

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 614 513**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2011 PCT/EP2011/061622**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2012 WO12004383**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2011 E 11730317 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2591229**

54 Título: **Junta de material compuesto con reducción de muescas**

30 Prioridad:

08.07.2010 EP 10168803

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

31.05.2017

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

NIELSEN, LARS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 614 513 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

Junta de material compuesto con reducción de muescas

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica y se refiere también a una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica.

Antecedentes

10 Normalmente, una pala de turbina eólica para una turbina eólica comprende una carcasa aerodinámica hecha por dos partes de carcasa y al menos una viga, normalmente dos o tres vigas, colocadas entre las partes de carcasa y adheridas al lado interior de las partes de carcasa por encolado. Las vigas tienen una función de refuerzo para la pala de turbina durante el funcionamiento. Las carcasas están a menudo conectadas entre sí en un borde de salida y un borde de ataque y normalmente unidas mediante encolado, alternativamente, las partes de carcasa pueden formarse de manera solidaria. La pala comprende además laminados en las carcasas para reforzar estas carcasas. Las vigas absorben grandes fuerzas durante el funcionamiento de las palas. Especialmente las zonas próximas a donde las vigas están conectadas al interior de las carcasas están sometidas a cargas pesadas que pueden dar como resultado la fractura en las vigas.

15 El documento WO 2008/086805 da a conocer una pala de turbina eólica dotada de un suelo de refuerzo interior entre el borde de salida y el borde de ataque para mejorar la resistencia contra la deformación de la carcasa. Esta solución aumenta la complejidad de la estructura y por tanto también la complejidad de fabricación de la pala.

20 El documento US 5375324 da a conocer una pala de turbina eólica dotada de vigas en forma de I que se extienden longitudinalmente conectadas a una cara interior de las mitades de carcasa de pala. Las vigas en forma de I están hechas de polímero reforzado con fibras y no están dotadas de un núcleo de viga de un material de núcleo.

25 El documento WO 2010/023140 da a conocer una pala de turbina eólica dotada de un larguero de caja que se extiende longitudinalmente que tiene caras opuestas encoladas a caras interiores de mitades de carcasa de pala, teniendo las juntas encoladas superficies de línea frontal cóncavas para proporcionar un efecto de reducción de muescas en las juntas encoladas.

El documento JP 61192864 da a conocer una pala de turbina eólica formada por tres partes de carcasa mutuamente conectadas mediante un adhesivo, y una viga longitudinal conectada a caras interiores opuestas del cuerpo de carcasa formado de las tres partes de carcasa.

30 Finalmente, se conoce una pala de turbina eólica esencialmente tal como se menciona en el preámbulo de la reivindicación 1.

Divulgación de la invención

35 Un primer aspecto de la presente invención es al menos parcialmente superar las desventajas de la técnica anterior mencionadas anteriormente y proporcionar una pala de turbina eólica, en la que se reduce el riesgo de fractura y fallo de la viga. Estos aspectos y las ventajas se hacen evidentes a partir de la descripción a continuación y se obtienen mediante una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que comprende un contorno perfilado formado por un cuerpo de carcasa hueco hecho de resina reforzada con fibras, en el que el cuerpo de carcasa hueco comprende una primera parte de cuerpo de carcasa y una segunda parte de cuerpo de carcasa que están interconectadas y al menos una viga prefabricada que se extiende longitudinalmente que tiene una sección transversal en forma de I y que está formada por resina reforzada con fibras que comprende numerosas capas de fibras, comprendiendo dicha viga un primer reborde de viga y un segundo reborde de viga y un cuerpo de viga que se extiende entre los rebordes, comprendiendo dicho cuerpo de viga un núcleo de viga que tiene una primera y una segunda caras laterales exteriores mutuamente interseparadas y una primera y una segunda caras de extremo mutuamente interseparadas, estando cubierta cada una de las caras laterales por un alma de polímero reforzado con fibras, estando cubierta la primera cara de extremo por polímero reforzado con fibras del primer reborde de viga y estando cubierta la segunda cara de extremo por polímero reforzado con fibras del segundo reborde de viga, estando el cuerpo de viga formado de manera solidaria con y conectado al primer reborde de viga por dos primeras zonas de transición opuestas que comprenden resina reforzada con fibras y formado de manera solidaria con y conectado al segundo reborde de viga por dos segundas zonas de transición opuestas que comprenden resina reforzada con fibras, estando conectado el primer reborde de viga a una superficie interior de la primera parte de carcasa y estando conectado el segundo reborde de viga a una superficie interior de la segunda parte de carcasa, en el que las zonas de transición comprenden medios de reducción de muescas que comprenden una conexión redondeada o biselada entre cada una de las caras laterales y cada una de las caras de extremo adyacentes del

