(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 646 391**

(51) Int. Cl.:

B32B 5/22 (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B32B 27/40 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2012 PCT/EP2012/052847**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2012 WO12113748**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2012 E 12706797 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2678151**

(54) Título: **Uso de estructuras estratificadas en plantas de energía eólica**

(30) Prioridad:

25.02.2011 DE 102011004723

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.12.2017

(73) Titular/es:

COVESTRO DEUTSCHLAND AG (100.0%)
Alfred-Nobel-Str., 10
40789 Monheim am Rhein, DE

(72) Inventor/es:

LINDNER, STEFAN;
FRANKEN, KLAUS;
PASSMANN, DIRK y
NORDMANN, PETER

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 646 391 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

Uso de estructuras estratificadas en plantas de energía eólica

La presente invención se refiere al uso de estructuras estratificadas en la fabricación de palas de rotor para plantas de energía eólica, así como a palas de rotor para plantas de energía eólica.

La energía obtenida de la fuerza eólica adquiere una importancia cada vez mayor, de tal manera que las plantas de energía eólica, en particular las palas de rotor y su fabricación son el objeto de estudios y desarrollos intensivos. A este respecto, un centro de atención principal se refiere a la calidad de las palas de rotor fabricadas, así como en una fabricación económicamente favorable. Las palas de rotor conocidas hasta ahora para para plantas de energía eólica están hechas de materiales plásticos reforzados con fibras basados en resinas como material de matriz, tales como, por ejemplo, resinas de poliéster (UP), resinas de viniléster (VE), resinas epoxi (EP). La fabricación de las palas se efectúa principalmente de tal manera que respectivamente una mitad inferior y una mitad superior de la pala se fabrican como una sola pieza. Posteriormente, estas dos mitades se superponen y se unen adhesivamente. Como refuerzo, en la unión adhesiva se incluyen tirantes o correas.

En la fabricación de las dos mitades de pala, primero se fabrican los materiales compuestos de fibras, que deben solidificarse y endurecerse. El proceso de endurecimiento consume mucho tiempo y es desventajoso para la rapidez con que se puede efectuar el proceso de fabricación general. Las palas de rotor para plantas de energía eólica hechas de las resinas previamente mencionadas se fabrica normalmente por laminación manual, laminación manual con apoyo de la tecnología de preimpregnación, mediante procedimientos de arrollamiento o a través de un procedimiento de infusión apoyada por vacío. En la laminación manual, en primer lugar se prepara un molde, mediante la aplicación de un medio de separación y, dado el caso, una película de gel, sobre la superficie del molde. Después se colocaron sucesivamente tejidos de fibra de vidrio con orientación unidireccional o biaxial dentro del molde. Luego se aplica la resina sobre el tejido y se integra manualmente en el tejido mediante rodillos. Esta etapa se puede repetir tantas veces como sea necesario. Adicionalmente, se pueden integrar correas como material de refuerzo u otros componentes, tales como, por ejemplo, dispositivos de protección contra rayos. Sobre esta primera capa reforzada con fibra de vidrio se aplica una así llamada capa distanciadora, normalmente hecha de madera balsa, espuma de polivinilcloruro (PVC) o de poliuretano (PUR), y de manera análoga una segunda capa reforzada con fibra de vidrio. Aunque este procedimiento presenta la ventaja de que las inversiones en maquinaria se mantienen reducidas y el reconocimiento de errores y las posibilidades de corrección son simples, este tipo de fabricación, sin embargo, es demasiado intensivo en lo referente a salarios, por lo que los costes del procedimiento son muy elevados y los largos tiempos de fabricación resultan en más errores y en un alto dispendio para el aseguramiento de la calidad.

