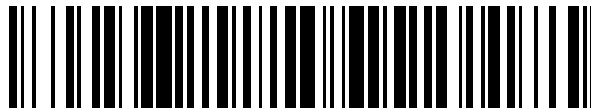


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 414 870**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2010 E 10718122 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2324072**

54 Título: **Composición de recubrimiento mejorada para palas de aerogeneradores**

30 Prioridad:

**24.04.2009 EP 09158706**

**20.10.2009 EP 09173494**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la

traducción de la patente:

**23.07.2013**

73 Titular/es:

**HEMPEL A/S (100.0%)**

**Lundtoftevej 150**

**2800 Lyngby, DK**

72 Inventor/es:

**KALLESØE, ERIK y**

**NYSTEEN, LINDA**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 414 870 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Composición de recubrimiento mejorada para palas de aerogeneradores

### CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se refiere a composiciones de recubrimiento mejoradas de las capas de recubrimiento final antierosivas para palas de aerogeneradores.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Durante muchos años, ha sido una práctica habitual en la industria de los aerogeneradores la protección del borde de ataque de las palas frente a la erosión resultante de la colisión con gotas de lluvia, partículas de polvo, insectos, granizo y similares, mediante el pegado de una cinta antierosiva sobre las áreas críticas.

- 10 La aplicación de la cinta es una tarea difícil y que requiere mucho tiempo la cual muchas compañías de fabricación de palas preferirían evitar. Además, el borde de la cinta puede ocasionar ruido y turbulencias no deseados.

La sustitución de la cinta por una capa de recubrimiento final sumamente antierosiva reduce el tiempo de producción y garantiza una superficie lisa.

- 15 Hasta ahora se creía que la principal característica de los recubrimientos para bordes de este tipo debía ser un grado elevado de resistencia a la abrasión, pero recientemente se ha sugerido que la elasticidad también desempeña una función importante.

- 20 El documento US 2004/110918 A1 describe un proceso para producir agentes reticulantes para recubrimientos en polvo de poliuretano. Los agentes reticulantes normalmente incluyen pocos grupos isocianato libres, sin embargo, los grupos uretdiona se desintegrarán al calentarlos y darán como resultado más grupos isocianato. El documento US 2007/0142608 A1 describe los desarrollos adicionales del proceso de D1 en los que se usa un catalizador que contiene bismuto.

- 25 El documento WO 2005/092586 A1 describe métodos para preparar un recubrimiento para palas de aerogeneradores con una película termoplástica, que es adecuada como superficie exterior de las palas del aerogenerador. Preferentemente, los materiales que forman el recubrimiento comprenden un material con base acrílica, policarbonato, FCDF (fluoruro de polivinilideno), poliuretano o una mezcla.

El documento US 4 859 791 describe polioles para emplear en la composición para la preparación de poliuretanos. Los polioles tienen un peso molecular de 850-2000, una funcionalidad de 5-9, y se preparan a partir de ácidos carboxílicos aromáticos o policicloalifáticos polifuncionales y opcionalmente, hasta aproximadamente el 50% en peso de al menos un ácido carboxílico polifuncional acíclico.

- 30 Los documentos JP 2006-124610 y JP 2006-328252 describen composiciones de recubrimiento de una combinación de un polioliol y un poliisocianato del tipo alofanato.

El documento WO 2009/111227 describe materiales compuestos que comprenden un sistema de recubrimiento multicapa, que incluye una capa de recubrimiento final de un componente funcional que comprende grupos amino y/o hidroxilo, y un agente de curado que comprende isocianato y/o grupos funcionales anhídrido.

- 35 Se ha descubierto recientemente que los recubrimientos a base de poliuretano, formados por una combinación de un tipo de polioles seleccionados de forma particular y tipos de poliisocianatos seleccionados de forma particular, constituyen recubrimientos externos excelentes para palas de aerogeneradores en el sentido de que los recubrimientos de este tipo proporcionan una combinación adecuada de flexibilidad y durabilidad.

### OBJETO DE LA INVENCION

- 40 Un objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar composiciones de recubrimiento mejoradas de las capas de recubrimiento final para palas de aerogeneradores las cuales reducirán el intenso desgaste en el borde de ataque de las palas causado por la colisión con partículas que interaccionan, p. ej., gotas de lluvia.

COMPENDIO DE LA INVENCION

5 En contra de estudios anteriores que se centraban en recubrimientos resistentes a la abrasión, se ha descubierto recientemente que los recubrimientos que tienen un grado de flexibilidad ajustado de forma particular pueden resolver de manera más conveniente el problema del intenso desgaste en el borde de ataque de las palas de aerogeneradores en el sentido de que los recubrimientos de este tipo son capaces de absorber y/o reflejar la energía de las partículas (p. ej., gotas de lluvia) que colisionan con las palas a gran velocidad.

10 Por tanto, la presente invención proporciona una alternativa a la cinta antierosiva tradicional fácil de aplicar y, además, elimina o reduce ruido y turbulencias no deseados. La aplicación de una capa de recubrimiento final sumamente antierosiva sobre el borde de ataque de palas de aerogeneradores (o toda la superficie de la pala) prolonga la vida útil de la pala de aerogenerador y ralentiza el desarrollo de daños locales.

Más concretamente, la presente invención proporciona protección esencial para los bordes de ataque de palas de aerogeneradores frente a la erosión causada por la colisión con partículas que interaccionan, p. ej., gotas de lluvia.

15 Por tanto, un aspecto de la presente invención se refiere a una pala de aerogenerador en la que al menos una parte de su superficie exterior, como la capa más exterior, tiene un recubrimiento a base de poliuretano, cf. la reivindicación 1.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a una composición de recubrimiento, cf. la reivindicación 7.

Otro aspecto más de la presente invención se refiere a un método de recubrimiento de un sustrato, cf. la reivindicación 11.

LEYENDAS DE LAS FIGURAS

20 La fig. 1 muestra los resultados del ensayo de erosión pluvial (RET, por sus siglas en inglés) para una serie de siete recubrimientos de referencia.

La fig. 2 muestra los resultados del ensayo de erosión pluvial (RET) para una serie de seis recubrimientos modelo.

La fig. 3 muestra el montaje experimental para el ensayo de erosión pluvial (RET).

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Como se ha mencionado anteriormente, la presente invención proporciona una pala de aerogenerador en la que al menos una parte de su superficie exterior, como la capa más exterior, tiene un recubrimiento a base de poliuretano, donde dicho recubrimiento incluye un aglutinante de poliuretano preparado a partir de:

30 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de al menos 2,0 e inferior a 8,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-3000 g/mol; y

35 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media inferior a 3,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos poliisocianatos se seleccionan entre:

(i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 500-3000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;

40 (ii) poliisocianatos del tipo alofanato que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; y

(iii) poliisocianatos del tipo uretdiona que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0.