núcleo de viga.

5 Las pruebas han mostrado que proporcionando las zonas de transición con medios de reducción de muescas formados de esquinas redondeadas o biseladas del núcleo de viga, es posible transferir fuerzas desde las almas a los rebordes sin ningún riesgo de fallo y fractura en las zonas de transición, ya que las zonas de transición pueden absorber las fuerzas. Mediante esta construcción, la carga de las juntas entre las partes de cuerpo de carcasa de la pala se reduce en los bordes de ataque y salida. El riesgo de fallo, tal como el pandeo, también se reduce.

En una realización de la invención, en las zonas de transición las capas de fibra de cada alma continúan al interior del reborde adyacente a través de un recorrido cóncavo en una parte de reborde conectada al alma que tiene una superficie exterior curvada de manera cóncava.

10 Por tanto, el recorrido cóncavo de las capas de fibra de la parte de reborde conectada al alma proporciona una reducción de muescas y por tanto reduce o elimina el riesgo de fractura o fallo de la viga.

15 Según una realización adicional en las zonas de transición una cámara interior que aloja resina está formada entre una primera superficie interior definida por una conexión redondeada o biselada entre una cara lateral y una cara de extremo del núcleo de viga definido por capas de fibra que cubren la dicha conexión, una segunda superficie interior definida por las capas de fibra de la parte de reborde conectada al alma y una tercera superficie interior definida por las capas de fibra del reborde adyacente.

La estructura de una cámara junto con un recorrido inclinado o redondeado proporciona un efecto de reducción de muescas significativo. La viga podrá transferir fuerzas grandes en comparación con el modo convencional de construir la zona de transición.

20 En otra realización de la invención, un radio de curvatura de la segunda superficie interior es una función del espesor del núcleo de viga, dicho radio de curvatura aumenta cuando el espesor del núcleo de viga entre las caras laterales de la misma aumenta.

25 Según una realización de la invención, un radio de curvatura de la primera superficie, es decir la esquina redondeada del núcleo, es una función del espesor del núcleo de viga entre las caras laterales del mismo, aumentando dicho radio curvado cuando aumenta el espesor del núcleo de viga.

En una realización adicional, toda la superficie del núcleo de viga incluyendo las caras laterales, las caras de extremo y la conexión redondeada o biselada entre cada cara de extremo y cada cara lateral están cubiertas por capas de fibra.

30 Como resultado, las capas de fibra que cubren la superficie exterior, especialmente la esquina redondeada o biselada del núcleo, proporcionan un efecto de reducción de muescas.

En otra realización de la invención, la cámara comprende relleno embebido en la resina.

Proporcionando relleno en la cámara, la resistencia de la zona de transición aumenta ya que el relleno garantiza que se reduce el riesgo de zonas secas.

35 En una realización adicional de la invención, el relleno comprende una cuerda que se extiende longitudinalmente por ejemplo que comprende fibras de vidrio, y preferiblemente que se dispone en la primera superficie interior.

De este modo, el relleno se coloca o dispone de manera fácil. Sin embargo, también podría usarse residuo de vidrio en varias formas geométricas, tales como polvo, partículas pequeñas, redondeadas o con bordes. Usando un relleno tal, se reduce el riesgo de zonas con puntos secos.

40 En una realización adicional de la invención, el relleno es una cuerda unidireccional. Otra cuerda que puede usarse es una cuerda de fibra tejida o trenzada.

Usando una cuerda como relleno, se reduce el riesgo de fractura ya que este material tiene una resistencia suficiente.

