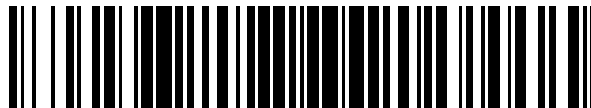


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 992**

51 Int. Cl.:

C08J 5/24 (2006.01)

C08G 59/40 (2006.01)

C08L 63/00 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2013 PCT/EP2013/003503**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14079565**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2013 E 13848116 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2922899**

54 Título: **Material de moldeo**

30 Prioridad:

20.11.2012 AT 505292012

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

09.01.2018

73 Titular/es:

**HEXCEL COMPOSITES LIMITED (50.0%)
Ickleton Road
Duxford, Cambridgeshire CB22 4QD, GB y
HEXCEL HOLDING GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MOSER, JOHANNES;
HADLEY, PHILIP;
TIPLER, BEN;
HARRINGTON, CHRIS y
VERGE, NICHOLAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 648 992 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

Material de moldeo

La presente invención se refiere a un material de moldeo, a un método de fabricación de un material de moldeo y a un uso de un material de moldeo, en particular, aunque no exclusivamente, a un material de moldeo precurado o parcialmente curado para su uso en la fabricación de piezas y/o palas de turbina eólica.

Antecedentes

A medida que las palas de turbina eólica aumentan de tamaño, requieren pilas de múltiples capas de refuerzo de fibra y resina de material compuesto. Convencionalmente, se coloca un refuerzo fibroso preimpregnado con resina (prepreg) para formar estas pilas.

Es conocido en la técnica que las rugosidades de flexión, o bultos de fibras en un material compuesto reforzado con fibra degradan en gran medida las propiedades mecánicas, particularmente la resistencia y el módulo E del material compuesto. La fabricación de materiales compuestos con fibras altamente alineadas es, por tanto, muy deseable.

Los documentos de patente EP 1 754 589 A1 y WO 2006/082479 A1 describen un método para hacer un laminado continuo, adecuado para piezas de un rotor de turbina de energía eólica, en el que una pluralidad de fibras paralelas están embebidas en un material de matriz curable, que se cura después para formar un laminado reforzado con fibra que tiene unas superficies principales superior e inferior, en las que se forman canales. La presencia de estos canales permite que fluya el material curable entre las capas del laminado continuo dispuesto en una pila durante un proceso de infusión.

El documento de patente WO 2006/005559 A1 describe composiciones de resina epoxi curable, que pueden usarse de manera adecuada para la fabricación de palas de turbina eólica, que comprenden una resina epoxi y dicianidamida como endurecedor.

Breve descripción de la invención

La presente invención tiene como objeto obviar o al menos mitigar el problema descrito anteriormente y/o en general proporcionar ventajas.

De acuerdo con la invención, se proporciona un material, un conjunto y un método como se define en cualquiera de las reivindicaciones adjuntas.

En concreto, la presente invención describe un material laminado reforzado con fibra que comprende fibras de refuerzo y un material de resina de refuerzo curado de 30 a 90 %, en el que el porcentaje de curado representa el porcentaje de energía exotérmica liberada durante el curado con respecto al material laminado completamente curado; y también en el que, antes del curado, el material de resina de refuerzo comprende una resina epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 200 a 500 o de 50 a 250, preferiblemente de 100 a 200 y/o combinaciones de los mismos, y un endurecedor de amina; comprendiendo el material laminado una estructura de superficie para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes que comprenden elementos estructurales para conducir el flujo de una resina de infusión.

La presente invención describe además un conjunto tal como el conjunto para formar una pieza o pala de turbina eólica que comprende una o más capas de un material laminado, según se define anteriormente, que comprende además una o más capas de refuerzo fibroso y/o una o más capas de refuerzo fibroso impregnado de resina.

En otra realización se describe un método para producir un material laminado reforzado con fibra que comprende fibras de refuerzo y un material de resina de refuerzo, que comprende: a. impregnar fibras de refuerzo con el material de resina de refuerzo, comprendiendo dicho material de resina de refuerzo una resina epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 50 a 250, y un endurecedor de amina, b. proporcionar el material laminado que comprende una estructura de superficie para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes que comprenden elementos estructurales para conducir el flujo de una resina de infusión, y c. curar en línea el material laminado de 30 a 90 %, en el que el porcentaje de curado representa el porcentaje de energía exotérmica liberada durante el curado con respecto al material laminado completamente curado.

El uso de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado permite un contenido de fibra muy alto y fibras altamente alineadas en las láminas. Además, el hecho de que la lámina esté curada facilita el transporte de las láminas, ya que no se requieren condiciones especiales, tales como un intervalo de temperaturas o un intervalo de humedad. Además, la combinación de la forma de lámina con el estado curado facilita la adaptación de las láminas a la forma del molde sin perjudicar el alineamiento o, dicho de otro modo, la rectitud de las fibras en la disposición que forma el elemento o pieza de material compuesto. Esto es particularmente importante para formas complejas tales como un perfil aerodinámico de pala de turbina eólica, en el que la distribución de fibra deseada es una forma tridimensional complicada.

Se pueden cortar elementos con una forma deseada del material laminado a fin de facilitar una laminación particular para formar un elemento o pieza de material compuesto.

En una realización muy preferida de la invención, al menos algunos de los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se colocan a modo de tejas parcialmente solapadas, de modo que se proporcionan varios bordes de elementos sustancialmente paralelos. Esto permite colocar los elementos muy cerca de la superficie del molde, y al ajustar el área de solapamiento entre elementos, se puede realizar casi cualquier distribución general deseada de fibras de refuerzo. En particular, los elementos pueden colocarse en una sección transversal de una pala de turbina eólica de modo que las fibras imiten sustancialmente la distribución del agua en un lago que tiene un perfil de profundidad correspondiente a la distancia desde la línea central de la pala hasta la superficie de la sección transversal. En una realización particularmente preferida, los bordes de los elementos sustancialmente paralelos son bordes que son sustancialmente paralelos a la longitud de los elementos de material laminado reforzado con fibra curado. Esto deriva en una distancia de introducción de resina relativamente corta y, por tanto, en una fabricación más fácil y una mayor reproductibilidad.

Los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado pueden proporcionarse a lo largo de una fracción más corta o más larga de la longitud de la estructura de material compuesto. Sin embargo, normalmente se prefiere que los elementos estén colocados a lo largo de al menos el 75 % de la longitud del elemento de carcasa de pala de turbina eólica, y en muchos casos es más preferible que el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado esté colocado a lo largo de al menos el 90 % de la longitud de la estructura de material compuesto.

El material laminado reforzado con fibra parcialmente curado comprende fibras, tales como fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras naturales, tales como fibra a base de celulosa tales como fibras de madera, fibras orgánicas u otras fibras, que pueden usarse con fines de refuerzo. En una realización preferida, las fibras son fibras unidireccionales orientadas en paralelo a la longitud del material laminado reforzado con fibra curado. Esto proporciona una resistencia y una rigidez muy altas en la longitud del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado. Otras orientaciones o combinaciones de orientaciones pueden ser adecuadas en algunas aplicaciones. Ejemplos de otras orientaciones adecuadas son fibras biaxiales orientadas a $+45^\circ$, $+30^\circ$, o $0-90^\circ$ con relación a la longitud del material laminado; y fibras triaxiales orientadas a $+45^\circ$ y en la longitud del material laminado. Tales orientaciones aumentan la resistencia al filo y/o a la torsión y la rigidez del material compuesto.

