuando el componente (a) contiene una proporción muy baja de azúcares reductores, los productos presentan un color blanco particularmente ventajoso.

Además, los productos aislantes presentan una gran resistencia al desarrollo de microorganismos, particularmente de mohos, que es debido al carácter no fermentable de los azúcares hidrogenados.

Ejemplo 1

Ligante a base de azúcares hidrogenados

Se preparan composiciones de encolado que comprenden los constituyentes que figuran en la Tabla 1 expresados en partes en peso.

Las composiciones de encolado se preparan introduciendo, en un recipiente, agua (aproximadamente 80% de la composición final), azúcar hidrogenado (jarabe de maltitol), ácido cítrico, hipofosfito de sodio (catalizador), emulsión de aceite anti-polvo, emulsión de silicona, y finalmente epoxisilano (o el amino silano comparativo) bajo agitación enérgica hasta disolución completa de los constituyentes.

Se fabrica una lana de vidrio por la técnica de la centrifugación interna en la cual la composición de vidrio fundido se transforma en fibras por medio de un instrumento denominado "plato de centrifugación", que comprende un cesto que forma la cámara de recepción de la composición fundida y una banda periférica perforada con una multitud de orificios: el plato está dotado de movimiento giratorio alrededor de su eje de simetría dispuesto verticalmente, la composición es lanzada a través de los orificios bajo el efecto de la fuerza centrífuga y la materia que se escapa de los orificios se estira en fibras con la ayuda de una corriente de gas de estiramiento.

De manera clásica, una corona de pulverización de encolado está dispuesta por debajo del plato de fibrado a fin de repartir regularmente la composición de encolado sobre la lana de vidrio recién formada.

5 La lana mineral así encolada se recoge sobre un transportador de cinta equipado con cajones de aspiración internos que retienen la lana mineral en forma de un fieltro o de una napa en la superficie del transportador. El transportador circula a continuación por el interior de una
10 estufa mantenida a 270°C, en la cual los constituyentes del encolado se polimerizan para formar un ligante. El producto aislante obtenido presenta una densidad nominal igual a 17.5 kg/m³, un espesor nominal de aproximadamente 75 mm y una pérdida por calcinación del orden de 5%.

15 Las propiedades de las composiciones de encolado que figuran en la Tabla 1 siguiente se evalúan comparativamente a una composición de encolado clásica que contiene una resina formol-fenólica y urea (Referencia) preparada conforme al ejemplo 2, ensayo 1, de W001/96254 A1.

20 La resistencia a la tracción se mide según la norma ASTM C686-71T sobre una muestra recortada por estampación en el producto aislante. La muestra tiene la forma de un anillo de 122 mm de longitud, 46 mm de anchura, un radio de curvatura del recorte del borde exterior igual a 38 mm y un radio de
25 curvatura del recorte del borde interior igual a 12.5 mm.

 La muestra se dispone entre dos mandriles cilíndricos de una máquina de ensayos, uno de los cuales es móvil y se desplaza a velocidad constante. Se mide la fuerza de rotura F de la muestra y se calcula la resistencia a la tracción RT, definida por la ratio de la fuerza de rotura F (en Newton) a
30 la masa de la muestra (en gramos).

 La resistencia a la tracción se mide inmediatamente después de la fabricación (resistencia a la tracción inicial) y después de un envejecimiento acelerado en un autoclave a una temperatura de 105°C bajo 100% de humedad relativa durante 15 minutos.

La "recuperación de espesor" indica la elasticidad en compresión del producto final. Para medir la misma se aplica, durante un tiempo dado, una presión de compresión tal que el espesor se reduzca a 1/4.8 de su valor inicial. Después de la relajación de esta presión de compresión, se mide nuevamente el espesor. La recuperación de espesor es la ratio del espesor medido después de la relajación de la presión de compresión al espesor inicial.

