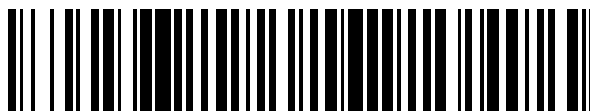


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 148**

51 Int. Cl.:

B32B 17/06 (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01)
B32B 5/14 (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)
B32B 5/28 (2006.01)
B32B 7/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.12.2013 PCT/US2013/077429**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2014 WO14109902**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2013 E 13870742 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2943336**

54 Título: **Compuesto laminado triaxial reforzado con fibras**

30 Prioridad:

10.01.2013 US 201361751088 P
14.03.2013 US 201313804489

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
14.11.2019

73 Titular/es:

WEI7 LLC (100.0%)
4910 Wakarusa Court, Suite B
Lawrence KS 66047, US

72 Inventor/es:

WETZEL, KYLE K.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 731 148 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

Compuesto laminado triaxial reforzado con fibras

5 **Antecedentes**

1. Ámbito

10 Las modalidades de ejemplo se refieren al compuesto laminado triaxial reforzado con fibras. Particularmente, las modalidades de ejemplo están dirigidas a la pala del rotor de la turbina eólica que incluye el material de compuesto laminado triaxial reforzado con fibras.

2. Descripción de la Invención

15 Las turbinas eólicas son dispositivos mecánicos que convierten la energía eólica en energía eléctrica. La Figura 1 es una vista de una turbina eólica convencional.

20 Como se muestra en la Figura 1, una turbina eólica convencional 10 incluye una torre 20 que soporta un generador 30 y una pluralidad de palas 40, denominadas también láminas de aire. El viento ejerce una fuerza sobre las palas 40 provocando que giren alrededor de un eje de rotación Z. El generador 30 convierte el movimiento de la pala en energía eléctrica. De esta manera, la turbina eólica 10 es capaz de convertir energía eólica en electricidad.

25 En la técnica convencional, los vientos excesivos, como por ejemplo, las ráfagas de viento, pueden provocar esfuerzos excesivos en las palas 40, el generador 30 y la torre 20. Para aliviar estos esfuerzos, algunas turbinas de viento convencionales incluyen accionadores que cambian una orientación de las palas. Otros sistemas convencionales utilizan palas que tienen una sección con flexión acoplada a torsión incorporada en la misma. Estos sistemas permiten que las palas 40 se tuerzan bajo cargas relativamente altas para reducir la cantidad de fuerza que el viento puede ejercer sobre las palas, reduciendo así el esfuerzo. Otros laminados reforzados con fibras se describen en EP2363342, US2012177872, US2003/091785, US2009/311930.

30 **RESUMEN**

35 Las modalidades de ejemplo se refieren a la carcasa para la pala, a la turbina de mástil o de marea, como se expone en la reivindicación 1. En particular, las modalidades de ejemplo se refieren a la pala del rotor de la turbina eólica que incluye la carcasa.

40 De acuerdo con las modalidades de ejemplo, la pala del rotor incluye una primera capa que tiene una primera pluralidad de fibras orientadas en un primer ángulo, una segunda capa que tiene una segunda pluralidad de fibras orientadas en un segundo ángulo, y una tercera capa que tiene una tercera pluralidad de fibras orientadas en un tercer ángulo. En las modalidades de ejemplo, el primer ángulo puede ser de 10 a 30 grados con relación al eje largo de la pala del rotor, el segundo ángulo es de 60 a 75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras, y el tercer ángulo es de -60 a aproximadamente -75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras.

45 De acuerdo con las modalidades de ejemplo, una estructura incluye una primera capa que tiene una primera pluralidad de fibras orientadas en un primer ángulo, una segunda capa que tiene una segunda pluralidad de fibras orientadas en un segundo ángulo y una tercera capa que tiene una tercera pluralidad de fibras orientadas en un tercer ángulo. En las modalidades de ejemplo, el primer ángulo puede ser de 10 a 30 grados con relación a un primer eje, el segundo ángulo es de 60 a 75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras, y el tercer ángulo es de -60 a -75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras.

50 De acuerdo con las modalidades de ejemplo, un compuesto laminado triaxial reforzado con fibras incluye una primera capa que tiene una primera pluralidad de fibras orientadas en un primer ángulo, una segunda capa que tiene una segunda pluralidad de fibras orientadas en un segundo ángulo, y una tercera capa que tiene una tercera pluralidad de fibras orientadas en un tercer ángulo. En las modalidades de ejemplo, el primer ángulo es de 10 a 30 grados con relación a un primer eje, el segundo ángulo es de 60 a 75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras y la tercera es de -60 a -75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras.

55 En las modalidades de ejemplo, el compuesto laminado triaxial reforzado con fibras puede ser parte de una tela híbrida cosida y el primer eje puede ser, pero no se limita a, una dirección de alabeo-rotación.