Las fibras estructurales pueden comprender fibras agrietadas (es decir, craqueadas), continuas o discontinuas de manera selectiva. Las fibras estructurales pueden hacerse de una amplia variedad de materiales, tales como carbono, grafito, vidrio, polímeros metalizados, aramida y sus mezclas. Las fibras de vidrio y carbono son fibras de carbono preferidas, siendo preferidas para las carcasas de turbina eólica de longitud superior a 40 metros, tal como de 50 a 60 metros. Las fibras estructurales pueden ser hebras individuales formadas por una pluralidad de fibras individuales y pueden ser telas tejidas o no tejidas.

Las fibras pueden ser unidireccionales, bidireccionales o multidireccionales de acuerdo con las propiedades requeridas en el laminado final. Normalmente, las fibras tendrán una sección transversal circular o casi circular con un diámetro en el intervalo de 3 a 20 μm , preferiblemente de 5 a 12 μm . Se pueden usar diferentes fibras en diferentes prepreps utilizados para producir un laminado curado.

Las capas ejemplares de fibras estructurales unidireccionales están hechas de fibras de carbono HexTow®, disponibles en Hexcel Corporation. Fibras de carbono HexTow® adecuadas para usar en la fabricación de capas de fibras unidireccionales incluyen: fibras de carbono IM7, que están disponibles como fibras que contienen 6.000 o 12.000 filamentos y un peso de 0,223 g/m y 0,446 g/m, respectivamente; fibras de carbono IM8-IM10, que están disponibles como fibras que contienen 12.000 filamentos y pesan de 0,446 g/m a 0,324 g/m; y fibras de carbono AS7, que están disponibles en fibras que contienen 12.000 filamentos y pesan 0,800 g/m.

Además, el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado hecho de una resina epoxi tiene un peso equivalente en el intervalo de 200 a 500 o de 50 a 250, de preferencia de 100 a 200 y/o sus combinaciones.

El material laminado reforzado con fibra curado puede comprender más de un tipo de resina y más de un tipo de fibras. En una realización preferida, el material laminado reforzado con fibra curado consiste sustancialmente en fibras de carbono unidireccionales y una resina a base de epoxi.

El material de resina puede comprender una resina epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 50 a 250, preferiblemente de 100 a 200, y un endurecedor de amina, siendo el material de resina curable en línea.

Hemos encontrado que los materiales de resina que tienen un peso equivalente epoxi en el intervalo de 50 a 800, de 50 a 600 o de 100 a 500 o de 100 a 350, preferiblemente de 100 a 200 pueden curarse o curarse rápidamente de manera parcial a temperaturas en el intervalo de 80 a 200 °C, preferiblemente de 90 a 180 °C, o de 100 a 170 °C, o de 110 a 150 °C, o de 120 a 140 °C, o de 105 a 130 °C y/o combinaciones de los valores e intervalos mencionados anteriormente. El tiempo de permanencia durante el curado varía de 10 s a 600 s, de 20 a 500 s, preferiblemente de 25 a 400 s, más preferiblemente de 30 a 300 s, o de 25 a 250 s, o de 15 a 200 s, o de 20 a 120 s, o de 40 a 150 s, o

de 45 a 100 s, o de 40 a 80 s y/o combinaciones de los intervalos y valores mencionados anteriormente. Esto permite la producción en línea del material laminado.

5 El material laminado puede tener un espesor que varía de 0,1 a 20 mm, preferiblemente de 0,5 a 15 mm, más preferiblemente de 1 a 12 mm, o de 1,5 a 10 mm, o de 2 a 7 mm o de 2 a 5 mm o de 3 a 4 mm y/o combinaciones de los valores y/o intervalos mencionados anteriormente.

Como se ha comentado, la textura superficial y/o los elementos superficiales se pueden aplicar al material laminado durante la producción en línea y/o curado parcial. Alternativamente, la textura superficial y/o los elementos superficiales se pueden aplicar después del curado parcial.

10 El material laminado está parcialmente curado. Parcialmente curado significa que después del curado parcial, el material laminado aún puede curarse o curarse en una etapa posterior mediante la liberación de energía exotérmica adicional después del curado. El curado parcial se puede expresar como un porcentaje de curado, por ejemplo, un 75% de curado significa que el 75% de la energía exotérmica se ha liberado después del curado parcial del material laminado durante su producción. Tras el curado final, el 25% de su energía exotérmica se liberará a medida que se procesa la resina de refuerzo en el material laminado para un curado completo.

15 El material laminado se cura de 30 a 90 %, o de 40 a 80 %, preferiblemente de 75 a 90 %, más preferiblemente de 80 a 90 % y/o combinaciones de los porcentajes mencionados anteriormente. Un material laminado parcialmente curado tiene la ventaja de ser flexible en un molde. También este material da como resultado un conjunto moldeado que tiene propiedades mecánicas mejoradas en comparación con un conjunto que incluye material laminado completamente curado.

20 La reactividad de una resina epoxi viene indicada por su peso equivalente epoxi (EEW), cuanto menor sea el EEW, mayor será la reactividad. El peso equivalente epoxi se puede calcular de la siguiente manera: (resina epoxi de peso molecular) / (número de grupos epoxi por molécula). Una forma de calcular el número epoxi es la siguiente: número epoxi = 100 / peso equivalente epoxi. Para calcular grupos epoxi por molécula: (número epoxi × peso molecular) / 100. Para calcular el peso molecular: (100 × grupos epoxi por molécula) / número epoxi.

25 Para calcular el peso molecular: peso equivalente epoxi x grupos epoxi por molécula. La presente invención se refiere en particular a la provisión de un prepreg que puede basarse en una resina epoxi reactiva que se puede curar a una temperatura más baja con un tiempo de ciclo de moldeo aceptable.

30 La resina epoxi tiene una alta reactividad según lo indicado por un EEW en el intervalo de 200 a 500 o de 50 a 250, preferiblemente de 100 a 200 y/o combinaciones de los mismos y la composición de resina comprende la resina y un endurecedor de amina. Resinas epoxi adecuadas pueden comprender mezclas de dos o más resinas epoxi seleccionadas de entre resinas epoxi monofuncionales, difuncionales, trifuncionales y/o tetrafuncionales.

35 A modo de ejemplo, resinas epoxi difuncionales adecuadas incluyen las basadas en: diglicidil éter de bisfenol F, diglicidil éter de bisfenol A (opcionalmente bromado), fenol y cresol epoxi novolacas, glicidil éteres de fenol aldehído aductos, glicidil éteres de dioles alifáticos, diglicidil éter, dietilenglicoldiglicidil éter, resinas epoxi aromáticas, poliglicidil éteres alifáticos, olefinas epoxidizadas, resinas bromadas, glicidilaminas aromáticas, glicidil imidinas y amidas heterocíclicas, glicidil éteres, resinas epoxi fluoradas, ésteres de glicidilo o cualquier combinación de los mismos.

Las resinas epoxi difuncionales se pueden seleccionar de diglicidil éter de bisfenol F, diglicidil éter de bisfenol A, diglicidil dihidroxinaftaleno o cualquier combinación de los mismos.