En una realización de la invención, el diámetro de la cuerda de fibra es de 6-15 mm, preferiblemente 9-12 mm.

45 El diámetro de la cuerda de fibra depende de un ángulo entre la primera superficie y la tercera superficie, cuanto mayor es el ángulo, mayor es el diámetro.

5 En una realización adicional de la invención, el cuerpo de carcasa hueco es un contorno de perfil en la dirección radial y se divide en una zona de raíz con un perfil sustancialmente circular o elíptico más próximo al buje, una zona de superficie aerodinámica con un perfil de generación de elevación más lejano del buje, y preferiblemente una zona de transición entre la zona de raíz y la zona de superficie aerodinámica, teniendo la zona de transición un perfil que cambia gradualmente en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la zona de raíz hasta el perfil de generación de elevación de la zona de superficie aerodinámica.

En una realización adicional de la invención, la conexión entre la cara interior de los cuerpos de carcasa y los rebordes de la viga se proporciona mediante un agente de unión, tal como cola.

10 En una realización de la invención, el material de relleno y/o el material de fibra de la viga comprende fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de acero, fibras de aramida o de plantas.

En otra realización de la invención, la primera parte de cuerpo de carcasa forma parte de un lado de presión, y la segunda parte de carcasa puede formar parte del lado de aspiración.

En una realización adicional de la invención la cámara es triangular en sección transversal.

15 Según otra realización de la invención, el núcleo de viga está hecho de un material que tiene una menor densidad que el polímero reforzado con fibras, preferiblemente una menor densidad que el polímero.

En todavía otra realización de la invención, el núcleo de viga está hecho de un material espumado, tal como un polímero espumado, o de madera de balsa.

En una realización adicional de la invención la viga es sustancialmente simétrica alrededor de un plano central longitudinal.

20 En una realización adicional de la invención, la viga está fabricada por transferencia de resina asistida por vacío (VARTM).

En otra realización de la invención, la viga se fabrica usando materiales de fibra preimpregnados con resina (prepreg).

25 Según una realización las conexiones entre al menos una de las caras de extremo y las caras laterales adyacentes del núcleo de viga están formadas por una sección de un círculo que se extiende entre las caras laterales, especialmente un semicírculo tal como se ve en sección transversal.

Según una realización adicional las caras laterales del núcleo de viga son esencialmente paralelas.

En una realización de la invención las caras laterales del núcleo de viga convergen la una hacia la otra desde la primera hacia la segunda cara de extremo.

30 Según una realización adicional la pala tiene una longitud de al menos 35, 40, 45, 50, 55 o 60 metros.

En una realización adicional de la invención, la distancia entre la primera superficie de núcleo lateral exterior y la segunda superficie de núcleo lateral exterior aumenta hacia el primer reborde de viga y hacia el segundo reborde de viga.

35 El radio de curvatura de la superficie exterior de la parte de reborde conectada al alma es preferiblemente al menos un décimo y más preferiblemente entre aproximadamente un décimo de y cuatro veces la anchura del núcleo entre las caras laterales del mismo en la zona de la parte de reborde conectada al alma.

40 La longitud de los biseles o el radio de la curvatura de las redondeces del núcleo de viga es preferiblemente al menos un décimo y más preferiblemente entre aproximadamente un décimo de y la mitad de la anchura del núcleo de viga entre las superficies laterales del mismo en la zona del bisel o redondez. Por tanto, en una realización el radio de curvatura es la mitad de la anchura del núcleo, es decir la cara de extremo del núcleo es un semicírculo.

Breve descripción del/de los dibujo(s)

La invención se explica en detalle a continuación con referencia al/a los dibujo(s) adjunto(s), en el/los que la figura 1 muestra una turbina eólica,

la figura 2 muestra una vista en perspectiva de una pala de turbina eólica convencional,

la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica,

la figura 4 muestra una pala de turbina eólica, que se ha cortado,

5 la figura 5 es una sección transversal de una parte de una pala de turbina eólica y una viga de refuerzo según la invención, y

la figura 6 es una sección transversal de una parte de una viga de refuerzo que muestra detalles de zonas de transición.