60 **Breve descripción de los dibujos**

65 Figura 1 es una vista convencional de una turbina eólica;
Figura 2 es una vista en perspectiva de una pala de acuerdo con las modalidades de ejemplo;
Figura 3 es una sección transversal de la pala de acuerdo con las modalidades de ejemplo;
Figura 4 es una vista esquemática de una porción de la pala de acuerdo con las modalidades de ejemplo;

Figuras 5A-5C son vistas parciales de una primera, segunda, y tercera capas que muestran las orientaciones de las fibras con relación a el eje Z que es el eje que recae a lo largo de la pala de acuerdo con las modalidades de ejemplo;

Figuras 6A y 6B son vistas de sección transversal de las palas de acuerdo con las modalidades de ejemplo; y

5 Figura 7 es una vista esquemática de una porción de la pala de acuerdo con las modalidades de ejemplo.

Descripción detallada

10 A continuación se describirán las modalidades de ejemplo de la invención con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, las modalidades de ejemplo no deben interpretarse como limitantes de la invención, ya que la invención puede ser incorporada en diferentes formas. Las modalidades de ejemplo ilustradas en las figuras se proporcionan de manera que esta descripción será exhaustiva y completa. En los dibujos, el tamaño de los componentes puede ser exagerado por razones de claridad.

15 En esta aplicación, cuando se hace referencia a un elemento que “está sobre,” “está adjunto a,” “se conecta a,” o “se acopla a” el otro elemento o a elementos intermedios que pueden estar presentes. Por otra parte, cuando se hace referencia a un elemento que “está directamente sobre,” “está directamente adjunto,” “está directamente conectado,” o esta “directamente acoplado” a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Tal como se utiliza aquí, el término de “y/o” incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los términos asociados y listados.

20 En esta aplicación, se utilizan los términos primero, segundo, etc. para describir diversos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones. Sin embargo, estos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones no deben estar limitados por estos términos, ya que estos términos solo se utilizan para distinguir a un elemento componente, región, capa y/o sección de otros elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones que pueden estar presentes. Por ejemplo, un primer elemento, componente, región, capa o sección que se describe a

25 continuación podría denominarse como un segundo elemento, componente, región, capa o sección.

En esta aplicación, los términos espaciales como “por debajo,” “debajo de,” “inferior,” “sobre,” “encima de,” y “superior” (y términos similares) son usados para facilitar la descripción para describir la relación de un elemento o característica con otro elemento(s) o característica(s). Sin embargo, no se pretende que la invención quede limitada por estos términos espaciales. Por ejemplo, si se da la vuelta a un ejemplo de la invención ilustrada en las figuras, los elementos descritos como “sobre” o “encima de” otros elementos o características se orientarían entonces “abajo” o “debajo de” de los otros elementos o características. Por lo tanto, el término espacial “sobre” puede abarcar tanto una orientación como por encima y por debajo. El dispositivo puede estar orientado de otro modo (por ejemplo, girado 45 grados, 90 grados, 180 grados, o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos que se utilizan aquí serán interpretados como corresponde.

40 En esta aplicación, se pueden describir las modalidades de ejemplo haciendo referencia a vistas en planta y/o vistas en sección transversal que pueden ser vistas esquemáticas ideales. Sin embargo, se entiende que las vistas pueden ser modificadas dependiendo de las tecnologías y/o tolerancias de fabricación. Por consiguiente, la invención no está limitada por los ejemplos ilustrados en las vistas, pero

45 puede incluir modificaciones en configuraciones formadas en base al proceso de fabricación. Por lo tanto, las regiones ilustradas en las figuras son esquemáticas y ejemplares y no limitan la invención.

50 La materia en cuestión de las modalidades de ejemplo, como se revela aquí, se describe con especificidad para cumplir los requisitos estatales. Sin embargo, la descripción misma no pretende limitar el alcance de este patente. Más bien, los inventores han contemplado que la materia en cuestión reivindicada también se puede realizar de otras maneras, para incluir diferentes características o combinaciones de características similares a las descritas en este documento, junto con otras tecnologías. En general, las modalidades de ejemplo se refieren a un compuesto laminado triaxial reforzado con fibras. En las modalidades de ejemplo, el compuesto laminado triaxial reforzado con fibras puede ser incorporado en varias estructuras tales como, pero sin limitarse a, una pala, por ejemplo una pala de rotor de una turbina eólica.

55 La Figura 2 es una vista en perspectiva de una pala 100 de acuerdo con las modalidades de ejemplo y la Figura 3 es una sección transversal de la pala 100 tomada a lo largo de la línea III-III. Como se muestra en la Figura 2, la pala 100 de ejemplo incluye un eje de cabeceo Z'-Z' que se extiende a lo largo de una longitud L de la pala 100.

60 En las modalidades de ejemplo, la pala 100 incluye una carcasa 110. La carcasa 110 es un material compuesto laminado reforzado con fibras que es constituido por una primera capa 112, una segunda capa 114 y una tercera capa 116. En las modalidades de ejemplo, cada una de la primera capa 112, la segunda capa 114, y la tercera capa 116 incluye una pluralidad de fibras. La primera capa 112 incluye una primera pluralidad de fibras que tiene un primer módulo de elasticidad, la segunda capa 114 incluye una segunda pluralidad de fibras que tiene un segundo módulo de elasticidad, y la tercera capa 116 tiene una tercera pluralidad de fibras que tiene un tercer módulo de elasticidad. Por ejemplo, la primera pluralidad de fibras puede incluir fibras de carbono que refuerzan una matriz de resina y la segunda y tercera pluralidades de fibras pueden ser matrices de resina reforzadas con fibras de E-Glass.