En el presente contexto, la expresión "capa más exterior" se refiere al sistema de recubrimiento final aplicado a la pala de aerogenerador, es decir, la capa más exterior cuando la pala de aerogenerador está en funcionamiento.

Los principales elementos del aglutinante de poliuretano son el componente base y el componente que es un agente de curado. En la mayoría de las realizaciones, estos componentes son de hecho los únicos componentes que aparecen en la estructura final del aglutinante de poliuretano.

- 5 En términos de la composición de recubrimiento completa, está constituida normalmente por una “base” (en la que se incluye el componente base (es decir, el o los polioles)) y un “agente de curado” (en el que se incluye el componente que es un agente de curado (es decir, el o los poliisocianatos)). Normalmente, la “base” y el “agente de curado” además incluyen una serie de otros elementos, p. ej., materiales de relleno y pigmentos, aceleradores, aditivos y disolventes. La naturaleza de tales elementos diferentes se discute más adelante.

Una característica importante de los polioles y los poliisocianatos es la funcionalidad.

- 10 Para cada polioliol (elementos del componente base), el término “funcionalidad” se define como el número de grupos hidroxilo presentes por molécula. A efectos prácticos, el número de grupos hidroxilo se proporciona como una media debido a la presencia de varios tipos de moléculas de polioliol relacionados en un mismo producto comercial.

- 15 De manera similar, para cada poliisocianato (elementos del componente que es un agente de curado), el término “funcionalidad” se define como el número de grupos isocianato presentes por molécula. De nuevo y a efectos prácticos, el número de grupos isocianato se proporciona como una media debido a la presencia de varios tipos de moléculas de poliisocianato relacionados en un mismo producto comercial.

- 20 La expresión “funcionalidad media” se refiere a la funcionalidad de una combinación de dos o más polioles, o una combinación de dos o más poliisocianatos. En ambos casos, la “funcionalidad media” se calcula como el número total de grupos reactivos (grupos hidroxilo o isocianato) dividido por el número total de moléculas (polioliol o isocianato).

Se pretende que la expresión “peso molecular” signifique peso molecular medio ponderal de las especies en cuestión, a menos que se especifique lo contrario. En realidad, los productos poliméricos comerciales siempre incluirán una mezcla de cadenas poliméricas de diferentes longitudes, de ahí la expresión “peso molecular medio”.

- 25 Para el aglutinante de poliuretano definido en la presente, la funcionalidad media del o los polioles debe ser de al menos 2,0 e inferior a 8,0. En el caso de que tenga una funcionalidad media mayor, se cree que el aglutinante de poliuretano podría volverse demasiado inflexible (quebradizo) y, en el caso de que tenga una funcionalidad media menor, el aglutinante de poliuretano podría volverse demasiado débil mecánicamente. En las realizaciones más preferidas en la actualidad, la funcionalidad media del o los polioles está comprendida entre 2,0 y 6,3, tal como entre 2,0 y 5,5.

- 30 Además, para el aglutinante de poliuretano definido en la presente, la funcionalidad media del o los poliisocianatos deber ser inferior a 3,0. En el caso de que tenga una funcionalidad media mayor, se cree que el aglutinante de poliuretano se vuelve demasiado inflexible. En las realizaciones más preferidas en la actualidad, la funcionalidad media del o los poliisocianatos es de al menos 2,0 e inferior a 3,0.

- 35 La proporción del número de grupos isocianato en el componente que es un agente de curado (en total) respecto al número de grupos hidroxilo en el componente base (en total) también parece desempeñar una cierta función. De hecho, el número de grupos isocianato está preferentemente en exceso respecto al número de grupos hidroxilo. En particular, se puede preferir que el número de grupos isocianato en el componente que es un agente de curado respecto al número de grupos hidroxilo en el componente base esté comprendido en el intervalo de 80:100 a 160:100, tal como de 90:100 a 125:100, o de 80:100 a 105:100, o de 80:100 a 100:100, o de 100:100 a 160:100.

- 40 También son importantes los tipos reales de polioles (componente base) y poliisocianatos (componente que es un agente de curado) a partir de los que se prepare el aglutinante de poliuretano.

- 45 Respecto al componente base, al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso del o los polioles deben tener segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y deben tener un peso molecular de 300-3000 g/mol, en particular 500-2500 g/mol. Más preferentemente, al menos el 80% en peso, tal como al menos el 90% en peso, y en particular esencialmente todos los polioles satisfacen estos criterios.

Se pretende que la expresión “segmentos de tipo poliéster alifáticos” incluya elementos estructurales del tipo -C-C'(=O)-O-C- y/o -CO-C(=O)-O-C-. Además, tales segmentos no incluyen elementos estructurales heteroaromáticos ni aromáticos; de ahí el término “alifático”.

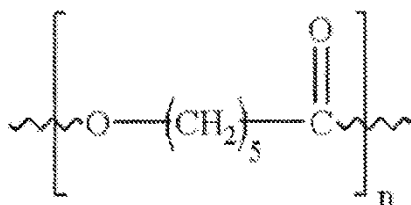
- 50 Los tipos de polioles preferidos son aquellos del tipo “lineal”, es decir, aquellos que tienen muy pocas cadenas laterales y/o estructuras cíclicas o ninguna, lo que da como resultado una movilidad molecular elevada.

En algunas realizaciones, el polioli puede tener una combinación de segmentos de tipo poliéster alifáticos cíclicos y lineales.

Además de los "segmentos de tipo poliéster alifáticos", el polioli puede tener también en algunas realizaciones "segmentos de tipo poliéster aromáticos". Se pretende que la expresión "segmentos de tipo poliéster aromáticos" incluya elementos estructurales del tipo  $-X-C(=O)-O-Y-$  y/o  $-X-O-C(=O)-O-Y-$  donde al menos uno de los componentes X e Y representa un elemento estructural aromático/heteroaromático.

Algunos ejemplos ilustrativos de polioles comercializados que son útiles en la presente invención son aquellos, p. ej., seleccionados entre: Desmophen 670-BA80 (Bayer Material Science), Setal 26855-80 (Nuplex), Synolac 9770 BA80 (Cray Valley), y entre aquellos que no tienen cadenas laterales, p. ej., Synolac 5085 (Cray Valley), Synolac 5086 (Cray Valley), Desmophen VP LS 2328 (Bayer Material Science), Desmophen C XP 2716 (Bayer Material Science), Desmophen C 1100 (Bayer Material Science), Capa 2043 (Perstorp), Oxymer M112 (Perstorp) y Oxymer M56 (Perstorp).

Respecto al o los polioles, hasta el 100% en peso pueden ser del tipo policaprolactona. Cuando se usa en la presente, la expresión "tipo policaprolactona" se pretende que signifique materiales que contienen el siguiente segmento:



Respecto al componente que es un agente de curado, al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso del o los poliisocianatos se seleccionan entre:

(i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster, en particular segmentos de tipo poliéster alifáticos, incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 500-3000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;

(ii) poliisocianatos del tipo alofanato que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; y

(iii) poliisocianatos del tipo uretdiona que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0.