40 A modo de ejemplo, resinas epoxi trifuncionales adecuadas incluyen las basadas en fenol y cresol epoxi novolacas, glicidil éteres de fenol aldehído aductos, resinas epoxi aromáticas, triglicidil éteres alifáticos, triglicidil éteres dialifáticos, poliglicidilaminas alifáticas, glicidil imidinas heterocíclicas y amidas, éteres de glicidilo, resinas epoxi fluoradas, o cualquier combinación de los mismos. Resinas epoxi trifuncionales adecuadas están disponibles en Huntsman Advanced Materials (Monthey, Suiza) con los nombres comerciales MY0500 y MY0510 (triglicidil para-aminofenol) y MY0600 y MY0610 (triglicidil meta-aminofenol). El triglicidil meta-aminofenol también está disponible en Sumitomo Chemical Co. (Osaka, Japón) con el nombre comercial ELM-120.

45 Resinas epoxi tetrafuncionales adecuadas incluyen N, N, N', N'-tetraglicidil-m-xilendiamina (disponible comercialmente en Mitsubishi Gas Chemical Company con el nombre Tetrad-X, y como Erisys GA-240 de CVC Chemicals), y N, N, N', N'-tetraglicidilmetilendianilina (por ejemplo, MY0720 y MY0721 de Huntsman Advanced Materials). Otras resinas epoxi multifuncionales adecuadas incluyen DEN438 (de Dow Chemical Company, Midland, MI) DEN439 (de Dow Chemical Company), Araldite ECN 1273 (de Huntsman Advanced Materials) y Araldite ECN 1299 (de Huntsman Advanced Materials).

55 Agentes de curado o endurecedores usados comúnmente para resinas epoxi incluyen compuestos de hidrógeno activo (especialmente aminas) y anhídridos. Para la reacción de epóxido-amina, cada hidrógeno activo en la amina se considera potencialmente activo, es decir, ambos hidrógenos en un grupo amino primario (-NH₂). Como resultado de ello, una funcionalidad para cuatro o más no es inusual para endurecedores de amina de resinas epoxi. Ejemplos de endurecedores de poliamina alifáticos (que proporcionan un curado a temperatura ambiente) incluyen:

funcionalidad de dietilentriamina $H_2NC_2H_4NHC_2H_4NH_2 = 5$

funcionalidad de trietilentetramina $H_2NC_2H_4NHC_2H_4NHC_2H_4NH_2 = 6$

5 Las altas tasas de curado que se pueden obtener con endurecedores de amina alifática son útiles para muchas aplicaciones, incluidas adhesivos y revestimientos superficiales. Sin embargo, un curado rápido es solo un factor; el estado de curado es otro. Un curado rápido en sí mismo no es necesariamente una garantía de un alto nivel de curado, ya que el inicio de la vitrificación decide de manera eficaz el alcance del curado. Existen ventajas al retrasarse el inicio de la vitrificación si se opta por un curado a alta temperatura, donde los endurecedores menos activos pueden resultar más fáciles de manejar. Ejemplos de tipos de NH menos activos incluyen: diciandiamida (DICY), aminopoliamidas o aminas aromáticas, por ejemplo:

10 funcionalidad de diciandiamida $(H_2N) 2C=NC=N = 4$

La dicyandiamida es por tanto un agente de curado o endurecedor preferido.

15 El material laminado reforzado con fibra parcialmente curado es un elemento relativamente plano que tiene una longitud que es al menos diez veces la anchura y una anchura que es al menos 5 veces el espesor del material laminado. Típicamente, la longitud es de 20 a 50 veces la anchura o más y la anchura es de 20 a 100 veces el espesor o más. En una realización preferida, la forma del material laminado es similar a una banda.

20 Se prefiere que el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado esté dimensionado de modo que sea enrollable. Por enrollable se entiende que el material laminado puede enrollarse en un rollo que tiene un diámetro que permite el transporte en contenedores de tamaño estándar. Esto reduce en gran medida los costes de fabricación del elemento de material compuesto, ya que las bobinas sin fin del material laminado reforzado con fibra curado se pueden fabricar en una instalación centralizada y enviarse al sitio de montaje de la pala, donde se puede dividir en piezas de tamaño adecuado. Para mejorar aún más el envío, se prefiere que el espesor del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se elija de modo que el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado pueda enrollarse en un rollo con un diámetro inferior a 2 m en función de la flexibilidad, la rigidez, el tipo de fibra y el contenido de fibra utilizado. Típicamente, esto corresponde a un espesor de hasta 3,0 mm, sin embargo, para altos contenidos de fibra y rigidez, un espesor por debajo de 2,5 mm es normalmente más adecuado. Por otro lado, los materiales laminados gruesos proporcionan escalones bastante grandes en la superficie externa, lo que favorece a los materiales laminados más delgados. Sin embargo, los materiales laminados normalmente no deberían ser más delgados de 0,5 mm, ya que se necesitaría una gran cantidad de láminas, lo que derivaría en un mayor tiempo de fabricación. En una realización preferida, el espesor del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado es aproximadamente de 1,5 a 2 mm.

30 La anchura del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado puede ser constante o puede variar a lo largo de la longitud del material laminado. Típicamente, la anchura máxima debe ser de más de 100 mm y para reducir el número de láminas, es deseable una anchura de más de 150 mm. El trabajo experimental ha demostrado que, en muchos casos, la anchura puede ser preferiblemente de más de 200 mm en el lugar más ancho. Por otro lado, la resina debe desplazarse entre láminas adyacentes una longitud correspondiente a la anchura de la lámina y, por tanto, la anchura máxima del material laminado es preferiblemente inferior a 500 mm para permitir un control adecuado de la introducción de resina. En una realización preferida, la anchura máxima es inferior a 400 mm y, por ejemplo, si la resina se selecciona para que se inicie el curado antes de la infusión completa, se prefiere que la anchura máxima de la lámina sea inferior a aproximadamente 300 mm.

40 En una realización preferida del método de acuerdo con la invención, el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se trata previamente antes de colocarlo en el molde. Ejemplos de pretratamiento son limpieza por chorro de arena, por ejemplo, para aumentar la unión mecánica con la resina o para cambiar la textura de la superficie (ver a continuación), enjuagado de las superficies por medios mecánicos y/o químicos o aclimatación, por ejemplo, secado o calentado. Puede ser adecuado más de un tipo de pretratamiento del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado dependiendo de las condiciones del uso.

45 El material laminado reforzado con fibra parcialmente curado comprende fibras altamente alineadas y, por tanto, el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado puede ser ventajosamente un material compuesto curado por pultrusión o un material compuesto curado por prensa de banda. Estas técnicas pueden proporcionar las formas de lámina deseadas con un alto contenido de fibra de fibras altamente alineadas. Además, estas técnicas son particularmente adecuadas para la fabricación de longitudes infinitas de material que se cortan a las longitudes deseadas.

El material laminado puede tener las siguientes propiedades (se refiere a la medición estándar):

55	Fracción de volumen de fibra (%)	57 a 60;
	Resistencia a la tracción (ISO527-5) (MPa)	1600 a 2000;
	Módulo de tracción (ISO527-5) (GPa)	120 a 150;

ES 2 648 992 T3

	Alargamiento a la tracción (ISO527-5) (%)	1,20 a 1,33
	Resistencia a la flexión (ISO527-5) (MPa)	2100 a 2200;
	Módulo de flexión (EN2562) (GPa)	120 a 150;
	Resistencia al corte interlaminar (EN2563) (MPa)	90 a 100;
5	Resistencia a la compresión (ASTM D6641) (MPa)	1200 a 1300;
	Módulo de compresión (ASTM D6641) (GPa)	120 a 130;
	Alargamiento (ASTM D6641) (%)	0,99

10 La fracción de volumen de fibra es el volumen del material laminado que está ocupado por las fibras. La lámina puede tener un peso areal en el intervalo de 600 a 4000 g/m², preferiblemente de 2200 a 2800 g/m², más preferiblemente de 1000 a 1500 g/m². La T_g de la matriz de resina puede ser de 100 a 150 °C, preferiblemente de 110 a 140 °C, más preferiblemente de 110 a 130 °C.