En las modalidades de ejemplo, el primer módulo de elasticidad es mayor que el segundo módulo de elasticidad y el tercer módulo de elasticidad. En las modalidades de ejemplo, el segundo módulo de elasticidad y el tercer módulo de elasticidad pueden ser iguales, sin embargo las modalidades de ejemplo no están limitadas a ello, ya que el segundo módulo de elasticidad puede ser diferente del tercer módulo de elasticidad. Sin embargo, los materiales mencionados no pretenden limitar las modalidades de ejemplo. Por ejemplo, en lugar de fibras de carbono, la primera pluralidad de fibras puede incluir fibras de S-Glass, poliamida aromática de alto módulo (es decir, aramida) o fibras de basalto. Como otro ejemplo, en lugar de usar fibras de E-Glass en la segunda y tercera pluralidades de fibras, la segunda y tercera pluralidades de fibras pueden incluir otras fibras de vidrio de módulo relativamente bajo tales como A-Glass, C-Glass o H-Glass, o aramida de bajo módulo, o fibras termoplásticas extruidas.

En las modalidades de ejemplo, la carcasa 110 se puede formar en un material de núcleo 105. El material de núcleo 105 puede estar compuesto de un material relativamente ligero. Ejemplos no limitativos del material de núcleo incluyen balsa de grano final, espuma de estireno acrilonitrilo (SAN), espuma de cloruro de polivinilo (PVC), y espuma de tereftalato de polietileno (PET). En las modalidades de ejemplo, puede incluirse en el material de núcleo una capa de fibras 150, por ejemplo, fibras de vidrio o carbón. La capa de fibras 150 puede tener fibras orientadas a lo largo de una longitud de la pala 100. En las modalidades de ejemplo, la capa de fibras 150 puede ser más corta que una longitud de cuerda CL de la pala 100 como se muestra en la Figura 3 o puede tener una longitud sustancialmente igual a la longitud de cuerda CL de la pala 100. En las modalidades de ejemplo, la capa de fibras 150 puede correr a lo largo de toda la longitud L de la pala o puede ocupar solamente una porción de la longitud L. En las modalidades de ejemplo, la capa de fibras 150 se puede omitir, por lo que la capa de fibras 150 no pretende ser una característica limitante de las modalidades de ejemplo.

En las modalidades de ejemplo, la primera pluralidad de fibras (que puede ser sustancialmente de fibras paralelas) se puede orientar a un ángulo θ_1 grados con relación al eje largo (también referido como el eje de cabeceo Z'-Z') de la pala 100. En las modalidades de ejemplo, la segunda pluralidad de fibras (que puede ser sustancialmente de fibras paralelas) está orientada alrededor de θ_2 grados con relación a la primera pluralidad de fibras, y la tercera pluralidad de fibras (que pueden ser sustancialmente de fibras paralelas) está orientada aproximadamente a $-\theta_2$ grados con relación a la primera pluralidad de fibras. Así, la primera, segunda y tercera pluralidades de fibras forman un ejemplo de un compuesto laminado triaxial reforzado con fibras. En las modalidades de ejemplo, θ_1 puede ser aproximadamente de 10° a alrededor de 30° y θ_2 puede ser de aproximadamente 60° a alrededor de 75° . La Figura 4 ilustra la pala que tiene diversas porciones retiradas para revelar las pluralidades de fibras asociadas con la primera capa 112, la segunda capa 114, y la tercera capa 116 de la carcasa 110. Las Figuras 5A-5C muestran una vista más detallada de los ángulos de las fibras asociados con la primera pluralidad de fibras en la primera capa 112, la segunda pluralidad de fibras en la segunda capa 114, y la tercera pluralidad de fibras en la tercera capa 116 con respecto al eje largo Z'-Z' de la pala 100.

En las modalidades de ejemplo, la segunda capa 114 puede estar sobre la primera capa 112, y la tercera capa 116 puede estar sobre la segunda capa 114 como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, el ordenamiento de las capas no pretende limitar las modalidades de ejemplo. De esta manera, las modalidades de ejemplo no se limitan a la disposición ilustrada en la Figura 3. Por ejemplo, en las modalidades de ejemplo, la primera capa 112 que tiene fibras del primer módulo orientadas a un ángulo θ_1 grados con relación al eje largo Z'-Z' puede estar entre la segunda capa 114 y la tercera capa 116, en donde la segunda capa 114 y la tercera capa 116 tienen fibras del segundo y tercer módulos y están orientadas a $+\theta_2$ grados con relación a la primera pluralidad de fibras y a $-\theta_2$ grados con relación a la primera pluralidad de fibras, respectivamente. De esta manera, en las modalidades de ejemplo, la primera capa 112 puede estar emparejada entre la segunda capa 114 y la tercera capa 116 como se muestra en la Figura 6A. Alternativamente, la primera capa 112 que tiene las fibras del primer módulo puede estar sobre la tercera capa 116 de manera que la tercera la capa 116 está emparejada entre la segunda capa 114 y la primera capa 112 como se muestra en la Figura 6B. En las modalidades de ejemplo, cada una de las capas puede estar directamente una sobre la otra, sin embargo las modalidades de ejemplo no se limitan a las mismas porque capas intermedias entre cada una de las primera, segunda y tercera capas 112, 114 y 116 pueden estar presentes. Por ejemplo, la segunda capa 114 puede estar directamente sobre la primera capa 112 y la tercera la capa 116 puede estar directamente sobre la segunda capa 114 como se muestra en la Figura 3. Alternativamente, la tercera capa 116 puede estar directamente sobre la primera capa 112 y la segunda capa 114 puede estar directamente sobre la tercera capa 116 como se muestra en la Figura 6B.