El procedimiento de laminación manual con apoyo de la tecnología de preimpregnación se efectúa de manera similar al procedimiento de laminación manual simple. A este respecto, sin embargo, los así llamados géneros preimpregnados (esteras de fibra de vidrio prefabricadas e impregnadas con resina) se fabrican fuera del molde y posteriormente se colocan en el molde de la pala de rotor. Si bien la automatización parcial para la fabricación del género preimpregnado, comparado con la laminación manual simple, lleva a una constancia mejorada de la calidad en la fabricación del rotor, la protección de los trabajadores contra los compuestos muy volátiles contenidos en las mezclas de resina líquida significa un gasto sustancial (seguridad en el sitio de trabajo, etc.). En el procedimiento de inyección de resina (también conocido como “Moldeo por transferencia de resina” (“Resin Transfer Molding” o RTM por las siglas en inglés) o “Moldeo por transferencia de resina apoyada por vacío” (VA RTM) o el “Proceso SCRIMP” (“**S**eeman **C**omposites **R**esin **I**nfusion **M**olding **P**rocess” o “Proceso de moldeo por infusión de resina de Seemann Composites”), los moldes se preparan mediante la aplicación de un medio de separación y eventualmente una capa de revestimiento de gel. Después, las esteras de fibras secas se colocan en el molde de acuerdo con un plan de fabricación exacto. La primera capa colocada posteriormente será la capa orientada hacia el exterior de la pala de rotor. Luego se colocan los materiales distanciadores, después de lo que nuevamente se colocan esteras de fibras, que luego forman la capa interior de la mitad de rotor acabada o semicasco de rotor, respectivamente. Para la fabricación de piezas de moldeo grandes, tales como palas de rotor, de manera preferente se trabaja con un procedimiento de infusión apoyada por vacío. Con una hoja resistente al vacío, después se cierra herméticamente el molde entero. Del molde así preparado se extrae entonces el aire de las esteras de fibras y de los materiales distanciadores, antes de que en diferentes sitios se inyecte la resina en el molde (espacio entre la hoja y el molde). Al igual que los dos procedimientos antes mencionados, también este procedimiento presenta la desventaja de que el tiempo de endurecimiento necesario hasta que se pueda efectuar el desmolde de la pieza es muy largo con hasta 12 horas de duración, por lo que la productividad de las instalaciones se limita fuertemente.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consistió en proveer palas de rotor que no presenten las desventajas previamente mencionadas y que además puedan fabricarse de manera económicamente favorable en un tiempo más corto y con mejores propiedades mecánicas, por ejemplo, una mayor resistencia.

Este objetivo se ha podido lograr de manera sorprendente, debido a que las palas de rotor se fabrican con poliuretano, que se puede obtener mediante la reacción de poliisocianato con polipropilenoxipoliol iniciado con glicerina, como material plástico empleado en lugar de las resinas arriba mencionadas. En particular en la capa exterior de la pala de rotor, de acuerdo con la presente invención se usa poliuretano como material plástico; con este

material se cargan las capas fibrosas insertadas en la capa exterior.

El objeto de la presente invención son palas de rotor para plantas de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 2, que presentan una capa exterior que está formada por lo menos parcialmente por una estructura estratificada con las siguientes capas:

a) una capa central de separación
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

fabricada por medio del procedimiento de infusión apoyada por vacío, y que está caracterizada porque como material plástico se emplea poliuretano, que se puede obtener mediante la transformación de una mezcla de reacción formada por

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina
C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

Un objeto adicional de la presente invención consiste en un procedimiento para la fabricación de las palas de rotor conforme a la invención para plantas de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 3, que presentan una envoltura exterior que consiste por lo menos parcialmente en una estructura estratificada con las siguientes capas:

a) una capa de separación central
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

fabricada por medio del procedimiento de infusión apoyada por vacío, caracterizada porque las capas de fibras se tratan con una mezcla de reacción para la fabricación de poliuretano como material plástico, en la que la mezcla de reacción está formada por los siguientes componentes:

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina
C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

Un objeto adicional de la presente invención consiste en el uso de una estructura estratificada, fabricada mediante el procedimiento de infusión apoyada por vacío en la fabricación de palas de rotor para plantas de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura estratificada presenta las siguientes capas:

a) una capa de separación central
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

y está caracterizada por que se emplea poliuretano como material plástico, que se puede obtener mediante la transformación de una mezcla de reacción formada por

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina
C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

Para la capa de separación central se emplean preferentemente medios de separación que contienen silicona o cera. Éstos se conocen de la literatura. Dado el caso, como capa de separación central también se puede emplear una hoja de separación.

La capa de revestimiento de gel preferentemente consiste en resinas de poliuretano, resinas epoxi, resinas insaturadas de poliéster o de vinilo.