Más preferentemente, al menos el 80% en peso, tal como al menos el 90% en peso, y en particular esencialmente todos los poliisocianatos, se seleccionan entre los tipos (i)-(iii) definidos anteriormente.

En algunas de las realizaciones preferidas en la actualidad, el agente de curado comprende tipos de poliisocianato a base de diisocianato de hexametileno (HDI, por sus siglas en inglés).

Se cree que los tipos de poliisocianato (i)-(iii) definidos anteriormente son especialmente adecuados para proporcionar al recubrimiento resultante las propiedades deseables respecto a la flexibilidad y la durabilidad en funcionamiento.

Los poliisocianatos del primer tipo (i) se caracterizan por tener segmentos de tipo poliéster, en particular segmentos de tipo poliéster alifáticos, incluidos en ellos, y por tener un peso molecular de 500-3000 g/mol, tal como 500-2000 g/mol, en particular 600-1500 g/mol, y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0, en particular una funcionalidad de 2,0-2,8.

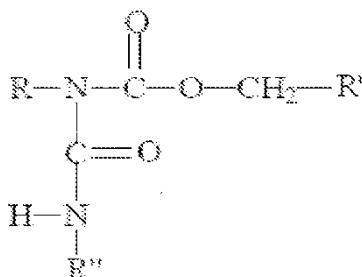
Al igual que los polioles, los poliisocianatos pueden tener también "segmentos de tipo poliéster aromáticos" – además de los "segmentos de tipo poliéster alifáticos" – en algunas realizaciones. Se pretende que la expresión "segmentos de tipo poliéster aromáticos" incluya elementos estructurales del tipo  $-X-C(=O)-O-Y-$  y/o  $-X-O-C(=O)-O-Y-$  donde al menos uno de los componentes X e Y representa un elemento estructural heteroaromático/aromático.

Algunos ejemplos ilustrativos de poliisocianatos del tipo (i) comercializados que son útiles en la presente invención son aquellos seleccionados entre: Desmodur N 3800 (Bayer Material Science) y NP 1200 (Mitsui Chemical Polyurethanes Inc.).

En las realizaciones donde los poliisocianatos incluyen poliisocianatos del tipo (i) definido anteriormente, los polioles del tipo policaprolactona pueden constituir preferentemente el 5-50%, tal como el 15-40%, en particular el 25-35% o incluso el 30-35%, en peso total de los polioles incluidos.

- 5 Los poliisocianatos del segundo tipo (ii) se caracterizan por ser del tipo alofanato y por tener un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; en particular una funcionalidad de 2,0-2,8.

Se pretende que la expresión "tipo alofanato" signifique materiales que contienen el siguiente segmento:



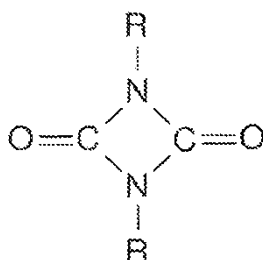
- 10 donde (normalmente) cada uno de los elementos R, R' y R'' son radicales orgánicos (p. ej., seleccionados entre alquilos, ésteres y éteres). Al menos dos de los elementos R, R' y R'' tienen un grupo isocianato lo que corresponde a una funcionalidad global de al menos 2,0 e inferior a 3,0.

Algunos ejemplos ilustrativos de poliisocianatos del tipo (ii) comercializados que son útiles en la presente invención son aquellos seleccionados entre: XP2500 (Bayer Material Science), Desmodur XP 2580 (Bayer Material Science), Basonat HA 100 (BASF), Basonat HA 200 (BASF), Basonat HA 300 (BASF) y D 178 N (Mitsui Chemical Polyurethanes Inc.).

- 15 En las realizaciones donde los poliisocianatos incluyen poliisocianatos del tipo (ii) definido anteriormente, los polioles del tipo policaprolactona pueden constituir preferentemente el 10-100%, tal como el 20-100%, en particular el 30-100% o el 30-90%, en peso total de los polioles incluidos.

Los poliisocianatos del tercer tipo (iii) se caracterizan por ser del tipo uretdiona y tener un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0, en particular una funcionalidad de 2,0-2,8.

- 20 Se pretende que la expresión "tipo uretdiona" signifique materiales que contienen el siguiente segmento:



donde (normalmente) cada componente R representa un radical orgánico (p. ej., seleccionado entre alquilos, ésteres y éteres) de entre los cuales algunos contienen uno o más grupos isocianato, lo que corresponde a una funcionalidad global de al menos 2,0 e inferior a 3,0.

- 25 Algunos ejemplos ilustrativos de poliisocianatos del tipo (iii) comercializados que son útiles en la presente invención son aquellos seleccionados entre: Desmodur N 3400 (Bayer Material Science) y Desmodur XP 2730 (Bayer Material Science).

- 30 En las realizaciones donde los poliisocianatos incluyen poliisocianatos del tipo (iii) descritos anteriormente, los polioles del tipo policaprolactona pueden constituir preferentemente el 5-50%, tal como el 15-40%, en particular el 25-35% o incluso el 30-35%, en peso total de los polioles incluidos.

En las realizaciones preferidas en la actualidad (y como resultado de la selección de los polioles y poliisocianatos especificados anteriormente), el grado de ramificación en el recubrimiento a base de poliuretano es bajo, lo que permite un grado elevado de movilidad molecular. Esto es conveniente a fin de obtener la flexibilidad necesaria.

*Preparación de la composición de recubrimiento a base de poliuretano*

El aglutinante de poliuretano normalmente se prepara a partir de polioles y poliisocianatos comercializados, p. ej., combinados con materiales de relleno y pigmentos, disolventes y aditivos que incluyen aceleradores.

5 Por tanto, la base (que incluye el y los polioles) y/o el agente de curado (que incluye el y los poliisocianatos) puede incluir normalmente uno o más elementos, p. ej., materiales de relleno y pigmentos, disolventes y aditivos (p. ej., agentes espesantes, agentes humectantes, agentes dispersantes, agentes anticombamamiento, agentes antisedimentantes, antiespumantes, estabilizadores y aceleradores).

10 Algunos ejemplos de materiales de relleno y pigmentos son: carbonato cálcico, dolomita, talco, mica, sulfato de bario, caolín, sílice, dióxido de titanio, óxido de hierro rojo, óxido de hierro amarillo, óxido de hierro negro, negro de humo, azul ftalocianina y verde ftalocianina.

15 Además, la base y el agente de curado se suplementan normalmente con uno o más disolventes a fin de facilitar el mezclado de los componentes o con el fin de facilitar la aplicación de la composición de recubrimiento. Algunos ejemplos de disolventes adecuados son: tolueno, xileno y el disolvente de nafta; cetonas tales como la cetona metil metílica, cetona isobutil metílica, alcohol diacetónico y ciclohexanona; ésteres tales como acetato de metoxipropilo, acetato de *n*-butilo y acetato de 2-etoxietilo; y sus mezclas.