Descripción detallada de la invención

10 La figura 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderno convencional según el denominado “concepto danés” con una torre 27, una góndola 28 y un rotor 2 con un árbol 4 de rotor sustancialmente horizontal. El rotor 2 incluye un buje 5 y tres palas 1 que se extienden radialmente desde el buje 5, teniendo cada una raíz 30 de pala más próxima al buje, y una punta 29 de pala más distante del buje 5.

15 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 38 de superficie aerodinámica de una pala típica de una turbina eólica ilustrada con los varios parámetros, que normalmente se usan para definir la forma geométrica de una superficie aerodinámica. El perfil 38 de superficie aerodinámica tiene un lado 6 de presión y un lado 7 de aspiración, que durante el uso, es decir durante la rotación del rotor, normalmente se orienta hacia el lado de barlovento y el lado posterior, respectivamente. La superficie 38 aerodinámica tiene una cuerda 11 con una longitud 34 de cuerda que se extiende entre un borde 9 de ataque y un borde 10 de salida de la pala. La superficie 38 aerodinámica tiene un espesor 35, que se define como una distancia entre el lado 6 de presión y el lado 7 de aspiración. El espesor 35 de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 11.

20 Tal como puede verse en la figura 2, la pala 1 convencional comprende una zona 31 de raíz más cercana al buje, una zona 33 de superficie aerodinámica más distante del buje, y una zona 32 de transición entre la zona 31 de raíz y la zona 33 de superficie aerodinámica. La pala 1 comprende el borde 9 de ataque orientado en la dirección de rotación de la pala 1 cuando la pala se monta en el buje, y el borde 6 de salida orientado en la dirección opuesta al borde 9 de ataque. La zona 33 de superficie aerodinámica tiene una forma de pala ideal o casi ideal, mientras que la zona 31 de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce cargas de tormenta y hace que sea fácil y seguro montar la pala 1 en el buje. Preferiblemente, el diámetro de la zona 31 de raíz es constante a lo largo de toda la zona 31 de raíz. La zona 32 de transición tiene una forma, que cambia gradualmente desde la forma circular de la zona 31 de raíz hasta el perfil de superficie aerodinámica de la zona 33 de superficie aerodinámica. La anchura de la zona 32 de transición aumenta de manera sustancialmente lineal con la distancia creciente desde el buje.

25 La zona 33 de superficie aerodinámica tiene un perfil de superficie aerodinámica con un plano 11 de cuerda que se extiende entre el borde 9 de ataque y el borde 10 de salida de la pala 1. La anchura del plano de cuerda disminuye con la distancia L creciente desde la zona 31 de raíz. Debe observarse que el plano de cuerda no es necesariamente recto en toda su extensión ya que la pala puede torcerse y/o curvarse, proporcionando por tanto un plano de cuerda con un recorrido torcido y/o curvado en correspondencia. A menudo las palas se tuercen para compensar que la velocidad local de la pala depende del radio desde el buje. Debido a la sección transversal circular, la zona 31 de raíz no contribuye a la producción de la turbina eólica y, de hecho, disminuye un poco la producción debido a la resistencia del viento.

30 La figura 4 muestra una vista en perspectiva de una pala 1, que se ha cortado para mostrar la posición de dos vigas 15 de refuerzo. La pala 1 comprende una sección 30 de raíz y una punta 29 de pala, y entre las mismas la zona 32 de transición y la zona 33 de superficie aerodinámica. La pala 1 comprende una primera parte 13 de cuerpo de carcasa y una segunda parte 14 de cuerpo de carcasa, que están conectadas entre sí en un borde 9 de ataque y un borde 10 de salida. Las vigas 15 de refuerzo se disponen entre las dos partes 13, 14 de cuerpo de carcasa. En la realización ilustrada, las vigas 15 se colocan sustancialmente paralelas y cada una comprende un primer reborde 16a de viga conectado a la superficie 18 de viga de la primera parte 13 de cuerpo de carcasa y el segundo reborde 16b de viga conectado a la superficie interior 20 de la segunda parte 14 de cuerpo de carcasa. Las vigas están conectadas a las partes de carcasa mediante encolado. Las vigas se colocan en la zona 32 de transición y al menos una parte de la zona 33 de superficie aerodinámica. La pala se fabrica de un modo convencional y mediante un material tal como un material compuesto que consiste en polímero reforzado con fibras. El polímero puede ser una resina, tal como poliéster, éster vinílico o epoxi. Las fibras pueden ser cualquier tipo adecuado de fibras, tales como fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de acero, bambú o madera o cualquier combinación de las mismas.