Como capa de fibras se pueden usar preferentemente estructuras de fibras de orientación aleatoria, tejidos y

géneros de fibra de vidrio, fibras de vidrio o fibras minerales cortadas o molidas, así como esteras de fibras, velos de fibras y géneros de mallas de fibras basados en fibras de polímeros, minerales, carbono, basalto, acero, vidrio o aramida, así como sus mezclas, y de manera particularmente preferente esteras de fibra de vidrio o velos de fibra de vidrio. La proporción de fibras en la capa fibrosa provista con poliuretano preferentemente es de entre 40 y 90 % en peso, más preferentemente entre 50 y 80 % en peso, y aún más preferentemente entre 60 y 75 % en peso. La proporción de fibras en componentes reforzados con fibras de vidrio puede determinarse, por ejemplo, por incineración. Como capa distanciadora se pueden emplear preferentemente espumas de material plástico, por ejemplo, espumas de PVC, espumas de PET o espumas de polimetacrilimida, madera, por ejemplo madera balsa, o metal.

La hoja de material plástico f), empleada opcionalmente, en la fabricación de la pala de rotor puede permanecer como capa en la envuelta, o bien puede retirarse durante el desmoldeo de la respectiva mitad de la pala de rotor. La misma sirve en particular para estanqueizar el semicasco de molde, que está dotado con las capas previamente mencionadas, durante el proceso de fabricación, antes del llenado con la mezcla de resina líquida. Entre la capa de fibras e) provista con material plástico y la hoja de material plástico f) pueden insertarse, dado el caso, medios auxiliares tales como, por ejemplo, hojas de desgarre o coadyuvantes de flujo, por ejemplo, tejidos de flujo u hojas hendidas. Si fuese necesario, estos elementos se pueden insertar adicionalmente, con el fin de lograr una impregnación uniforme de la capa de fibras e). Preferentemente se vuelven a remover después de completarse la fabricación de la estructura estratificada, con el fin de ahorrar peso en la pala de rotor acabada.

Como material plástico se usa poliuretano. Los poliuretanos se pueden obtener mediante la transformación de poliisocianatos A) con compuestos B) con por lo menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a los isocianatos. De manera sorprendente, mediante el uso de polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina (glicerina proproxilada) como componente B) se pudo obtener un poliuretano que durante la fabricación presenta un aumento de viscosidad muy lento, pero que se puede endurecer rápidamente y que en el poliuretano reforzado con fibras de vidrio ya acabado presenta propiedades mecánicas sustancialmente mejores que con el uso de los materiales plásticos empleados hasta ahora.

La mezcla de reacción empleada de acuerdo con la presente invención se inyecta en la estructura estratificada evacuada ya preparada.

La formulación de poliol preferentemente contiene como polioles de óxido de polipropileno iniciado con glicerina aquellos que presenten un índice OH de 250 a 1000 mg de KOH/g, preferentemente de 300 a 800 mg KOH/g y de manera particularmente preferente de 350 a 500 mg de KOH/g. La viscosidad de los polioles es ≤ 500 mPas (a 25 °C). Con el uso de varios iniciadores para la preparación de polioles de óxido de polipropileno, la proporción en peso de glicerina en la mezcla iniciadora preferentemente es de 50-100 % en peso, más preferentemente de 80-100 % en peso. Aún más preferentes son los polioles de óxido de polipropileno iniciados puramente con glicerina.

Otros iniciadores comunes, tales como, por ejemplo, 1,1,1-trimetilolpropano, trietanolamina, sorbita, pentaeritrita, etilenglicol, propilenglicol, solo pueden usarse en combinación con glicerina.