El o los disolventes normalmente están presentes en la composición de recubrimiento en una cantidad del 0-45% en peso, p. ej., en una cantidad del 0-35% en peso, por ejemplo, del 0-18% en peso, tal como del 0-10% (p. ej., del 0-5%) en peso de la composición de recubrimiento.

20 En algunas realizaciones, el o los disolventes están presentes en la composición de recubrimiento en una cantidad del 5-45% en peso, p. ej., del 10-35% en peso, tal como del 20-30% en peso de la composición de recubrimiento.

En otras realizaciones, sin embargo, no se necesita un disolvente debido a la baja viscosidad de los elementos restantes de la composición de recubrimiento. Por tanto, en tales casos, el o los disolventes se incluyen (o no se incluyen) en una cantidad del 0-35% en peso, p. ej., del 0-18% en peso, tal como del 0-10% en peso de la composición de recubrimiento. En algunas de estas realizaciones, los disolventes están ausentes.

25 Algunos ejemplos de aditivos son: agentes humectantes y dispersantes; agentes antiespumantes tales como aceites de silicona; estabilizadores tales como estabilizadores frente a la luz y el calor, p. ej., aminas estéricamente impedidas estabilizadoras frente a la luz (HALS, por sus siglas en inglés); estabilizadores frente a la humedad (deshidratantes) tales como isocianatos sustituidos, silanos sustituidos, ésteres trialquílicos del ácido ortofórmico y zeolitas sintéticas; estabilizadores frente a la oxidación tales como el hidroxianisol butilado y el hidroxitolueno butilado; espesantes y agentes antisedimentantes tales como arcillas organomodificadas (Bentone), ceras poliamídicas y ceras polietilénicas.

30

Algunos ejemplos típicos de aceleradores adecuados son compuestos orgánicos que contienen metales. Algunos ejemplos ilustrativos de aceleradores comercializados que son útiles en la presente invención son aquellos seleccionados entre: dilaurato de dibutilestano, neodecanoato de bismuto y octoato de zinc.

35 La selección adecuada del acelerador y su cantidad está dentro de las competencias de la persona experta en la técnica. Por ende, muy probablemente la aplicación de una cantidad muy alta de acelerador dará como resultado un recubrimiento demasiado quebradizo, mientras que una cantidad muy pequeña (o nada en absoluto) de acelerador tendrá un impacto en la velocidad del curado. De hecho, el curado puede ser normalmente demasiado lento sin la presencia de un acelerador, a menos que otros factores, p. ej., la temperatura o la reactividad de los polioles y los poliisocianatos, proporcione las condiciones necesarias para un aumento en la velocidad de la reacción.

40

En algunas realizaciones preferidas en actualidad, el aglutinante de poliuretano se prepara en presencia de uno o más aceleradores.

En algunas realizaciones preferidas en la actualidad, la composición de recubrimiento que da lugar al recubrimiento de la pala de aerogenerador es como sigue:

45 un 10-40%, en particular un 20-30%, en peso del o los polioles;  
 un 15-35%, en particular un 20-30%, en peso del o los poliisocianatos;  
 un 0,0-0,5%, en particular un 0,01-0,2%, en peso de uno o más aceleradores;  
 un 5-10%, en particular un 6-8%, en peso de aditivos;  
 un 5-25%, en particular un 10-20%, en peso de materiales de relleno y pigmentos; y  
 50 un 10-35%, en particular un 20-30%, en peso de uno o más disolventes.

En otra variante, la composición de recubrimiento es como sigue:

- 5 un 10-50%, en particular un 20-35%, tal como un 20-30%, en peso del o los polioles;  
 un 15-45%, en particular un 20-35%, tal como un 20-30%, en peso del o los poliisocianatos;  
 un 0,0-0,5%, en particular un 0,01-0,2%, en peso de uno o más aceleradores;  
 un 5-10%, en particular un 6-8%, en peso de aditivos;  
 un 5-35%, en particular un 10-25%, tal como un 10-20%, en peso de materiales de relleno y pigmentos; y  
 un 0-35%, en particular un 0-10%, en peso de uno o más disolventes.

*Aplicación de la composición de recubrimiento a base de poliuretano*

10 El aglutinante de poliuretano se prepara a partir del componente base (que incluye el o los polioles) y el componente que es un agente de curado (que incluye el o los poliisocianatos). En las realizaciones prácticas, los dos componentes se mezclan en un único lote para una aplicación normal mediante pulverización o en un proceso continuo cuando se usa un equipamiento de pulverización con varios componentes. Antes del mezclado se pueden precondicionar uno o ambos componentes para que cumplan los requerimientos térmicos específicos.

15 La aplicación de la composición de recubrimiento a base de poliuretano puede llevarse a cabo mediante métodos de aplicación normales, p. ej., brocha, rodillo, pulverización sin aire, pulverización sin aire con varios componentes, pulverización sin aire con varios componentes calentados y similares.

20 Con el objeto de facilitar la aplicación sencilla de la composición de recubrimiento (p. ej., mediante técnicas de aplicación con brocha, rodillo o pulverización), la composición de recubrimiento tiene normalmente una viscosidad comprendida en el intervalo de 25 a 25 000 mPa·s, tal como en el intervalo de 150 a 15 000 mPa·s, en particular en el intervalo de 200 a 1000 mPa·s. A diferencia de esto, las composiciones de recubrimiento adaptadas para el recubrimiento con polvos son sólidas y no tienen una viscosidad medible. En la presente solicitud con reivindicaciones, la viscosidad se mide a 25 °C de acuerdo con la norma ISO 2555:1989.

25 La base (que incluye el o los polioles) y el agente de curado (que incluye el o los poliisocianatos) se mezclan antes de la aplicación, lo que permite la formación del aglutinante de poliuretano gracias a la reacción química de los grupos hidroxilo con los grupos isocianato. La proporción de mezcla de los dos componentes debe controlarse cuidadosamente con el fin de obtener un aglutinante de poliuretano con las propiedades físicas correctas, cf. las consideraciones respecto a la proporción del número de grupos isocianato en el componente que es un agente de curado respecto al número de grupos hidroxilo en el componente base discutido más anteriormente.

30 La proporción de mezcla se define como la proporción ponderal o volumétrica entre la base y el agente de curado. La proporción de mezcla volumétrica está comprendida normalmente entre 1:1 y 10:1, en particular entre 1:1 y 4:1.

Preferentemente, el grosor de la película seca del recubrimiento a base de poliuretano está comprendido entre 20 y 1000 µm, normalmente entre 50 y 300 µm.

35 También preferentemente, la parte de la superficie externa de la pala de aerogenerador recubierta con la composición de recubrimiento a base de poliuretano comprende al menos una porción predominante del borde de ataque de la pala, pero se puede recubrir con la composición de recubrimiento a base de poliuretano la totalidad de la superficie de la pala de aerogenerador.