Tabla 1

10	Muestra	1	2	3	4*	Referencia
	Resina fenólica R225	-	-	-	-	100
	Azúcar hidrogenado	48	48	48	48	-
15	(Maltilite® 5575)					
	Ácido cítrico	52	52	52	52	-
	Hipofosfito de sodio	5	5	5	5	-
	Emulsión de aceite anti-polvo	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
20	(HydroWax® 88)					
	Sulfato de amonio	-	-	-	-	3
	Emulsión de silicona (DC1581)	2.1	2.1	2.1	2.1	-
25	Aminosilano	0.5	-	-	-	0.5
	Epoxisilano (GLYMO®)	-	0.5	1.5	3	-
	<u>RT (en N/g)</u>					
	Antes de envejecimiento	4.5	4.3	4.5	5.0	5.0
30	Después de envejecimiento	2.9	3.1	3.6	4.2	4.4
	<u>Pérdida por calcinación</u>	5.2	5.2	5.2	5.2	4.7
	<u>Recuperación de espesor (%)</u>					
	Después de 1 hora	108	106	-	106	107

Después de 30 días	98	97	96	96	102

* Según la invención

Se puede constatar que la resistencia a la tracción de la muestra 4 preparada conforme a la invención presenta una resistencia a la tracción antes del envejecimiento equivalente a la de la muestra de referencia, mientras que todas las muestras comparativas (nº 1-3) presentan resistencias a la tracción antes del envejecimiento inferiores en al menos un 10% a las de la muestra de referencia.

Por otra parte, la pérdida de resistencia a la tracción después del envejecimiento es significativamente inferior para la muestra según la invención que para las tres muestras comparativas.

Estos resultados demuestran que la utilización de una concentración importante de un epoxisilano (3% de GLYMO) permite reducir significativamente la pérdida de resistencia a la tracción de un producto de aislamiento preparado con un ligante a base únicamente de azúcares hidrogenados.

El valor de la recuperación de espesor no parece depender de la concentración del epoxisilano.

Ejemplo 2

Ligante a base de azúcares hidrogenados y de azúcares reductores

Se procede de la manera descrita en el Ejemplo 1 pero utilizando, como glúcido, una mezcla de un azúcar hidrogenado

(jarabe de maltitol) y de un azúcar reductor (jarabe de glucosa). La Tabla 2 especifica las fracciones ponderales de las composiciones de encolado utilizadas y las propiedades mecánicas de las muestras de lana mineral obtenidas.

5 **Tabla 2**

	Muestra	5	6	7	8	9	10	11*	12*
10	Azúcar reductor (Roclys® C3072S)	31	31	31	31	31	31	31	31
	Azúcar hidrogenado (Maltilite® 5575)	24	24	24	24	24	24	24	24
15	Ácido cítrico	45	45	45	45	45	45	45	45
	Hipofosfito de Na	5	5	5	5	5	5	5	5
20	Emulsión de aceite (HydroWax® 88)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
	Emulsión de silicona (DC1581)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
25	Aminosilano	0.5	1	2	3	-	-	-	-
	Epoxisilano	-	-	-	-	0.5	1	2.1	3
	<u>RT (en N/g)</u>	4.3	4.3	4.1	4.1	4.3	4.2	4.3	4.5
30	Antes de envejecimiento	3.1	3.4	3.4	3.2	3.4	3.1	3.6	3.7
	Después de envejecimiento								
	<u>Pérdida por calcinación</u>	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2

<u>Recuperación de</u> <u>espesor (%)</u>								
Después de 1 hora	103	107	108	108	106	104	107	107
Después de 30 días	91	93	94	97	97	97	99	96

* Según la invención

Se constata que la resistencia a la tracción de las muestras preparadas conforme a la invención (nº 11 y 12) es mejor tanto *antes* del envejecimiento como *después* del envejecimiento, en comparación con muestras que contienen menos epoxisilano (nº 9 y 10), pero también en comparación con muestras que contienen una cantidad equivalente de un aminosilano (nº 7 y 8).

Como se ha constatado ya en el Ejemplo 1, los valores de recuperación de espesor de los productos finales parecen ser independientes de la naturaleza química y de la concentración del silano.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.