La figura 5 es una sección transversal de una viga 15 de refuerzo según una realización de la invención y muestra

- 5 detalles de una de las vigas 15 mostradas en la figura 4. La viga 15 comprende un núcleo 22 de viga, que está hecha ventajosamente de un material de espuma. El núcleo 22 de viga se define por una primera superficie 24a de núcleo lateral exterior, una segunda superficie 24b de núcleo lateral exterior opuesta, una primera cara 52 de extremo de núcleo exterior y una segunda cara 53 de extremo de núcleo exterior también colocadas opuestas entre sí y que conectan las superficies 24a, 24b de núcleo primera y segunda. La sección transversal del núcleo 22 de viga es esencialmente rectangular con esquinas redondeadas o biseladas. Las superficies 24a, 24b de núcleo exteriores primera y segunda están cubiertas por un alma 50a, 50b, estando formada el alma de una resina reforzada con fibras que comprende numerosas capas de fibra.
- 10 La primera 52 y segunda 53 caras de extremo de núcleo definen superficies 36a, 36b interiores de los respectivos rebordes 16a, 16b de viga, estando hechos los rebordes de viga de un material de resina reforzada con fibras que comprende numerosas capas de fibra.
- 15 El núcleo 22 de viga y las almas 50 forman un cuerpo 17 de viga. El primer reborde 16a de viga y el segundo reborde 16b de viga comprenden una superficie 37a y 37b exterior, respectivamente, orientada hacia el interior de las partes de cuerpo de carcasa primera y segunda, respectivamente, y las superficies interiores opuestas de los rebordes 36a, 36b apoyan la primera 52 y segunda 53 caras de extremo de núcleo del núcleo de viga.
- 20 Las superficies 37a y 37b exteriores de los rebordes 16a, 16b están unidas a las superficies 18, 20 interiores de las carcasas mediante una cola 26 o un agente de unión similar. Los rebordes 16 de viga podrían disponerse simétricamente alrededor de los ejes longitudinales del núcleo 22 de viga. Mediante una construcción tal, podría ser más fácil colocar los rebordes y la viga de refuerzo de manera correcta en relación a las partes de cuerpo de carcasa y garantizar que se aplique la cola suficiente.
- 25 En la zona entre el cuerpo 17 de viga y los respectivos rebordes 16a, 16b de viga, el cuerpo de viga está conectado al primer reborde 16a de viga mediante dos primeras zonas 32a de transición opuestas que comprenden polímero reforzado con fibras. De manera correspondiente, el cuerpo de viga está conectado al segundo reborde 16b de viga mediante dos segundas zonas 32b de transición opuestas que comprenden polímero reforzado con fibras. Las zonas 32 de transición transfieren las fuerzas entre el cuerpo 17 de viga y los rebordes 16a, 16b de viga y comprenden medios de reducción de muescas mediante los que se reduce el riesgo de fractura de la viga. Las primeras zonas 32a de transición se definen como zonas de transición más cercanas a la primera parte 13 de cuerpo de carcasa, y las segundas zonas 32b de transición se definen como zonas de transición más cercanas a la segunda parte 14 de cuerpo de carcasa.
- 30 Cada una de las zonas 32a, 32b de transición primera y segunda comprenden una zona 39 de transición exterior y una zona 40 de transición interior. La zona 39 de transición exterior comprende una zona de reborde situada entre la superficie exterior del reborde y el alma 50, denominada parte 54 de reborde conectada al alma, y está conectada de manera solidaria con el alma 50 que cubre la viga 22 de núcleo mediante polímero reforzado con fibras. En otras palabras, capas de fibra del alma se extienden al interior del reborde. La superficie 51 exterior de la parte 54 de reborde conectada al alma está curvada de manera cóncava con un radio de la curvatura que depende del espesor del alma 50. El radio de curvatura de la superficie 51 exterior es preferiblemente al menos un décimo y más preferiblemente entre aproximadamente un décimo de y aproximadamente cuatro veces la anchura del núcleo entre las caras laterales del mismo en la zona de la parte de reborde conectada al alma. Es importante que la resina reforzada con fibras en esta zona esté hecha en una pieza ya que esto aumentará la capacidad de transferir las fuerzas en la zona sin ninguna fractura en la zona de transición. La parte 54 de reborde conectada al alma de la zona 39 de transición exterior comprende una segunda superficie 43 definida por las capas de fibra del polímero reforzado con fibras.
- 35 Cada una de las zonas 40 de transición interior comprende una primera superficie 42 definida en la realización mostrada en las figuras 5 y 6 mediante las respectivas esquinas 49 redondeadas o biseladas entre cada cara 24a, 24b lateral y cada cara 52, 53 de extremo del núcleo de viga. Debe observarse, sin embargo, que todas las caras del núcleo incluyendo las esquinas biseladas o redondeadas del núcleo pueden cubrirse por capas de fibra. Teniendo una superficie biselada o redondeada, se reducen las tensiones en esta zona y se reduce el riesgo de fractura. En el caso de que la esquina tenga una forma redondeada, el radio de la curvatura depende del espesor del alma 50. Cuanto más espesa es el alma, mayor es el radio de la curvatura.
- 40 La longitud de los biseles o el radio de la curvatura de las redondeces del núcleo de viga es preferiblemente al menos un décimo y más preferiblemente entre aproximadamente un décimo de y la mitad de la anchura del núcleo de viga entre las superficies laterales del mismo en la zona del bisel o redondez. Por tanto, en una realización el radio de curvatura es la mitad de la anchura del núcleo, es decir la cara de extremo del núcleo es un semicírculo, tal como muestra la línea discontinua para la segunda cara de extremo en la figura 5.
- 45 La figura 6 muestra una parte de una viga 15 de refuerzo que comprende el núcleo 22 de viga. Los lados opuestos del núcleo 22 de viga, es decir la primera cara 24a de núcleo lateral exterior y la segunda cara 24b de núcleo lateral exterior están cubiertas por un alma 50, siendo dicha alma una resina reforzada con fibras. El alma 50 continúa en la
- 50
- 55