Como componente de poliisocianato se emplean los di- y/o poliisocianatos alifáticos, cicloalifáticos y en particular aromáticos comúnmente usados. Ejemplos de tales poliisocianatos apropiados son 1,4-butilendiisocianato, 1,5-pentadiisocianato, 1,6-hexametilendiisocianato (HDI), isoforondiisocianato (IPDI), 2,2,4- y/o 2,4,4-trimetilhexametilendiisocianato, bis(4,4'-isocianatociclohexil)metano o sus mezclas con los isómeros comunes, 1,4-ciclohexilendiisocianato, 1,4-fenilendiisocianato, 2,4- y/o 2,6-toluilendiisocianato (TDI), 1,5-naftilendiisocianato, 2,2'- y/o 2,4'- y/o 4,4'-difenilmetandiisocianato (MDI) y/o homólogos superiores (pMDI) de los mismos,1,3- y/o 1,4-bis-(2-isocianato-prop-2-il)-benzol (TMXDI), 1,3-bis-(isocianatometil)benzol (XDI). Como isocianato se emplea preferentemente difenilmetandiisocianato (MDI) en particular mezclas de difenilmetandiisocianato y polifenilenpolimetilenpoliisocianato (pMDI). Las mezclas de difenilmetandiisocianato y polifenilenpolimetilenpoliisocianato (pMDI) presentan un contenido de monómero preferente de entre 50 y 100 % en peso, más preferentemente entre 60 y 95 % en peso, y aún más preferentemente entre 70 y 90 % en peso. El contenido de NCO del poliisocianato empleado preferentemente debería ubicarse por encima de 25 % en peso, más preferentemente por encima de 30 % en peso y aún más preferentemente por encima de 31,4 % en peso. Preferentemente, el MDI empleado debería presentar un contenido conjunto de 2,2'-difenilmetandiisocianato y 2,4'-difenilmetandiisocianato de por lo menos 3 % en peso, preferentemente de por lo menos 20 % en peso. La viscosidad del isocianato debería ser preferentemente de ≤ 250 mPas (a 25 °C), más preferentemente de ≤ 100 mPas (a 25 °C) y aún más preferentemente de ≤ 30 mPas (a 25 °C).

La mezcla de reacción de poliuretano, además de los componentes reactivos, aditivos y agentes de adición conocidos, preferentemente puede incluir cargas, tales como nanotúbulos de carbono, sulfato de bario, dióxido de titanio, fibras de vidrio cortas o minerales naturales en forma de fibras o plaquetas, por ejemplo, volastonita o muscovita. Como aditivos y agentes de adición se emplean preferentemente estabilizadores, despumadores, catalizadores, así como catalizadores latentes. Otros aditivos y agentes de adición conocidos se pueden usar según sea necesario.

Los sistemas de poliuretano apropiados son en particular aquellos que son transparentes. Debido a que para la

fabricación de piezas moldeadas de mayor tamaño se requiere una baja viscosidad para un rellenado uniforme del molde y para una humectación uniforme de las fibras, resultan particularmente apropiados los sistemas de poliuretano que presentan una viscosidad de ≤ 5000 mPas (a 35 °C; 60 minutos después del mezclado de los componentes), preferentemente de ≤ 4000 mPas, de manera particularmente preferente de ≤ 3500 mPas, y que directamente después del mezclado de los componentes de la mezcla de reacción presentan una viscosidad de entre 30 a 500 mPas (a 35 °C), preferentemente de entre 40 y 150 mPas (a 35 °C) y de manera particularmente preferente de entre 50 y 100 mPas (a 35 °C). Preferentemente, la relación de transformación entre el componente de isocianato y la formulación de poliol se selecciona de tal manera que en la mezcla de reacción la relación del número de grupos de isocianato con respecto al número de grupos reactivos frente al isocianato se ubica entre 0,9 y 1,5, preferentemente entre 1,0 y 1,2, y aún más preferentemente entre 1,02 y 1,15.

El poliuretano producido preferentemente tiene una dureza en el ensayo de tracción de acuerdo con la norma DIN EN ISO 527 de más de 70 MPa, preferentemente de más de 80 MPa, para poder resistir las elevadas cargas mecánicas en una pala de rotor.

En una forma de realización preferente, la mezcla de reacción formada por el componente de isocianato y el componente de poliol se inyecta a una temperatura de entre 20 y 80 °C, más preferentemente de entre 25 y 40 °C.

Después del rellenado de la mezcla de reacción, el endurecimiento del poliuretano se puede acelerar mediante el calentamiento del molde. En una forma de realización preferente, la mezcla de reacción inyectada formada por el componente de isocianato y los demás compuestos con por lo menos dos átomos de hidrógeno reactivos frente a los isocianatos se endurece a una temperatura de entre 40 y 160 °C, preferentemente entre 60 y 120 °C, más preferentemente entre 70 y 90 °C.

La presente invención se describe más detalladamente a continuación basándose en los siguientes ejemplos.

Ejemplos

Para determinar las propiedades de matriz se fabricaron cuerpos moldeados (placas) de diferentes sistemas de poliuretano y se compararon con un sistema de resina epoxi estándar. Los polioles fueron desgaseados durante 60 minutos a una presión de 1 mbar y luego se mezclaron con Desmodur® VP.PU 60RE11 y se desgasearon durante aproximadamente 5 minutos a una presión de 1 mbar y a continuación fueron vertidos en los moldes de placa. El espesor de las placas era de 4 mm. Las placas fueron vertidas en los moldes a temperatura ambiente y temperadas durante la noche en un armario de secado calentado a 80 °C. Se obtuvieron placas transparentes. De manera análoga, el sistema de resina epoxi de Larit RIM 135 y el endurecedor Larit RIMH 137 fue desgaseado, vaciado en moldes de placa y temperado durante la noche. Los datos de cantidad y las propiedades se muestran en la tabla.