15 Puede ser muy difícil introducir resina entre las láminas de material si las láminas se colocan muy cerca. Este es particularmente el caso si los espacios entre las láminas están sometidos al vacío. El material laminado reforzado con fibra parcialmente curado está provisto de una estructura de superficie para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes que comprenden elementos estructurales para conducir el flujo de una resina de infusión. La textura superficial puede comprender protuberancias de resina de una altura por encima de una superficie principal del material laminado reforzado con fibra curado, preferiblemente del orden de aproximadamente 0,1 mm a 0,5 mm, preferiblemente de 0,5 a 3 mm, pero pueden existir protuberancias más grandes en algunos casos, tal como cuando la distancia de introducción de resina es relativamente grande.

20 La textura superficial puede, además de esto o como alternativa, comprender rebajes, tales como canales en la superficie principal del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado, preferiblemente los rebajes son del orden de 0,1 mm a 0,5 mm por debajo de la superficie principal, pero en algunos casos, pueden ser adecuados rebajes más grandes. Típicamente, las protuberancias y/o rebajes están separados de 1 cm a 2 cm y/o de 0,5 a 4 cm, pero la separación puede ser mayor o menor dependiendo del tamaño real de las protuberancias y/o rebajes correspondientes.

25 La textura superficial de los tipos descritos anteriormente puede proporcionarse después de la fabricación del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado, por ejemplo mediante limpieza por chorro de arena, trituración o goteo de resina semisólida sobre la superficie, pero se prefiere que la textura superficial para facilitar la introducción de resina entre elementos adyacentes de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se proporcione al menos parcialmente durante la fabricación del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado. Esto se hace particularmente fácil cuando el material laminado reforzado con fibra curado se fabrica mediante prensa de banda, ya que la textura superficial se puede obtener mediante una plantilla negativa de la textura superficial de la banda de la prensa de banda. En otra realización, se proporciona una lámina entre la banda y el material laminado reforzado con fibra se forma en la prensa de banda. Tal lámina también puede actuar como un revestimiento y debe retirarse antes de la introducción en el molde del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado.

30 En una realización preferida, el efecto que facilita la textura superficial a la distribución de resina durante la introducción de resina se realiza proporcionando una pluralidad de elementos separadores internos entre elementos adyacentes del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado. Los elementos separadores internos pueden seleccionarse de manera ventajosa de uno o más elementos del grupo que consiste en una colección de fibras, tales como fibras de vidrio y/o fibras de carbono, un material sólido, tal como partículas de arena, y un polímero de alto punto de fusión, por ejemplo, puntos o líneas de resina. Se prefiere que los elementos separadores internos sean inertes durante la introducción de resina y, por ejemplo, no cambien de forma o reaccionen con la resina introducida. El uso de elementos separadores internos puede resultar ventajoso en muchos casos, ya que no requiere ningún método particular de fabricación del material laminado reforzado con fibra curado o un pretratamiento especial del material laminado reforzado con fibra curado. Los elementos separadores internos están preferiblemente en el intervalo de tamaños de 0,1 mm a 0,5 mm y separados típicamente de 1 cm a 2 cm, pero tanto los tamaños como los espacios pueden ser adecuados en algunos casos. Por lo general, cuanto mayor sea el elemento separador interno, mayor será la separación permitida.

35 La textura superficial puede comprender elementos superficiales. Los elementos superficiales pueden comprender una resina. Los elementos superficiales pueden ser discretos o continuos. Los elementos superficiales pueden estar dispuestos en una dirección longitudinal del material laminado. Los elementos superficiales pueden estar dispuestos en una dirección transversal del material laminado. Los elementos superficiales también pueden estar dispuestos en una dirección para que se extiendan en ambas direcciones, transversal y longitudinal. Los elementos superficiales pueden estar dispuestos para formar un canal de resina en una o más direcciones longitudinal y/o transversal.

Los elementos superficiales facilitan la distribución de la resina de infusión y separan el material laminado.

5 Para facilitar la introducción de resina, este proceso puede ser asistido de manera ventajosa por vacío. En este caso, el método comprende además las etapas de formar un recinto de vacío alrededor de la estructura de material compuesto. El recinto de vacío puede formarse de preferencia proporcionando una segunda pieza de molde flexible en comunicación hermética con el molde. A continuación, puede proporcionarse un vacío en el recinto de vacío mediante un medio de vacío, tal como una bomba en comunicación con el recinto de vacío, de modo que la resina pueda introducirse mediante un proceso asistido por vacío, tal como moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, VARTM. Un proceso asistido por vacío es particularmente adecuado para estructuras grandes, tales como elementos de carcasa de pala de turbina eólica, ya que las largas distancias de transporte de resina podrían producir un curado prematuro de la resina, lo que podría evitar una mayor infusión de resina. Además, un proceso asistido por vacío reducirá la cantidad de aire en el elemento de carcasa de la pala de turbina eólica y, por tanto, reducirá la presencia de aire en el material compuesto infundido, lo que aumenta la resistencia y la reproductibilidad.

10 La resina de infusión puede ser curable a temperaturas de 60 a 100 °C, preferiblemente de 60 a 90 °C, más preferiblemente de 80 a 100 °C. La resina puede tener una viscosidad durante la fase de infusión de 50 a 200 mPas, preferiblemente de 100 a 160 mPas y más preferiblemente de 120 a 150 mPas. La resina de infusión pura puede tener una densidad que varía de 1,1 a 1,20 g/cm³; una resistencia a la flexión de 60 a 150 N/mm², preferiblemente de 90 a 140 N/mm²; un módulo de elasticidad de 2,5 a 3,3 kN/mm², preferiblemente de 2,8 a 3,2 kN/mm²; una resistencia a la tracción de 60 a 80 N/mm², preferiblemente de 70 a 80 N/mm²; una resistencia a la compresión de 50 a 100 N/mm²; un alargamiento a la rotura de 4 a 20 %, preferiblemente de 8 a 16 % y/o combinaciones de las propiedades mencionadas anteriormente.