Las modalidades de ejemplo incluyen diversos ordenamientos de la primera capa 112, de la segunda capa 114, y la tercera capa 116 y los ejemplos específicos ilustrados en las figuras y descritos anteriormente no pretenden limitar la invención. Por ejemplo, si la capa exterior de la pala 100 es la tercera capa 116 (como se muestra en la Figura 3), la capa media del compuesto laminado triaxial reforzado con fibras de la pala 100 puede ser una de la primera capa 112 y la segunda capa 114, y la capa interior puede ser la otra de la primera capa 112 y la segunda capa 114. Como otro ejemplo, si la capa exterior de la pala 100 es la segunda capa 114, la capa media puede ser una de la primera capa 112 y la tercera capa 116, y la capa interior puede ser la otra de la primera capa 112 y la tercera capa 116. Incluso en otro ejemplo, si la capa exterior de la pala 100 es la primera capa 112, la capa media puede ser una de la segunda capa 114 y la tercera capa 116, y la capa interior puede ser la otra de la segunda capa 114 y la tercera capa 116.

Como se ilustra en lo que antecede, el compuesto laminado triaxial reforzado con fibras puede ser utilizado en la carcasa (revestimiento) de una pala. En las modalidades de ejemplo, el laminado podría ser utilizado sobre toda la extensión del revestimiento, o estar confinado a regiones distintas en una dirección de envergadura y/o en una dirección de cuerda. El compuesto laminado triaxial reforzado con fibras también se puede utilizar en las faldillas (también denominadas “cordones”) de uno o más largueros de los cuales se puede construir la pala. El laminado se puede utilizar para el largo de las faldillas de los largueros o solo para ciertas partes transversales. Además, se puede combinar el laminado con fibras tradicionales unidireccionales (0°) de carbono, vidrio u otro material en las faldillas de los largueros. Las modalidades de ejemplo no pretenden limitar una ubicación o función del laminado triaxial compuesto de la primera, segunda, y tercera capas 112, 114, y 116. Es decir, las modalidades de ejemplo no pretenden implicar que el laminado triaxial sea utilizable solamente en el revestimiento 110 de una pala de rotor porque el laminado triaxial puede estar dispuesto en otra ubicación de la pala del rotor o puede ser utilizado en una estructura diferente a una pala de rotor.

En las modalidades de ejemplo, el refuerzo de fibras triaxial puede ser formado por muchos métodos. Por ejemplo, el refuerzo de fibras triaxial se puede formar instalando una capa de fibras de carbono en el ángulo fuera del eje θ_1 , instalando una capa de fibras de vidrio en el ángulo apropiado θ_2 con relación a las fibras de carbono, y luego instalar una capa de fibras de vidrio en un tercer ángulo $-\theta_2$ con relación a las fibras de carbono. Otro ejemplo de fabricación del refuerzo de fibras triaxial puede incluir instalar una capa de fibras de carbono en el ángulo fuera del eje θ_1 e instalar una tela con fibras de vidrio en los ángulos apropiados, θ_2 y $-\theta_2$ (generalmente referido como tela $\pm \theta_2$) con la orientación nominal de cero de la tela paralela a las fibras de carbono. Incluso como otro ejemplo, el refuerzo de fibras triaxial se puede fabricar instalando una tela triaxial con fibras de carbono en el ángulo fuera del eje θ_1 y con fibras de vidrio en los ángulos apropiados θ_2 y $-\theta_2$ con relación a las fibras de carbono con la orientación nominal de cero de la tela triaxial paralela a un eje largo de la pala. Incluso como otro ejemplo, el refuerzo de fibras triaxial se puede fabricar instalando una tela triaxial con fibras de carbono en 0° y con fibras de vidrio en los ángulos apropiados θ_2 y $-\theta_2$ con relación a las fibras de carbono, con la orientación nominal de cero de la tela triaxial alineada paralelamente a un ángulo θ_1 con respecto al eje largo de la pala. En las modalidades de ejemplo, se puede usar una costura de punto cruz nominalmente no estructural, de peso muy ligero, para mantener junta la construcción de la tela biaxial o triaxial.

En las modalidades de ejemplo, las estructuras como la carcasa de una pala o las faldillas de los largueros que incorporan el refuerzo de fibras triaxial se pueden fabricar en una pieza grande, en múltiples piezas que son subsiguientemente ensambladas, en subcomponentes que están pre-moldeados e incorporados en estructuras subsiguientes, o en otras configuraciones.

En las modalidades de ejemplo, un núcleo (e incluso un larguero, por ejemplo, un larguero de fibra de carbono o de vidrio) de una pala de una turbina eólica puede estar emparedada entre capas del material compuesto triaxial reforzado con fibras. Sin embargo, las modalidades de ejemplo no están limitadas a ello, ya que el material compuesto triaxial reforzado con fibras simplemente puede ser aplicado solo a un exterior de una pala de una turbina eólica o solo a un interior de la pala de una turbina eólica.

En las modalidades de ejemplo, las estructuras, subestructuras o los componentes que contienen el refuerzo de fibras triaxial podrían ser pre-humectados con resina líquida ya sea mecánicamente o a mano e instalada dentro o en el molde. El refuerzo de fibras triaxial podría ser instalado dentro o en un molde de pala como fibras secas que posteriormente se infunden o inyectan con una resina líquida y se curan en una estructura sólida. El refuerzo de fibras triaxial podría ser instalado dentro o en un molde de pala como fibras o como una tela pre-impregnada con resina (denominada “preg”) y subsecuentemente curada con la aplicación de calor y/o presión.