Por tanto, la presente invención también proporciona un método de recubrimiento de un sustrato, comprendiendo dicho método los siguientes pasos:

- 40 (a) aplicar una composición de recubrimiento como la definida en la presente sobre al menos una parte de la superficie de dicho sustrato de este modo;  
 (b) permitir el curado de la composición de recubrimiento.

45 Después de aplicar la composición de recubrimiento sobre el sustrato, la composición de recubrimiento se cura preferentemente en unas condiciones en las que la temperatura de la composición de recubrimiento no exceda los 90 °C, p. ej., que no exceda los 70 °C, en particular a una temperatura comprendida en el intervalo de 0 a 45 °C, tal como una temperatura comprendida en el intervalo de 15 a 35 °C. La temperatura real a la que se puede curar la composición de recubrimiento tiene un límite inferior que está determinado normalmente por la temperatura a la cual la composición de recubrimiento es prácticamente curable y un límite superior determinado normalmente por la temperatura a la cual la integridad del sustrato y de cualesquiera capas subyacente se verán comprometidas. Como un ejemplo, la mayoría de los materiales compuestos usados para palas de aerogeneradores pueden permitir unas temperaturas de curado de hasta por encima de los 70 °C, mientras que los sustratos de aluminio pueden permitir fácilmente temperaturas de curado de hasta alrededor de los 90 °C. Otro factor es el tiempo de curado donde un



incremento en la temperatura de curado de aproximadamente 10 °C normalmente reducirá el tiempo de curado a la mitad.

5 Las características preferidas del recubrimiento a base de poliuretano son – además del alto grado de flexibilidad – cohesión de la película (como resultado de la densidad de reticulación), resistencia a la radiación UV, retención del brillo y adhesión a los recubrimientos subyacentes.

*Realizaciones alternativas*

10 En una realización alternativa, la composición de recubrimiento puede aplicarse en forma del denominado recubrimiento en gel. En esta realización, el recubrimiento no es necesariamente la capa más externa de la superficie de la pala de aerogenerador, sino que puede estar cubierta por una capa de recubrimiento final. En algunas realizaciones interesantes, sin embargo, el recubrimiento en gel constituye la capa más externa.

*Realizaciones específicas de la invención*

En una realización de la invención preferida en la actualidad, el aglutinante de poliuretano se prepara a partir de:

- 15 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y
- 20 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,1-2,9; donde al menos el 80% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son (i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster, en particular segmentos de tipo poliéster alifáticos, incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 700-1200 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.

En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles puede ser del tipo policaprolactona.

En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 4,6-6,1, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1800-2400 g/mol.

25 En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,1-6,2, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1000-2300 g/mol, y el 5-50% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

30 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,4-5,8, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1200-2100 g/mol, y el 15-40% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

35 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,5, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1950 g/mol, y el 25-35% en peso de dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1850 g/mol, y el 30-35% en peso de dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra realización de la invención preferida en la actualidad, el aglutinante de poliuretano se prepara a partir de:

- 40 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y
- 45 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,0-2,8; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son poliisocianatos del tipo alofanato (ii) que tienen un peso molecular de 400-650 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.

En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles pueden ser del tipo policaprolactona.

En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,7-4,8, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1300-1800 g/mol.

5 En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,0, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2200 g/mol, y el 10-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

10 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-5,6, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2000 g/mol, y el 20-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

15 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-1800 g/mol, y el 30-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-2,2; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-500 g/mol, y al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

20 En otra realización más de la invención preferida en la actualidad, el aglutinante de poliuretano se prepara a partir de:

(a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y

25 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,0-2,8; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son poliisocianatos del tipo uretdiona (iii) que tienen un peso molecular de 300-600 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.

En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles puede ser del tipo policaprolactona.

30 En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,1-6,2, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1000-2300 g/mol, y el 5-50% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

35 En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,4-5,8, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1200-2100 g/mol, y el 15-40% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

40 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,5, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1950 g/mol, y el 25-35% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

45 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1850 g/mol, y el 30-35% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

#### *Nuevas composiciones de recubrimiento*

Se cree que algunas de las composiciones de recubrimiento que corresponden a aquellas que son útiles para formar la capa de recubrimiento de la pala de aerogenerador a base de poliuretano son novedosas de por sí.

Por tanto, la presente invención también proporciona una composición de recubrimiento que comprende:

- 5 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de al menos 2,0 e inferior a 8,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-3000 g/mol; y
- 10 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media inferior a 3,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos poliisocianatos se seleccionan entre:
- (i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster, en particular segmentos de tipo poliéster alifáticos, incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 500-3000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;
- (ii) poliisocianatos del tipo alofanato que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; y
- 15 (iii) poliisocianatos del tipo uretdiona que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;
- (c) uno o más componentes adicionales seleccionados entre materiales de relleno y pigmentos, aditivos, aceleradores y disolventes.

20 Varias realizaciones de la composición de recubrimiento de la invención son como el recubrimiento de la pala de aerogenerador que se describe más anteriormente.

En una realización actualmente preferida de la presente, la composición comprende:

- (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y
- 25 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,1-2,9; donde al menos el 80% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son poliisocianatos (i) que tienen segmentos de tipo poliéster, en particular segmentos de tipo poliéster alifáticos, incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 700-1200 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.

30 En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles puede ser del tipo policaprolactona.

En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 4,6-6,1, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1800-2400 g/mol.

35 En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,1-6,2, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1000-2300 g/mol, y el 5-50% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

40 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,4-5,8, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1200-2100 g/mol, y el 15-40% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,5, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1950 g/mol, y el 25-35% en peso de dichos polioles son del tipo policaprolactona.

45 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1850 g/mol, y el 30-35% en peso de dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra realización actualmente preferida de la presente, la composición comprende:

- (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y
- 5 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,0-2,8; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son poliisocianatos del tipo alofanato (ii) que tienen un peso molecular de 400-650 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.

En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles puede ser del tipo policaprolactona.

- 10 En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,7-4,8, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1300-1800 g/mol.

- 15 En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,0, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2200 g/mol, y el 10-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

- 20 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-5,6, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2000 g/mol, y el 20-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

- En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-1800 g/mol, y el 30-100% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

- 25 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-2,2; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-500 g/mol, y al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En una realización actualmente preferida más de la presente, la composición comprende:

- 30 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de 2,0-6,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-2400 g/mol; y
- (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media de 2,0-2,8; donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos poliisocianatos son poliisocianatos del tipo uretdiona (iii) que tienen un peso molecular de 300-600 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 2,8.
- 35

En esta realización, hasta el 100% en peso de dicho o dichos polioles puede ser del tipo policaprolactona.