20 La resina de infusión puede ser una resina de viniléster y tener una o más de las siguientes propiedades:

Propiedades del líquido a 25 °C:

Viscosidad Brookfield (LVF, husillo #2 @ 12 rpm): 150-200 cps

Densidad 1,03 – 1,08 g/cm³

Propiedades mecánicas a 25 °C (resina curada pura):

25	Resistencia a la tracción: 80 a 90 MPa	ASTM D 638-08
	Módulo de tracción: 3500 a 3900 MPa	ASTM D 638-08
	Alargamiento a la tracción: 2 a 3,5 %	ASTM D 638-08
	Resistencia a la flexión: 120 a 150 MPa	ASTM D 790-07
	Módulo de flexión: 3800 a 4100 MPa	ASTM D 790-07

30 La resina de infusión puede ser una resina de poliéster y tener una o más de las siguientes propiedades:

Propiedades del líquido a 23 °C:

Viscosidad Brookfield (LVF, husillo #2 @ 12 rpm): 150-180 cps

Propiedades mecánicas a 25 °C (resina curada pura):

35	Resistencia a la tracción: 62 a 69 MPa	ASTM D 638-08
	Módulo de tracción: 3100 a 3500 MPa	ASTM D 638-08
	Alargamiento a la tracción: 3,5 a 4 %	ASTM D 638-08
	Resistencia a la flexión: 120 a 130 MPa	ASTM D 790-07
	Módulo de flexión: 3400 a 3600 MPa	ASTM D 790-07

La resina de infusión puede ser una resina epoxi y tener una o más de las siguientes propiedades:

40 Propiedades del líquido a 25 °C:

Viscosidad Brookfield (LVF, husillo #2 @ 12 rpm): 700-1100 mPa-s

Peso equivalente epoxi 160-190, valor epoxi (equivalente / 100 g) 0,54 -0,60

Densidad 1,13 -1,17 g/cm³

Propiedades mecánicas a 25 °C (resina curada pura):

45	Resistencia a la tracción: 80 a 90 MPa	ASTM D 638-08
----	--	---------------

Módulo de tracción: 3500 a 3900 MPa	ASTM D 638-08
Alargamiento a la tracción: 8 a 16 %	ASTM D 638-08
Resistencia a la flexión: 90 a 120 MPa	ASTM D 790-07
Módulo de flexión: 2700 a 3400 MPa	ASTM D 790-07

- 5 Una resina de infusión adecuada puede ser Epikote® MGS RIM 135 suministrada por Hexion. Otros sistemas de resinas adecuados son PRIME® 2OLV suministrado por Gurit, Airstone® 760, resina con endurecedor Airstone® 762H o Airstone® 766H suministrado por Dow Chemical Company.

10 Las piezas o elementos de material compuesto de acuerdo con la invención o fabricados mediante el método de acuerdo con la invención pueden formar una carcasa de pala de turbina eólica individualmente o formar una carcasa de pala de turbina eólica cuando se conectan a uno o más de tales elementos de material compuesto, por ejemplo, mediante medios de sujeción mecánicos y/o adhesivo. A partir de tales carcasas de pala de turbina eólica, se puede fabricar de manera ventajosa una pala de turbina eólica conectando dos de tales carcasas de pala de turbina eólica con medios adhesivos y/o mecánicos, tales como mediante piezas de sujeción. Tanto la carcasa de pala de turbina eólica como la pala de turbina eólica combinadas pueden comprender opcionalmente otros elementos, tales como
15 elementos de control, pararrayos, detectores estructurales, etc. En una realización particularmente preferida, cada carcasa de pala consta de un elemento de material compuesto que se puede fabricar según el método de acuerdo con la invención. En otra realización preferida, el elemento de carcasa de pala de turbina eólica fabricada según el método de acuerdo con la invención forma sustancialmente la carcasa exterior completa de una pala de turbina eólica, es decir, un lado de presión y un lado de succión que se forman integralmente durante la fabricación del
20 elemento de pala de turbina eólica.

Un aspecto de la invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende material laminado reforzado con fibra curado. El material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se coloca cerca de la superficie exterior de la pala a modo de tejas parcialmente solapadas. En una realización preferida, el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado es un material laminado reforzado con fibra parcialmente curado, pultruido o prensado en
25 banda, y se ha dividido en elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado. En otra realización preferida, una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención tiene una longitud de al menos 40 m. La relación entre espesor, t , y cuerda, C , (t / C) es sustancialmente constante para secciones de perfil aerodinámico en el intervalo de $75 \% < r / R < 95 \%$, donde r es la distancia desde la raíz de la pala y R es la longitud total de la pala. Preferiblemente, el espesor constante a la cuerda se realiza en el intervalo de $70 \% < r / R < 95 \%$, y más preferiblemente para el intervalo de $66 \% < r / R < 95 \%$. Esto puede realizarse para una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención debido a la empaquetadura muy densa de las fibras en áreas de la sección transversal de la pala, áreas que proporcionan un alto momento de inercia. Por tanto, de acuerdo con la invención es posible lograr el mismo momento de inercia con menos material de refuerzo y/o lograr el mismo momento de inercia con un perfil más delgado. Esto es deseable para ahorrar material y para permitir un diseño aerodinámico de acuerdo con los
30 requisitos aerodinámicos en lugar de según los requisitos estructurales.

El material laminado se puede usar en combinación con material de refuerzo fibroso seco y/o material de refuerzo fibroso preimpregnado con resina (prepreg) y/o una resina sólida. El material laminado puede ser flexible o adaptable a un molde antes del curado final.

Breve descripción de los dibujos

40 La invención se explicará más detalladamente a continuación con referencia a realizaciones ejemplares, así como a los dibujos, en los que

La figura 1 muestra un elemento de carcasa de pala de turbina eólica en sección transversal en el molde de acuerdo con una realización de la invención,

45 La figura 2 muestra vías de transporte de resina preferidas durante la introducción de resina de acuerdo con otra realización de la invención,

La figura 3 muestra detalles de vías de transporte de resina de la figura 2,

La figura 4 muestra el efecto del espesor del elemento de material laminado reforzado con fibra curado de acuerdo con otra realización de la invención, y

La figura 5 muestra un material laminado de acuerdo con otra realización de la invención.

50 Descripción de los dibujos

En la figura 1, se muestra en el molde 4 un ejemplo de un elemento o pieza de carcasa de pala de turbina eólica formado de acuerdo con el método de la invención. El molde 4 es típicamente un elemento rígido y puede combinarse con una segunda pieza de molde (véase elemento 5, figura 2) durante la introducción de resina.

Típicamente, dicha segunda pieza de molde es flexible, aunque también puede ser rígida. Opcionalmente, se coloca un material de capa superficial externa 10 en el molde. Tal capa superficial externa 10 puede ser, por ejemplo, un prepreg o un material de recubrimiento termoplástico. A continuación, una pluralidad de elementos 8 de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se colocan en el molde. Unos elementos centrales 36 y otros elementos, tales como, por ejemplo, un sistema de pararrayos, un sistema de control y un sistema de monitorización de palas de turbina eólica, también pueden proporcionarse en esta etapa.

Se puede proporcionar un material de capa superficial interna opcional 12 sobre los elementos 8 de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado si esto se desea. El material de capa superficial interna opcional también puede proporcionarse después de la introducción de resina entre los elementos, pero la presencia de un material de capa superficial interna no es esencial para el elemento de carcasa de pala de turbina eólica. Un material de capa superficial interna, así como un material de capa superficial externa pueden comprender fibras, que están orientadas de forma diferente a las fibras de los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado y, por tanto, aumentan la resistencia transversal del elemento de carcasa de pala de turbina eólica.

Finalmente, se introduce resina entre los elementos. Se prefiere que todos los espacios entre elementos adyacentes se llenen con la resina, aunque un relleno parcial puede ser suficiente en algunos casos. Para facilitar la introducción de resina, el aire entre elementos adyacentes puede eliminarse antes de la introducción de resina, por ejemplo, mediante vacío, como se describe en otra parte.