A partir de las placas se fabricaron cuerpos de muestra para una prueba de tracción de acuerdo con la norma DIN EN ISO 527 y se determinó el módulo E y la dureza.

Las placas de poliuretano 1 a 4 ya pudieron desmoldarse después de 2 horas sin deformación, mientras que en el ejemplo comparativo 5 esto solo fue posible después de un tiempo sustancialmente más largo de aproximadamente 12 horas.

Con la composición del ejemplo 1 y 2 se pueden fabricar materiales de poliuretano transparentes, reforzados con fibras de vidrio, a través del procedimiento de infusión por vacío, con un contenido de fibra de vidrio de más de 60 % en peso.

Para la fabricación de los cuerpos moldeados reforzados con fibras mediante la infusión por vacío, se llenó un tubo de teflón con un diámetro de 6 mm con rovings de fibra de vidrio (Vetrotex® EC2400 P207) de tal manera que se alcanzó un contenido de fibra de vidrio de aproximadamente 65 % en peso, referido al posterior componente constructivo. Un lado del tubo de teflón fue sumergido en la mezcla de reacción y en el otro lado del tubo se aplicó un vacío con una bomba de aceite, de tal manera que la mezcla de reacción fue aspirada al interior del tubo. Después de haberse llenado, los tubos fueron atemperados durante 10 horas a 70 °C. Los tubos de teflón fueron removidos respectivamente y se obtuvo un cuerpo moldeado transparente reforzado con fibras.

La viscosidad fue determinada 60 minutos después de mezclarse los componentes a una temperatura constante de 35 °C con un viscosímetro de rotación a una tasa de cizallamiento de 60 1/s. Para la fabricación de piezas moldeadas de mayor tamaño, durante un tiempo determinado se requiere una baja viscosidad para un llenado uniforme del molde.

Compuestos iniciales:

Poliol1: Poliol de óxido de polipropileno iniciado con glicerina con una funcionalidad de 3 y un índice OH de 450 mg de KOH/g y una viscosidad de 420 mPas (a 25 °C).

Poliol2: Poliol de óxido de polipropileno iniciado con glicerina con una funcionalidad de 3 y un índice OH de 400 mg de KOH/g y una viscosidad de 370 mPas (a 25 °C).

Poliol3: Poliol de óxido de polipropileno iniciado con trimetilolpropano (TMP) con una funcionalidad de 3 y un índice OH de 380 mg de KOH/g de una viscosidad de 650 mPas (a 25 °C).

Poliol4: Poliol de óxido de polipropileno iniciado con glicerina y sorbita (relación de peso de 30 a 70) con un índice OH de 430 mg de KOH/g y una viscosidad de aproximadamente 9000 mPas (a 20 °C).

Desmodur® VP.PU 60RE11 es una mezcla de difenilmetan-4-4'-diisocianato (MDI) con isómeros y homólogos de funcionalidad superior con un contenido de NCO de 32,6 % en peso; viscosidad a 25 °C: 20 mPas.

Larit RIM 135 (L-135i) y Larit RIMH 137 son productos de la compañía Lange+Ritter. Larit RIM 135 es una resina epoxi a base de una resina de bisfenol-A-epiclorhidrina y un 1,6-hexanodioldiglicidiléter con un equivalente epoxi de 166-185 g/equivalente y RIMH 137 es un endurecedor a base de IPDA (isoforondiamina) y alquileteraminas con un índice de amina de 400-600 mg de KOH/g.

Todas las cantidades indicadas en la siguiente tabla se expresan como partes en peso.

Tabla:

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4	Ejemplo comparativo 5
Poliol1	200				
Poliol2		200			
Poliol3			200	170	
Poliol4				30	
Desmodur ® VP.PU 60RE11	227	202	192	196	
Relación molar NCO/OH	110/100	110/100	110/100	110/100	
Larit RIM 135					300
Larit RIMH 137					90
Viscosidad directamente después del mezclado a 35°C [mPas]	65	66	74	91	126
Viscosidad tras 60 minutos después del mezclado a 35°C [mPas]	3490	1420	7190	14300	234
Prueba de tracción: Módulo E [MPa]	3038	2936	2990	n.d.	2950
Prueba de tracción: dureza [MPa]	80,3	72,9	69,1	n.d.	68
n.d. - no determinado, ya que la viscosidad después de 60 minutos era demasiado alta.					