- 40 En una variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,1-6,2, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1000-2300 g/mol, y el 5-50% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra variante de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,4-5,8 donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1200-2100 g/mol, y el 15-40% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

- 45 En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,5, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1950 g/mol, y el 25-35% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

En otra variante más de la realización anterior, el o los polioles tienen una funcionalidad media de 3,5-5,3, donde al menos el 90% en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 1250-1850 g/mol, y el 30-35% en peso de dicho o dichos polioles son del tipo policaprolactona.

- 5 Las composiciones de recubrimiento de la invención son preferentemente curables a una temperatura que no exceda los 50 °C, en particular a una temperatura que no exceda los 35 °C.

En particular, el curado de la composición de recubrimiento de la invención no requiere la presencia de restos que se descompongan térmicamente con el fin de proporcionar grupos isocianato.

#### EXPERIMENTOS

##### 10 *Ensayo de erosión pluvial (RET)*

Durante la vida útil de una pala de aerogenerador, esta está sometida a una erosión repetida debida a la colisión con gotas de lluvia, partículas de polvo, granizo, insectos y similares. La capacidad de resistir esta exposición erosiva es esencial para un recubrimiento, especialmente en el borde de ataque de las palas de aerogenerador.

- 15 El ensayo de erosión pluvial está comúnmente aceptado como el ensayo más adecuado para evaluar las propiedades antierosivas de los recubrimientos del borde de ataque de palas de aerogenerador. La idea es estimular el efecto erosivo debido a la colisión con gotas de lluvia, partículas de polvo, piedras de granizo y similares mediante el pulverizado de agua sobre la superficie recubierta de objetos de ensayo que se mueven rápidamente.

- 20 Se recubren objetos de ensayo de 23 cm de longitud que simulan el borde de ataque de una pala de aerogenerador (radio de curvatura: 8-9 mm) con 200-300 µm (espesor de la película seca) de las composiciones de recubrimiento a base de poliuretano que se van a estudiar. Las composiciones de recubrimiento se curan a 50 °C (condiciones aceleradas) durante dos días para garantizar un curado completo del aglutinante de poliuretano. (Cabe destacar que la composición de recubrimiento se puede curar a temperaturas mucho más bajas, pero se eligió la temperatura de 50 °C para el propósito del ensayo con el fin de acelerar el curado).

- 25 Se montan tres objetos de ensayo a continuación sobre un rotor horizontal con tres palas. El rotor se hace girar a una velocidad controlada, lo que da como resultado una velocidad del objeto de ensayo que varía desde los 120 m/s de la parte más cercana al eje del rotor hasta los 160 m/s de la parte más alejada del eje del rotor, véase la Figura 3.

Durante el ensayo se pulverizan de manera uniforme gotas de agua con un diámetro controlado (1-2 mm) por encima del rotor y sobre la superficie de recubrimiento a una velocidad constante y controlada (30-35 mm/h).

- 30 Se para el rotor cada 30 minutos y se examina visualmente la superficie de recubrimiento del borde de ataque del objeto de ensayo en búsqueda de defectos.

- 35 El criterio de aprobación usado es que únicamente haya daños mínimos o no visibles en el recubrimiento del borde de ataque del objeto de ensayo a velocidades de 140 m/s e inferiores (véase la Figura 3) después de 1½ horas de exposición. Los recubrimientos de elevado rendimiento no tienen daños visibles en el recubrimiento del borde de ataque del objeto de ensayo a velocidades de 140 m/s e inferiores tras 3 horas de exposición (140 m/s equivale a la "longitud del área dañada" de 11,5 cm. Véase el Ejemplo 2 y las Figuras 1 y 2.)

##### *Ejemplo 1 – Recubrimientos*

Recubrimientos de referencia							
	Porcentaje en peso, composición de recubrimiento húmeda						
	Recubrimien to de ref. 1	Recubrimien to de ref. 2	Recubrimien to de ref. 3	Recubrimien to de ref. 4	Recubrimien to de ref. 5	Recubrimien to de ref. 6	Recubrimien to de ref. 7
Poliol	34	29	28	27	0	24	27
Resinas de tipo poliéster con funcionalidad hidroxilo <sup>[a]</sup>	34	29	28	7	0	16	16

ES 2 414 870 T3

Recubrimientos de referencia							
	Porcentaje en peso, composición de recubrimiento húmeda						
	Recubrimien- to de ref. 1	Recubrimien- to de ref. 2	Recubrimien- to de ref. 3	Recubrimien- to de ref. 4	Recubrimien- to de ref. 5	Recubrimien- to de ref. 6	Recubrimien- to de ref. 7
Resina de tipo poliéster con funcionalidad hidroxilo <sup>[e]</sup> (tipo policaprolactona)	0	0	0	20	0	8	11
Poliisocianato	17	17	19	23	32	18	18
Poliisocianatos alifáticos <sup>[b]</sup>	17	17	11	23	0	18	18
Poliisocianatos alifáticos del tipo (i) <sup>[c]</sup>	0	0	8	0	32	0	0
Poliamina <sup>[f]</sup>	0	0	0	0	20	0	0
Acelerador	0,02	0,08	0,08	0,50	0	0,24	0,24
Aditivos	5	7	8	7	8	4	5
Materiales de relleno y pigmentos <sup>[d]</sup>	13	18	14	18	20	26	27
Disolventes	31	30	30	24	19	28	23
<p><sup>[a]</sup> Funcionalidad 4,6-6,5; peso molecular 1800-2400 g/mol.  <sup>[b]</sup> Funcionalidad 2,7-3,9; peso molecular 400-850 g/mol.  <sup>[c]</sup> Funcionalidad 2,0-2,8; peso molecular 500-1500 g/mol.  <sup>[d]</sup> Los pigmentos y materiales de relleno se seleccionan de la lista que contiene: dióxido de titanio, óxido de hierro amarillo, óxido de hierro negro, bauxita calcinada y sulfato de bario.  <sup>[e]</sup> Funcionalidad 2,0-2,2; peso molecular 300-500 g/mol.  <sup>[f]</sup> Funcionalidad 1,8-2,2; peso molecular 550-600 g/mol.</p>							

5 El componente que es un agente de curado en cada uno de los Recubrimientos de referencia 1-4, 6 y 7 contiene menos del 70% en peso de los tres tipos especificados de poliisocianatos (tipos (i)-(iii)). De hecho, los Recubrimientos de referencia 1, 2, 4, 6 y 7 no incluyen poliisocianatos de los tipos (i)-(iii), mientras que el Recubrimiento de referencia 3 únicamente incluye el 40% en peso de poliisocianatos del tipo (i). El Recubrimiento de referencia 5 es un recubrimiento a base de poliurea.