Una de las principales ventajas del uso de elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado es que el material de refuerzo puede colocarse con una libertad de diseño muy alta. En general, se prefiere que el material de refuerzo esté colocado lo más lejos posible de la línea central de la estructura para obtener un gran impulso del refuerzo. Mediante el uso de elementos solapados, esto se puede conseguir sustancialmente mediante una pluralidad de elementos que tienen la misma forma o en situaciones en las que se desea una estructura general de refuerzo geométrica compleja mediante una pluralidad de elementos que tienen solo unas pocas formas diferentes. Esto se puede conseguir variando el grado de solapamiento y los ángulos entre la superficie exterior de la superficie de material compuesto y los elementos del material laminado reforzado con fibra parcialmente curado.

El elemento de material laminado de refuerzo es un subconjunto para la fabricación de elementos de carcasa de pala de turbina eólica de acuerdo con la invención y se puede fabricar *in situ* en estrecha relación con la disposición y fabricación del elemento de carcasa de pala de turbina eólica completo. Alternativamente, el subconjunto puede fabricarse fuera del sitio de fabricación de la estructura de material compuesto. El subconjunto puede comprender una o más de las características que se han descrito para los elementos o para el material laminado reforzado con fibra parcialmente curado, tal como contenido de material, textura superficial modificada, elemento separador de superficie interna asegurado a la misma, método de fabricación, forma y tamaño y espesor en las mismas situaciones. El subconjunto puede transportarse en una pila de elementos planos o enrollarse o doblarse en una forma adecuada. Los subconjuntos de elementos pueden integrarse en un subconjunto adicional que comprende una pila de subconjuntos y opcionalmente otros elementos, tales como piezas de sujeción adhesivas o mecánicas para mantener los elementos juntos al menos temporalmente. Ambos tipos de subconjuntos se pueden usar de manera ventajosa para la fabricación de elementos de carcasa de pala de turbina eólica, ya que la flexibilidad del subconjunto se adapta a los requisitos para crear la forma tridimensional del perfil aerodinámico de pala.

Los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se pueden disponer para formar una estructura de refuerzo en varias formas generales. Típicamente, los elementos están dispuestos para formar una estructura de refuerzo que tiene una pata hacia el primer extremo del elemento de carcasa de pala de turbina eólica a fabricar y una pata hacia el segundo extremo de la estructura de material compuesto.

La disposición exacta de los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado en el molde se puede facilitar mediante el uso de un medio de plantilla que muestra las posiciones deseadas. Este es particularmente el caso cuando se desean sistemas más complejos de elementos o si se utiliza una disposición manual. Un medio de plantilla puede indicar la posición relativa de elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado hacia un extremo correspondiente al extremo del elemento de carcasa de pala de turbina eólica y/o indicar la posición relativa de al menos un elemento con respecto al molde, tal como un borde de molde o una característica del molde, por ejemplo, un orificio o una bifurcación. La indicación de la posición correcta puede incluir la posición longitudinal, la posición en anchura y/o la posición en altura con respecto al molde y/o con respecto a otros elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado u otros elementos que se incluirán en la estructura de material compuesto.

El medio de plantilla puede integrarse en el elemento de carcasa de pala de turbina eólica de modo que sea una plantilla de un solo uso. En una realización preferida, el medio de plantilla está integrado con un elemento central de la estructura de material compuesto.

Para elementos grandes, tal como para una pala de turbina eólica, donde la longitud de los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado es típicamente del orden de la longitud total de la pala de turbina eólica, puede resultar ventajoso aplicar varios medios de plantilla, por ejemplo, uno en cada extremo y 1, 2, 3 o más en posiciones seleccionadas a lo largo de la longitud de la pala

Los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se unen entre sí mediante resina como se ha descrito anteriormente, pero durante la colocación, resulta altamente ventajoso fijar al menos temporalmente los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado al molde y/o a otro elemento en el molde, por ejemplo, uno o más elementos de material laminado reforzado con fibra curado u otro tipo de elemento.

5 La fijación temporal debe hacerse de manera que la fijación no cree defectos inaceptables durante la posterior introducción de resina o durante el uso del producto final. La fijación puede implicar, por ejemplo, uno o más adhesivos, tales como una resina de fusión en caliente curable o no curable o una cinta de doble revestimiento; o medios de sujeción mecánicos, tales como una abrazadera, alambres, alambres con bucles o un elemento elástico. En una realización particularmente preferida, los medios de fijación temporal no se retiran antes de la introducción de resina y, por tanto, se incluyen en la estructura de material compuesto completa. En este caso, es particularmente importante que los medios de fijación temporal sean compatibles con los elementos de la estructura final tanto desde el punto de vista químico (por ejemplo, con respecto a la resina) como desde el punto de vista mecánico (por ejemplo, sin formación de puntos mecánicamente débiles).

15 En una realización preferida, los elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado se colocan de acuerdo con dos a cuatro plantillas, preferiblemente tres, colocadas cerca de los extremos y lejos de los extremos. Los elementos se fijan temporalmente en las posiciones deseadas mediante fusión en caliente, que es del mismo tipo que la resina que se va a introducir para unir los elementos, y las plantillas se retiran antes de la introducción de resina.

20 Para un molde curvado, tal como una sección transversal de un molde para un elemento de carcasa de pala de turbina eólica como se muestra en la figura 2 y la figura 3, la resina puede introducirse de manera ventajosa entre los elementos desde el lado convexo. Como el molde rígido 4 es normalmente convexo, esto da lugar típicamente a que la resina se introduzca a través del molde rígido 4 o a través del segundo molde flexible 5 y a través del elemento de carcasa de pala de turbina eólica cerca de la superficie exterior. Esto se debe principalmente a que la separación entre los elementos es mayor en el lado convexo que en el lado cóncavo, como se indica en la figura 3 con las flechas 50 y 52, respectivamente. La figura 2 muestra una vía preferida para introducir la resina. Aquí, la resina se introduce a través del segundo molde 5 vía un conducto de resina 43 en un elemento central 36 cerca del molde exterior, pero también son posibles otras vías de transporte de resina. Desde cerca de la superficie de molde, la resina se introduce entre los elementos 8. Además de un acceso más amplio al espacio entre los elementos 8, la introducción de resina desde cerca de la superficie de molde hacia el segundo molde permite la observación de la introducción completa de resina durante el procesamiento, ya que la resina debe penetrar en la superficie del elemento de carcasa de pala de turbina eólica cerca del segundo molde. Aquí, la resina se puede observar visualmente, particularmente si la segunda pieza de molde es transparente o si se proporcionan ventanas transparentes en la segunda pieza de molde.

35 En una disposición particularmente ventajosa de los elementos estructurales del molde y el material compuesto a fabricar mostrado en la figura 2, los elementos 8 de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado están dispuestos parcialmente solapados comenzando desde un primer lado del molde, por ejemplo, correspondiente al borde delantero o al borde posterior de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica. El conducto de introducción de resina está dispuesto cerca del elemento 8 de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado, alejado del primer lado del molde, por ejemplo, correspondiente al borde posterior o al borde delantero, respectivamente. El exceso de resina se puede extraer de manera ventajosa cerca del primer lado del molde cerca de la superficie del segundo molde, correspondiente al borde delantero o al borde posterior, respectivamente. Tal disposición permite un transporte de resina relativamente directo, lo que reduce la probabilidad de bloqueo de la vía de distribución de resina y, por tanto, proporciona un diseño más sólido.

45 Los elementos 8 son relativamente flexibles en direcciones ortogonales al plano del elemento 8 y, por tanto, se adaptan a la superficie interna del molde 4 mediante flexión. Sin embargo, los elementos 8 también son relativamente rígidos en direcciones en el plano del elemento 8 y por tanto tienden a formar líneas nítidas de conexión al molde. Tales conexiones detienen drásticamente el transporte de resina transversalmente a la conexión.