Los ejemplos 1 y 2 de acuerdo con la presente invención demuestran con un corto tiempo de desmoldeo de 2 horas una muy buena combinación entre un lento aumento de la viscosidad con una baja viscosidad inicial a 35 °C y una viscosidad a 35 centígrados menor de 5000 mPas después de 60 minutos, lo que es muy importante para la fabricación de elementos constructivos de gran tamaño reforzados con fibras, y al mismo tiempo también muy buenas propiedades mecánicas, tales como, por ejemplo, una dureza de más de 70 mPa. De manera contraria a esto, los ejemplos de comparación 3 y 4 muestran un aumento de la viscosidad sustancialmente más rápido con una viscosidad inicial algo mayor a 35 °C y una viscosidad a 35 °C muy por encima de 5000 mPas después de 60 minutos, lo que dificulta grandemente la fabricación de elementos constructivos de gran tamaño reforzados con fibras. Aunque el ejemplo comparativo 5 muestra un aumento muy lento de la viscosidad, al mismo tiempo, sin embargo, también presenta un tiempo de desmoldeo sustancialmente más largo (aproximadamente 12 horas) que los ejemplos 1 y 2 (aproximadamente 2 horas). Esto resulta en una baja productividad. Además, las propiedades mecánicas con una dureza menor de 70 mPa son malas.

REIVINDICACIONES

1. Uso de una estructura estratificada fabricada mediante el procedimiento de infusión apoyada por vacío en la fabricación de palas del rotor para plantas de energía eólica, en el que la estructura estratificada presenta las siguientes capas:

a) una capa central de separación
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

caracterizado porque como material plástico se emplea poliuretano, que se obtiene mediante la transformación de una mezcla de reacción formada por

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina

con una viscosidad de ≤ 500 mPas (a 25 °C);

C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

2. Palas de rotor para plantas de energía eólica, que presentan una envoltura que está formada por lo menos parcialmente por una estructura estratificada con las siguientes capas:

a) una capa central de separación
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

fabricada mediante el procedimiento de infusión apoyada por vacío,
caracterizadas porque como material plástico se emplea poliuretano, que se obtiene mediante la transformación de una mezcla de reacción formada por

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina

con una viscosidad de ≤ 500 mPas (a 25 °C);

C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

3. Procedimiento para la fabricación de palas de rotor de acuerdo con la reivindicación 2 para plantas de energía eólica, que presentan una envoltura que está formada al menos parcialmente por una estructura estratificada con las siguientes capas:

a) una capa central de separación
b) dado el caso, una capa de revestimiento de gel
c) una capa de fibras tratada con material plástico
d) dado el caso, una capa separadora
e) una capa de fibras provista con material plástico
f) dado el caso, una hoja de material plástico

fabricada mediante el procedimiento de infusión apoyada por vacío,
caracterizado porque las capas de fibra se tratan con una mezcla de reacción para la preparación de poliuretano como material plástico, en donde la mezcla de reacción se obtiene a partir de los siguientes componentes:

A) uno o varios poliisocianatos
B) una formulación de poliol que contiene uno o varios polioles de óxido de polipropileno iniciados con glicerina

con una viscosidad de ≤ 500 mPas (a 25 °C);

C) dado el caso, aditivos y/u otros materiales adicionales
D) dado el caso, cargas.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la mezcla de reacción como isocianato contiene difenilmetandiisocianato y/o polifenilenpolimetilenpoliisocianato con un contenido de NCO de más del 25 % en peso.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la mezcla de reacción como poliol de óxido de polipropileno iniciado con glicina contiene un compuesto con un índice OH de 300 a 800 mg de KOH/g.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la mezcla de reacción se aplica dentro de las capas de fibras a una temperatura de entre 20 y 80 °C.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la mezcla de reacción se endurece a una temperatura de entre 40 y 160 °C.

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** a una temperatura constante de 35 °C, la mezcla de reacción a 60 minutos después del mezclado presenta una viscosidad de ≤ 5000 mPas.