En las modalidades de ejemplo, las fibras pueden estar dispuestas de tal manera que cuando la pala se ve en una dirección de forma plana, las fibras fuera del eje en carcasas opuestas parecen correr más o menos en la misma dirección (véase la Figura 7). Una pala construida de esta manera se deformará torsionalmente alrededor del eje Z' cuando la pala se doble perpendicularmente al eje Z' en reacción a cargas de dinámica de fluidos.

Por lo tanto, las modalidades de ejemplo están dirigidas a una pala de una turbina eólica. Sin embargo, las modalidades de ejemplo no están limitadas a ello. Por ejemplo, cualquier estructura en voladizo sujeta a cargas de dinámica de fluidos (por ejemplo, turbinas de marea, palas de giroaviones, y velas de mástil) pueden incluir el material compuesto triaxial reforzado con fibras.

La Tabla 1 proporciona algunas propiedades teóricas así como propiedades medidas de un compuesto laminado triaxial reforzado con fibras de acuerdo con las modalidades de ejemplo. Las propiedades teóricas se calcularon utilizando la teoría clásica de laminados (CLT) y el método de los elementos finitos (MEF). El espécimen particular de ensayo tenía una densidad de 900g/m^2 y estaba compuesto de 500g/m^2 de fibra de carbono en una dirección de 0° y 400g/m^2 de un refuerzo de E-Glass a $\pm 70^\circ$ con respecto a las fibras de carbono. Como se puede ver en la Tabla 1, las propiedades medidas, en algunos aspectos, están de acuerdo con los resultados teóricos. Por ejemplo, los módulos de tracción calculados (paralelos a las fibras de carbono y perpendiculares a las fibras de carbono) así como el módulo de elasticidad transversal en plano, son sustancialmente iguales. Sin embargo, otras propiedades, tales como las resistencias de tracción reales y las resistencias de corte eran significativamente más altas de lo

esperado. Quizás el resultado más sorprendente e inesperado fue el aumento de más de 3,5 en la resistencia a la fatiga que es muy importante para estructuras tales como las palas de las turbinas eólicas.

Tabla 1

Propiedad mecánica	Valor Estimado	Valor Medido
Módulo de tracción, paralelo a las fibras de carbono	77 GPa	75 GPa
Módulo de tracción, perpendicular a las fibras de carbono	17 GPa	16.9 GPa
Módulo de elasticidad transversal en plano	5.1 GPa	5.1 GPa
Resistencia a tracción, paralelo a las fibras de carbono	675 MPa	1100 MPa
Resistencia a compresión, paralelo a las fibras de carbono	540 MPa	750 MPa
Resistencia a tracción, perpendicular a las fibras de carbono	200 MPa	263 MPa
Resistencia al corte en plano	110 MPa	133 MPa
Relación de la resistencia al corte en plano al módulo	2.16 %	2.61 %
Resistencia a la fatiga a 1 millón de ciclos	225 MPa	820 MPa

5 Las modalidades de ejemplo de la invención se han descrito de manera ilustrativa. Se debe entender que la terminología que se ha utilizado se pretende que sean palabras en la naturaleza de descripción más bien que de limitación. Muchas modificaciones y variaciones de las modalidades de ejemplo son posibles ante las enseñanzas anteriores. Por lo tanto, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la presente invención puede llevarse a la

10 práctica de diferente manera a la específicamente descrita.

REIVINDICACIONES

1. Una carcasa adecuada para una pala, una turbina de mástil o marea, una carcasa que incluye un compuesto laminado triaxial reforzado con fibras que comprende:

una primera capa (112) constituida por una primera pluralidad de fibras;
una segunda capa (114) constituida por una segunda pluralidad de fibras orientadas en un primer ángulo de 60 a 75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras; y
una tercera capa (116) constituida por una tercera pluralidad de fibras orientadas en un segundo ángulo de -60 a -75 grados con relación a la primera pluralidad de fibras, en donde un módulo de elasticidad de las fibras de la primera pluralidad de las fibras es mayor que un módulo de elasticidad de las fibras de la segunda pluralidad de las fibras, y un módulo de elasticidad de las fibras de la primera pluralidad de las fibras es mayor que un módulo de elasticidad de las fibras de la tercera pluralidad de las fibras.

2. La carcasa de la reivindicación 1, en la que

la primera pluralidad de las fibras está constituida por al menos una de las fibras de carbono, S-Glass, poliamida aromática de alto módulo, y fibras de basalto;
la segunda pluralidad de las fibras está constituida por al menos un E-Glass, A-Glass, C-Glass, H-Glass, una aramida de bajo módulo, y una fibra termoplástica extruida; y
la tercera pluralidad de fibras está constituida por al menos un E-Glass, A-Glass, C-Glass, G-Glass, una aramida de bajo módulo, y una fibra termoplástica extruida.

3. La carcasa de la reivindicación 1, en la que la primera capa (122) está entre la segunda capa (114) y la tercera capa (116).

4. La carcasa de la reivindicación 3, en la que un lado de la primera capa (112) está directamente sobre la segunda capa (114) y el otro lado de la primera capa (112) está directamente sobre la tercera capa (116).

5. La carcasa de la reivindicación 1, en la que la segunda capa (112) está entre la primera capa (112) y la tercera capa (116).