Recubrimientos modelo (de acuerdo con la invención)						
	Porcentaje en peso, composición de recubrimiento húmeda					
	Recubrimiento modelo 1	Recubrimiento modelo 2	Recubrimiento modelo 3	Recubrimiento modelo 4	Recubrimiento modelo 5	Recubrimiento modelo 6
Poliol	25	25	30	29	22	25
Resina de tipo poliéster con funcionalidad hidroxilo <sup>[a]</sup>	25	25	20	19	0	17
Resina de tipo poliéster con funcionalidad	0	0	10	0	0	0

Recubrimientos modelo (de acuerdo con la invención)						
hidroxilo (tipo lineal) <sup>[e]</sup>						
Resina de tipo poliéster con funcionalidad hidroxilo (tipo policaprolactona) <sup>[f]</sup>	0	0	0	10	22	8
Poliisocianatos	23	23	23	22	26	18
Poliisocianato alifático <sup>[b]</sup>	4	4	0	0	0	0
Poliisocianato alifático del tipo (i) <sup>[c]</sup>	19	20	0	0	0	0
Poliisocianato alifático del tipo (ii) <sup>[g]</sup>	0	0	22	22	26	0
Poliisocianato alifático del tipo (iii) <sup>[h]</sup>	0	0	0	0	0	18
Acelerador	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
Aditivos	6	7	7	7	8	5
Materiales de relleno y pigmentos <sup>[d]</sup>	16	15	16	17	15	26
Disolventes	29	30	24	24	28	26
Viscosidad (mPa·s)	750	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos	sin datos
<p><sup>[a]</sup> Funcionalidad 4,6-6,1; peso molecular 1800-2400 g/mol.  <sup>[b]</sup> Funcionalidad 2,7-3,5; peso molecular 400-650 g/mol.  <sup>[c]</sup> Funcionalidad 2,0-2,8; peso molecular 500-1500 g/mol.  <sup>[d]</sup> Los pigmentos y materiales de relleno se seleccionan de la lista que contiene: dióxido de titanio, óxido de hierro amarillo, óxido de hierro negro, bauxita calcinada y sulfato de bario.  <sup>[e]</sup> Funcionalidad 2,0-2,2; peso molecular 350-600 g/mol.  <sup>[f]</sup> Funcionalidad 2,0-2,2; peso molecular 300-500 g/mol.  <sup>[g]</sup> Funcionalidad 2,0-2,8; peso molecular 400-650 g/mol.  <sup>[h]</sup> Funcionalidad 2,0-2,8; peso molecular 300-600 g/mol.</p>						

Las composiciones de recubrimiento se prepararon simplemente mezclando los elementos en un modo conocido para una persona experta en la técnica, es decir, mediante la formación de un agente de curado y una base, y la posterior mezcla de la base y el agente de curado de modo que se forme una composición que pueda pulverizarse.

5 *Ejemplo 2 – Ensayo de erosión pluvial (RET)*

Horas	Resultados del ensayo de erosión pluvial, longitud del área dañada (cm)													
	0	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ref. 1	0	-	7	9	14	18	-	-	-	-	-	-	-	-
Ref. 2	0	-	17	20	21	22	-	-	-	-	-	-	-	-
Ref. 3	0	-	6	9	19	19	-	-	-	-	-	-	-	-
Ref. 4	0	-	4	6	7	14	-	-	-	-	-	-	-	-

## ES 2 414 870 T3

	Resultados del ensayo de erosión pluvial, longitud del área dañada (cm)													
Ref. 5	0	-	8	10	19	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Ref. 6	0	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ref. 7	0	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo 1	0	-	2	4	5,5	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo 2	0	-	0	5	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo 3	0	-	0	9,5	9,5	10	12	13	15	18	18	18	20	20
Modelo 4	0	-	0	3	3	3	5	5	5,5	6	6	6,5	7	7
Modelo 5	0	-	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9,5	9,5	9,5
Modelo 6	0	-	0	0	0	3	-	-	-	-	-	-	-	-

La expresión "Longitud del área dañada" se pretende que signifique la distancia entre la parte que se mueve a mayor velocidad del objeto de ensayo y el daño visible situado más cerca del eje del rotor. No significa necesariamente que el recubrimiento se haya eliminado por completo en este área. El recubrimiento modelo 5 es un ejemplo de esto.

5 El recubrimiento modelo 5 no mostró ningún daño visible durante 4 horas. Después de 5 horas, una debilidad local dio como resultado un pequeño daño a 9 cm de la parte del objeto de ensayo que se movía a mayor velocidad. Después de 11 horas el daño únicamente había aumentado 0.5 cm más. Por tanto, se sospecha que el daño observado después de 5 horas podría ser el resultado de un defecto (p. ej., una burbuja de aire) en el recubrimiento a 9 cm de la parte del objeto de ensayo que se movía a mayor velocidad, y no una debilidad del material de recubrimiento como tal. De hecho, parece que si se ignora el daño a 9 cm, el recubrimiento modelo 5 es el que presenta el mejor rendimiento.

Los resultados del ensayo de erosión pluvial se ilustran en la Figura 1 y Figura 2.



**REIVINDICACIONES**

1. Una pala de aerogenerador en la que al menos una parte de su superficie exterior, como la capa más exterior, tiene un recubrimiento a base de poliuretano, y dicho recubrimiento incluye un aglutinante de poliuretano preparado a partir de:
  - 5 (a) un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de al menos 2,0 e inferior a 8,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-3000 g/mol; y
  - 10 (b) un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media inferior a 3,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos poliisocianatos se seleccionan entre:
    - 15 (i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 500-3000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;
    - (ii) poliisocianatos del tipo alofanato que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; y
    - (iii) poliisocianatos del tipo uretdiona que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0.
- 20 2. La pala de aerogenerador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el aglutinante de poliuretano se prepara en presencia de uno o más aceleradores.
3. La pala de aerogenerador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el grosor del recubrimiento curado está comprendido entre 20 y 1000 µm, normalmente entre 50 y 300 µm.
- 25 4. La pala de aerogenerador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la proporción del número de grupos isocianato en el componente que es un agente de curado respecto al número de grupos hidroxilo en el componente base está comprendida en el intervalo desde 80:100 hasta 160:100.
5. La pala de aerogenerador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el agente de curado comprende tipos de poliisocianato a base de diisocianato de hexametileno.
- 30 6. La pala de aerogenerador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la parte recubierta de la superficie exterior incluye al menos una porción predominante del borde de ataque de la pala.
7. Una composición de recubrimiento constituida por una base y un agente de curado, donde
  - 35 (a) dicha base incluye un componente base constituido por uno o más polioles, donde dicho o dichos polioles tienen una funcionalidad media de al menos 2,0 e inferior a 8,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos polioles tienen segmentos de tipo poliéster alifáticos incluidos en ellos y tienen un peso molecular de 300-3000 g/mol; y
  - 40 (b) dicho agente de curado incluye un componente que es un agente de curado constituido por uno o más poliisocianatos, donde dicho o dichos poliisocianatos tienen una funcionalidad media inferior a 3,0; donde al menos el 50%, tal como al menos el 60%, en particular al menos el 70%, en peso de dicho o dichos poliisocianatos se seleccionan entre:
    - (i) poliisocianatos que tienen segmentos de tipo poliéster incluidos en ellos, y que tienen un peso molecular de 500-3000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;
    - (ii) poliisocianatos del tipo alofanato que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0; y
    - 45 (iii) poliisocianatos del tipo uretdiona que tienen un peso molecular de 250-2000 g/mol y una funcionalidad de al menos 2,0 e inferior a 3,0;

donde la composición de recubrimiento tiene:

  - un 10-50% en peso del o los polioles;
  - un 15-45% en peso del o los poliisocianatos;
  - 50 un 0,0-0,5% en peso de uno o más aceleradores;

un 5-10% en peso de aditivos;  
un 5-35% en peso de materiales de relleno y pigmentos; y  
un 0-35% en peso de uno o más disolventes.