50 Se conoce proporcionar bandas abiertas flexibles cerca de la superficie de una estructura de material compuesto para facilitar la infusión de resina. Sin embargo, tales bandas flexibles no tendrán sustancialmente efecto cuando los elementos sean relativamente rígidos ya que las bandas flexibles simplemente se deformarán por la alta presión local ejercida por el borde de los elementos 8. El elemento separador de superficie 34 también debería ser rígido. El trabajo experimental ha demostrado que un material compuesto que tiene una estructura abierta, tal como una rejilla o una parrilla, y que comprende fibras y resina completamente curada será capaz de mantener el transporte de resina transversalmente a la conexión entre los bordes de los elementos 8 y el molde 4. Se ha encontrado que un material compuesto que consiste en una rejilla reforzada con fibra de vidrio curada u otra estructura abierta proporciona una estructura particularmente ventajosa para un elemento separador de superficie, ya que las fibras de vidrio son muy asequibles y relativamente gruesas. En una realización particularmente preferida, la rejilla curada es una estructura biax abierta. La rejilla puede orientarse de manera ventajosa con relación a los bordes del material laminado reforzado con fibra curado de modo que los bordes no sean paralelos a ninguna de las direcciones biax, ya que esto reduce la probabilidad de bloqueo accidental del transporte de resina por debajo de los bordes a través del elemento separador de superficie. Una rejilla adecuada es Polyspeed G-EV 750GI suministrada por Hexcel Corporation.

Además de facilitar el transporte de resina, el material separador de superficie también puede ayudar en la resistencia mecánica de la estructura de material compuesto, particularmente con respecto a la resistencia ortogonal a la dirección principal de las fibras de refuerzo del material laminado reforzado con fibra curado. Esto se debe principalmente al hecho de que las fibras del material separador de superficie se colocan típicamente en una disposición no paralela con respecto a la dirección principal de las fibras de refuerzo del material laminado reforzado con fibra curado. La orientación típica y preferida de un material separador de superficie biax es +45 con respecto a la dirección principal de las fibras de refuerzo del material laminado reforzado con fibras curado.

La flexibilidad del elemento 8 disminuye a medida que se incrementa el espesor del elemento. Además, los escalones entre los bordes del elemento individual aumentan a medida que aumenta el espesor de los elementos. Esto se ilustra en la figura 4, donde se muestra esquemáticamente una pila de elementos parcialmente solapados 8 de material laminado reforzado con fibras curado. En la figura 4A, se muestran dos pilas, teniendo la pila de la izquierda elementos gruesos 8 y la pila de la derecha elementos delgados 8. Se observa que el espacio triangular 38 entre los elementos y un molde exterior es más grande para los elementos gruesos 8 que para los elementos delgados 8. Esto puede derivar en una textura superficial exterior ondulada de elemento de carcasa de pala de turbina eólica terminado, como se muestra en la figura 4B, por ejemplo, debido al encogimiento por curado de la resina o a la contracción térmica en función de las diferencias en la dilatación térmica y/o flexibilidad de la resina que llena los espacios triangulares 38 y otros elementos en la estructura de material compuesto terminada.

En la figura 4C, se ilustra cómo un material curado, tal como un elemento separador de superficie, como se describe anteriormente, puede disminuir o eliminar la tendencia a formar una textura superficial exterior ondulada disminuyendo la dependencia que tienen las características de superficie de las propiedades de la resina y del espesor de los elementos.

La figura 5 muestra un material laminado 100 que comprende fibras de refuerzo en forma de fibra de carbono Panex 35 (25K) y un material de resina de refuerzo epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 100 a 200 suministrado por Hexcel, y un endurecedor de diciandiamida. El material laminado comprende una estructura de superficie 102 para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes. La estructura 102 consta de elementos superficiales discretos en forma de resina curada que proporcionan canales de distribución de resina para favorecer el flujo de la resina de infusión tanto en una dirección longitudinal 104 como en una dirección transversal a los lados del material laminado 100. La lámina también tiene una veta central, como se indica con la flecha 104, que permite que la resina fluya en una dirección longitudinal.

En uso, el material 100 puede proporcionarse en un molde en combinación con capas adicionales 100 o con materiales de refuerzo en seco o incluso con capas de material prepreg para formar un conjunto de molde.

El material 100 se puede curar o curar parcialmente y puede ser flexible para adaptarse a la superficie de molde.

En una realización preferida, la pluralidad de elementos de material laminado reforzado con fibra parcialmente curado comprende al menos dos tipos de fibras. Las fibras se seleccionan preferiblemente del grupo que consiste en fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida y fibras naturales, tales como fibras a base de celulosa, preferiblemente fibras de madera.

Las fibras pueden disponerse de modo que uno o más de los elementos comprendan dos o más tipos de fibras, tales como, por ejemplo, una combinación de fibras de carbono con fibras de madera o fibras de carbono con fibras de vidrio. En una realización particularmente preferida, la pluralidad de elementos comprende un primer grupo de elementos, que tienen una primera composición de fibra, y un segundo grupo de elementos, que tienen una segunda composición. Preferiblemente, la primera composición de fibra consiste sustancialmente en fibras de carbono de modo que el primer grupo de elementos son particularmente inflexibles con respecto al peso y al volumen del material laminado reforzado con fibra curado. La segunda composición de fibra puede comprender, por ejemplo, fibras de madera y/o fibras de vidrio. Más de dos grupos de elementos pueden estar presentes, tales como tres, cuatro, cinco, seis o incluso más grupos.

En una realización de la invención, la forma de los elementos es similar para todos los elementos, independientemente del grupo al que pertenezcan. En otra realización, las formas de los elementos que pertenecen a los diferentes grupos son diferentes. En una tercera realización, la forma de los elementos varía dentro de un grupo individual de elementos.

Las combinaciones preferidas de elementos son a) un grupo de elementos reforzados con fibras de carbono en combinación con un grupo de elementos reforzados con fibras de vidrio; b) un grupo de elementos reforzados con fibras de carbono en combinación con un grupo de elementos reforzados con fibras de madera; c) un grupo de elementos reforzados con fibras de carbono en combinación con un grupo de elementos reforzados con fibras de vidrio y un grupo de elementos reforzados con fibras de madera

Estos grupos son particularmente útiles para la fabricación de elementos para carcasas de pala de turbina eólica, ya que los requisitos de refuerzo que incluyen requisitos de rigidez y resistencia varían con la distancia desde la raíz de la pala. Una combinación de este tipo que utiliza la tecnología de material laminado reforzado con fibra curado, según la presente invención, proporcionará por tanto una pala estructuralmente superior y asequible.