6. La carcasa de la reivindicación 5, en la que un lado de la segunda capa (114) está directamente sobre la primera capa (112) y el otro lado de la segunda capa (114) está directamente sobre la tercera capa (116).

7. La carcasa de la reivindicación 1, en la que las magnitudes del primer ángulo y el segundo ángulo son sustancialmente iguales.

8. La carcasa de la reivindicación 1, en la que

las densidades (en g/m²) de la segunda y tercera pluralidades de fibras son aproximadamente iguales, la densidad (en g/m²) de la segunda pluralidad de fibras es menor que alrededor de la mitad de la densidad (en g/m²) de la primera pluralidad de fibras, la densidad (en g/m²) de la tercera pluralidad de fibras es menor que alrededor de la mitad de la densidad (en g/m²) de la primera pluralidad de fibras, y
el módulo de elasticidad de la segunda pluralidad de fibras es aproximadamente el mismo que el módulo de elasticidad de la tercera pluralidad de fibras.

9. La carcasa de la reivindicación 1, en la que

la primera pluralidad de fibras está constituida por fibras de carbono y tiene una densidad de 500 g/m², la segunda pluralidad de fibras que está constituida por E-Glass y tiene una densidad de 200 g/m², la tercera pluralidad de fibras que está constituida por E-Glass y tiene una densidad de 200 g/m², el primer ángulo es 70 grados, y el segundo ángulo es -70 grados.

10. Una pala de una turbina eólica constituida por:

la carcasa de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 que cubre al menos una porción de la pala.

11. La pala de una turbina eólica de la reivindicación 10, en la que la primera pluralidad de fibras está inclinada desde un eje largo de la pala de una turbina eólica por 10 a 30 grados.

12. La pala de una turbina eólica de la reivindicación 10, en la que la primera pluralidad de fibras está orientada a un ángulo θ_1 grados con relación a el eje largo que es el eje de cabeceo Z'-Z' de la pala, y, la segunda pluralidad de fibras está orientada aproximadamente θ_2 grados con relación a la primera pluralidad de fibras, y la tercera pluralidad de fibras está orientada aproximadamente $-\theta_2$ grados con relación a la primera pluralidad de fibras.