- 5
8. La composición de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que tiene una viscosidad de 150-15 000 mPa·s medida a 25 °C de acuerdo con la norma ISO 2555: 1989.
  9. La composición de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, que es curable a una temperatura que no exceda los 50 °C.
  10. La composición de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, que comprende el 0-10% en peso de uno o más disolventes.
- 10
11. Un método de recubrimiento de un sustrato, donde dicho método comprende los siguientes pasos:
    - (a) aplicar una composición de recubrimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-10 sobre al menos una parte de la superficie de dicho sustrato de esta manera;
    - (b) permitir que la composición de recubrimiento se cure en unas condiciones en las que la temperatura de la composición de recubrimiento no exceda los 90 °C.

15

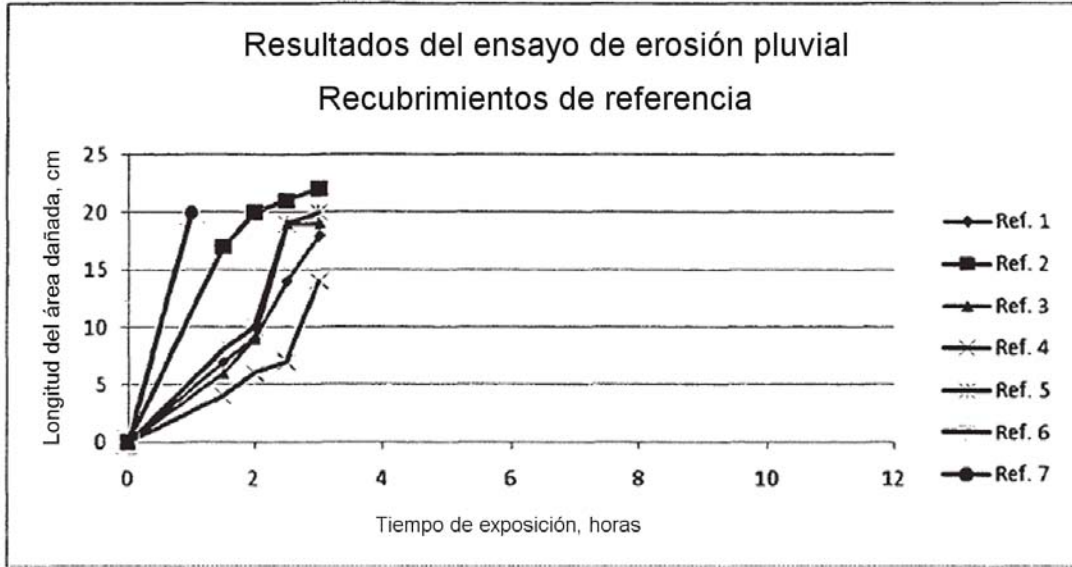


Figura 1

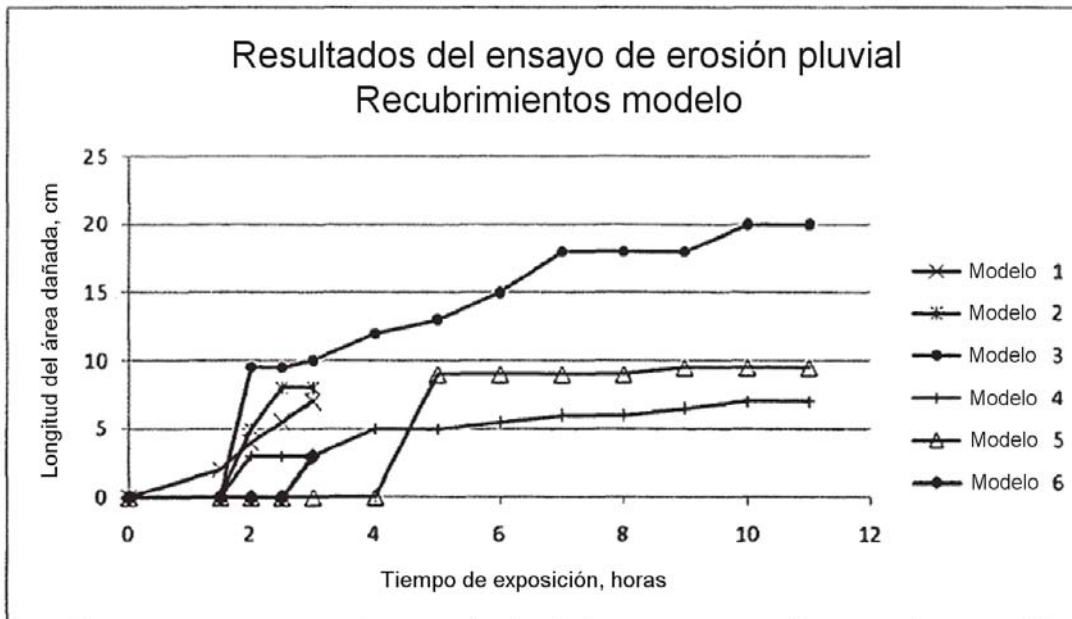


Figura 2

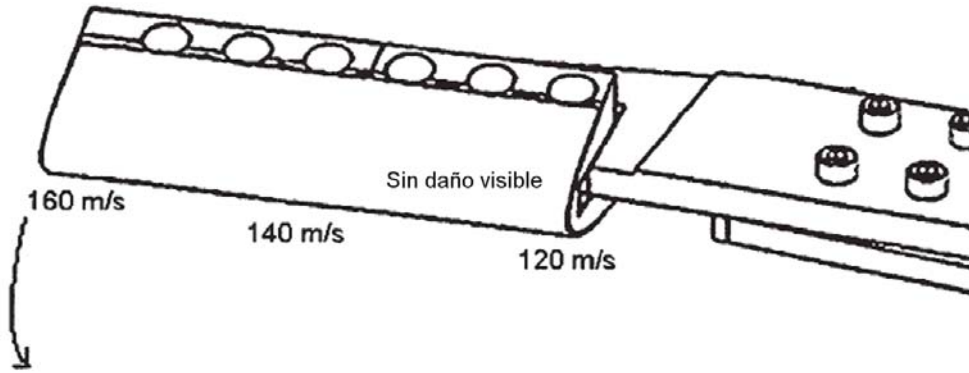


Figura 3