De este modo, se proporciona un material, un montaje y un método como se ha descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Material laminado reforzado con fibra, que comprende fibras de refuerzo y un material de resina de refuerzo curado de 30 a 90 %, en el que el porcentaje de curado representa el porcentaje de energía exotérmica liberada durante el curado con respecto al material laminado completamente curado; y también en el que, antes del curado, el material de resina de refuerzo comprende una resina epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 200 a 500 o de 50 a 250, preferiblemente de 100 a 200 y/o combinaciones de los valores mencionados, y un endurecedor de amina; comprendiendo el material laminado una estructura de superficie para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes que comprenden elementos estructurales para conducir el flujo de una resina de infusión.
- 10 2. Material según la reivindicación 1, en el que los materiales de moldeo adyacentes comprenden materiales laminados adicionales, proporcionando la estructura de superficie, vías de infusión de resina para conducir una resina de infusión entre los materiales laminados.
- 15 3. Material según la reivindicación 1 o 2, en el que la resina de refuerzo es curable a una temperatura de curado de 60 o 70 u 80 o 90 o 100 o 120 °C en un tiempo de curado de menos de 5, o 10, o 15, o 20, o 30, o 40, o 60 segundos, y/o combinaciones de las temperaturas y tiempos de curado antes mencionados.
4. Material según la reivindicación 1 o 2 o 3, en el que la resina de refuerzo comprende un pigmento o colorante.
5. Material según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material se suministra en una bobina o rollo.
- 20 6. Material según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las fibras de refuerzo están dispuestas en hebras unidireccionales.
7. Material según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material laminado es permeable a la resina de infusión.
8. Material según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos estructurales conducen flujo en una dirección transversal y/o longitudinal con respecto a un canal o veta central de flujo de resina.
- 25 9. Método para producir un material laminado reforzado con fibra que comprende fibras de refuerzo y un material de resina de refuerzo, que comprende
 - a. impregnar fibras de refuerzo con el material de resina de refuerzo, comprendiendo dicho material de resina de refuerzo una resina epoxi que tiene un peso equivalente epoxi en el intervalo de 50 a 250, preferiblemente de 100 a 200, y un endurecedor de amina,
 - 30 b. proporcionar el material laminado que comprende una estructura de superficie para separar el material laminado de materiales de moldeo adyacentes que comprenden elementos estructurales para conducir el flujo de una resina de infusión, y
 - c. curar en línea el material laminado de 30 a 90 %, en el que el porcentaje de curado representa el porcentaje de energía exotérmica liberada durante el curado con respecto al material laminado completamente curado.
- 35 10. Método según la reivindicación 9, en el que el material se cura a una temperatura de curado de 60 o 70 u 80 o 90 o 100 o 120 °C en un tiempo de curado de menos de 5, o 10, o 15, o 20, o 30, o 40, o 60 segundos, y/o combinaciones de las temperaturas y tiempos de curado antes mencionados.
- 40 11. Conjunto de una o más capas de un material laminado, según se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una o más capas de refuerzo fibroso y/o una o más capas de refuerzo fibroso impregnado de resina.
12. Conjunto según la reivindicación 11, que forma una pieza o pala de turbina eólica.

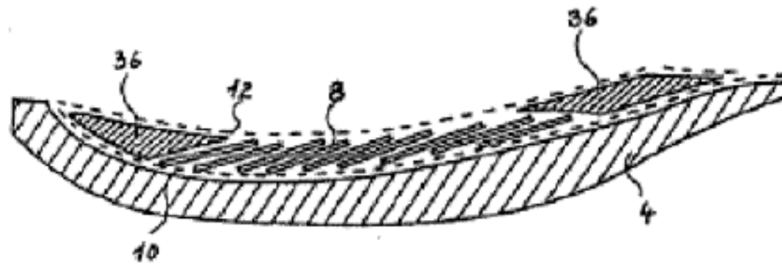


Figura 1

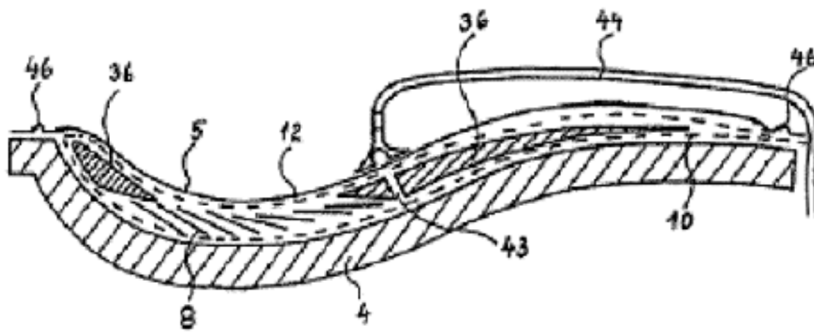


Figura 2

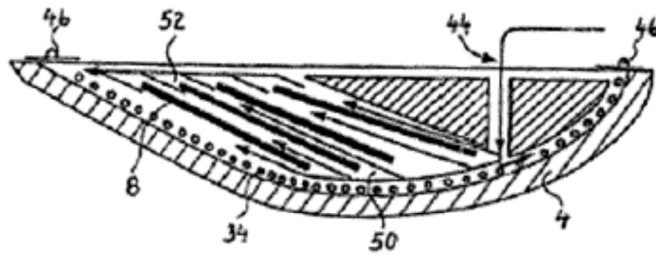


Figura 3

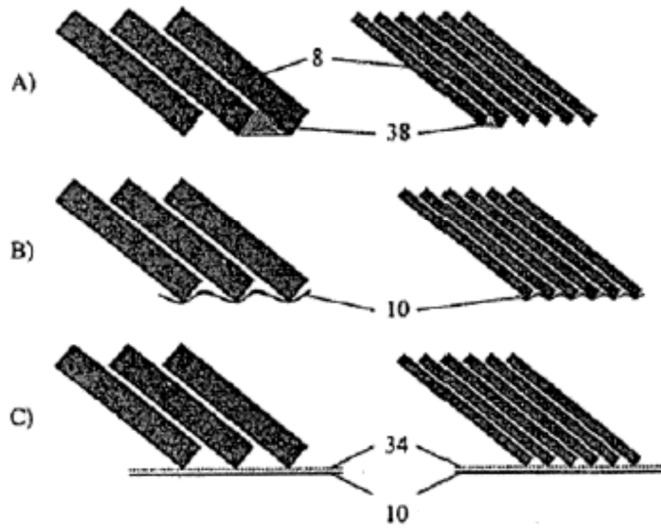


Figura 4

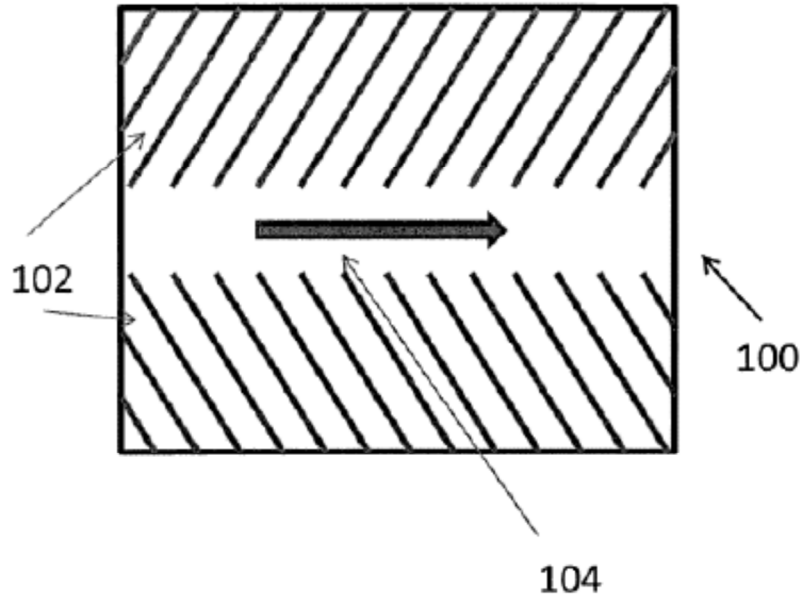


Figura 5