Figura 1

TÉCNICA CONVENCIONAL

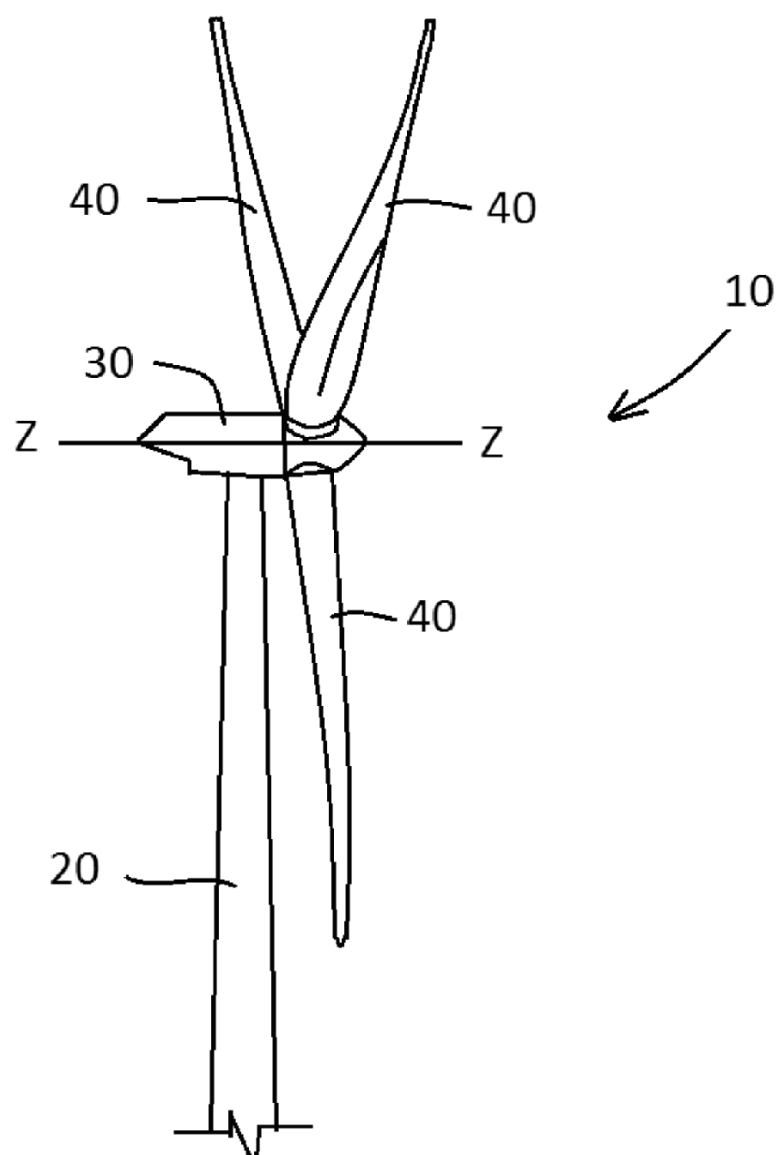


Figura 2

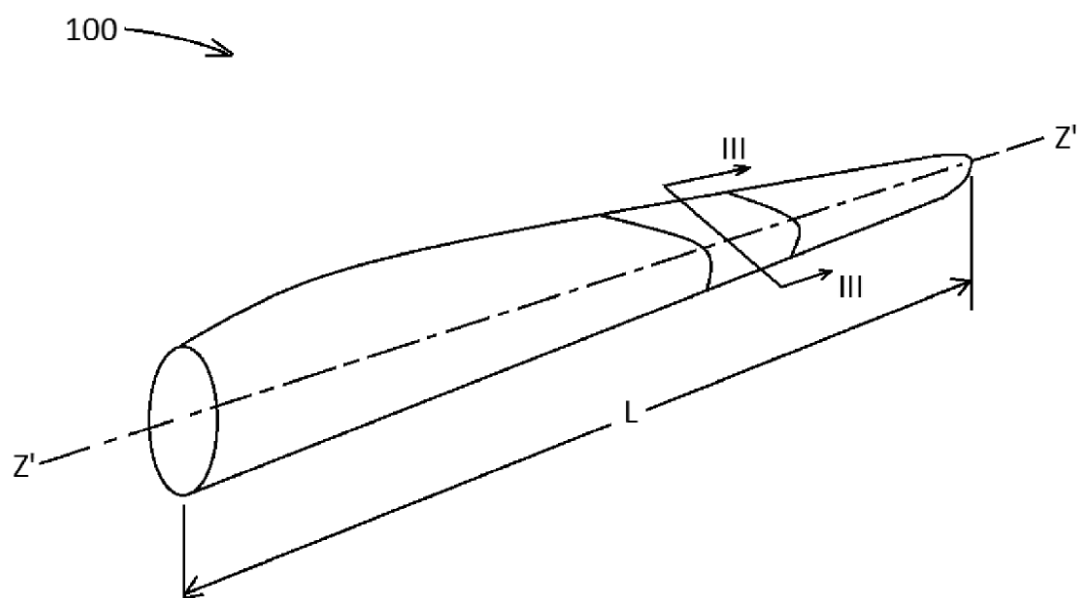


Figura 3

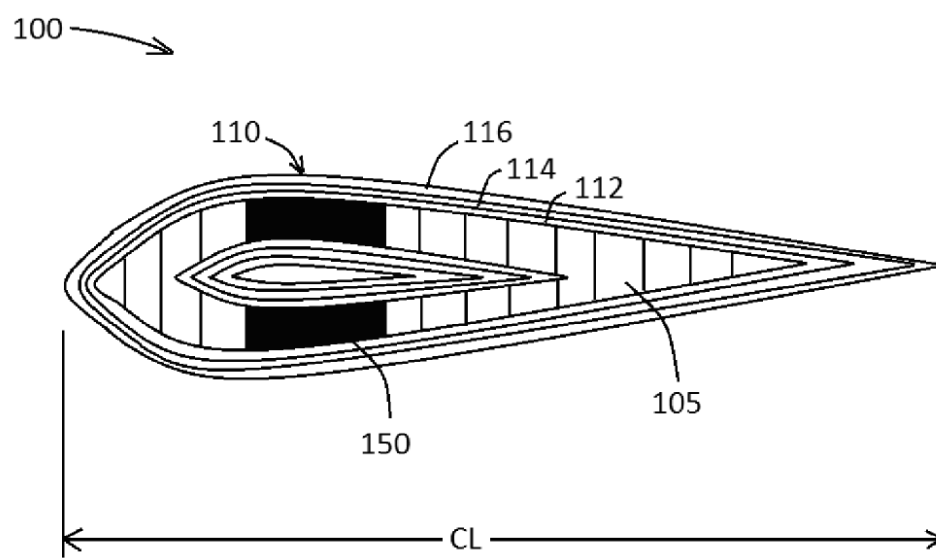


Figura 4

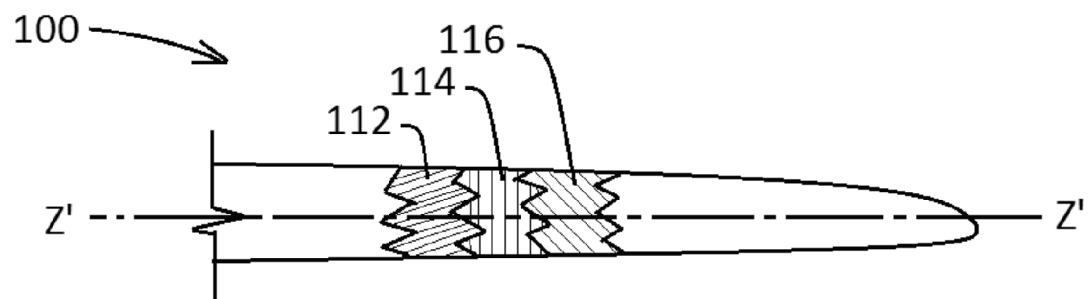


Figura 5A

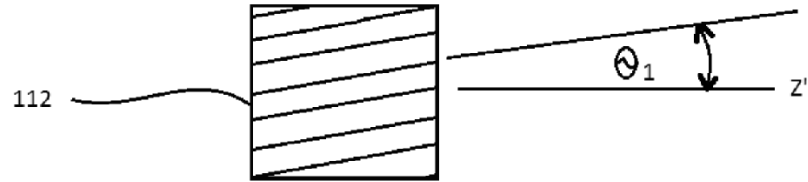


Figura 5B

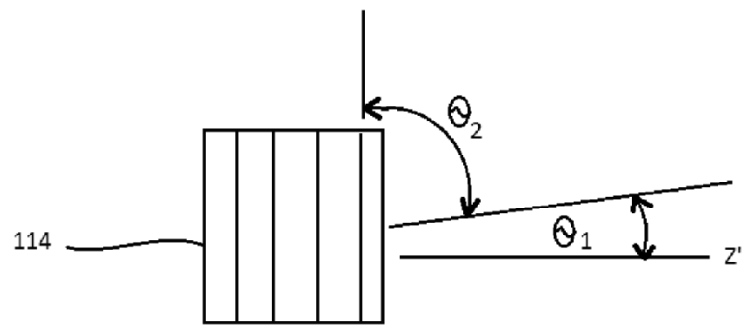


Figura 5C

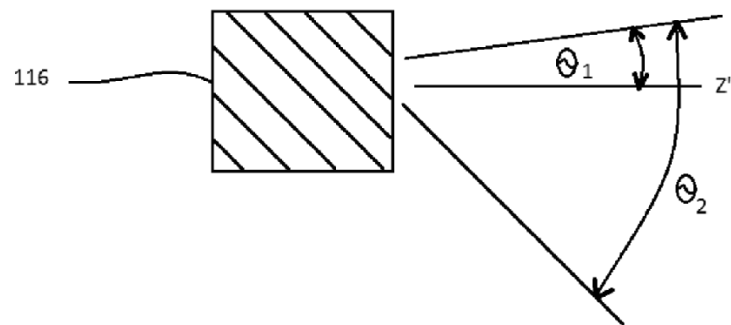


Figura 6A

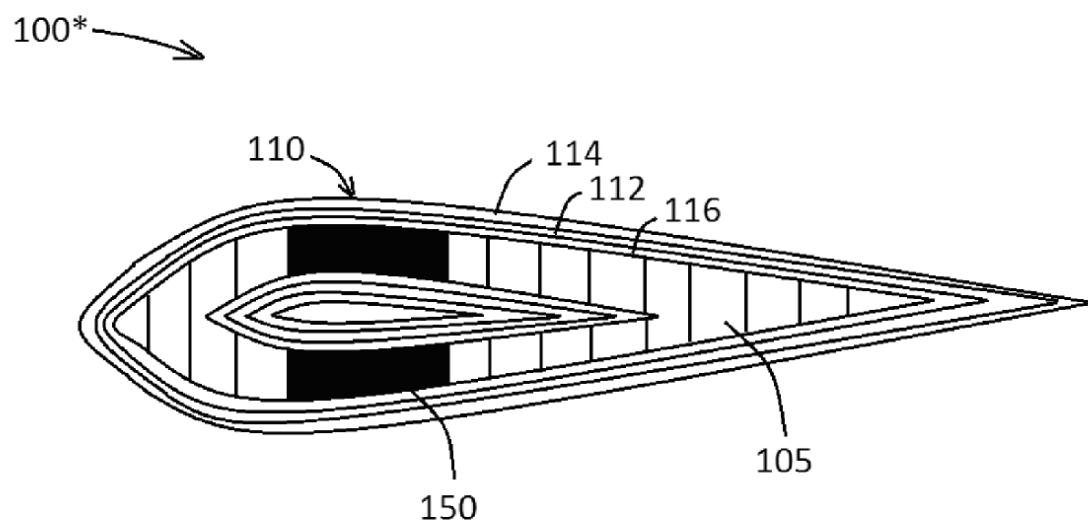


Figura 6B

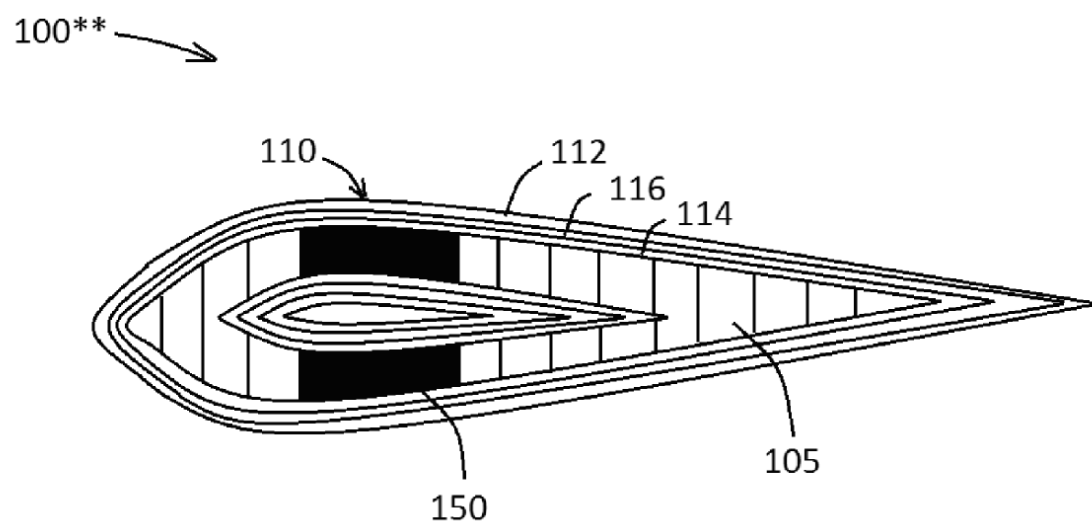


Figura 7