parte 54 de reborde conectada al alma hacia el reborde y está delimitado por la superficie 51 de alma exterior curvada con un radio de la curvatura que es una función del espesor del alma 50.

5 En cada una de las zona 40 de transición interiores, el núcleo 22 de viga está dotado de un bisel o redondez 49 que forma la primera superficie 42. Los biseles o redondeces convergen los unos hacia los otros, tal como se muestra en la figura 6. Tal como se mencionó anteriormente, debe observarse que toda la superficie exterior del núcleo de viga incluyendo las esquinas biseladas o redondeadas puede estar cubierta por capas de fibra. Por tanto, las capas de fibra que cubren las esquinas biseladas o redondeadas definen la superficie 49 exterior. Se ha mostrado que se obtiene un efecto de reducción de muescas cuando el núcleo está biselado o redondeado en las zonas anteriores.

10 Opuesta a la primera superficie 42 hay una segunda superficie 43 definida por las capas de fibra de la parte 54 de reborde conectada al alma. Las superficies primera 42 y segunda 43 están conectadas entre sí por una tercera superficie 44 definida por las capas de fibra del reborde 36. Finalmente, opuestas a la tercera superficie 44, la primera superficie 42 y la segunda superficie 43 se encuentran en un borde 45. De este modo, se define una cámara 46 mediante las tres superficies. Esta cámara también tiene un impacto en el efecto de reducción de muescas en la zona de transición y aumenta la resistencia a fractura y fallo.

15 La cámara 46 aloja la resina 47 y ventajosamente también un relleno 48. El relleno 48 puede ser pequeñas partículas de vidrio o una cuerda de fibra de vidrio, preferiblemente una cuerda unidireccional o una cuerda de fibra de vidrio no tejida completamente impregnada, es decir humedecida, con resina para evitar puntos secos. El diámetro de la cuerda de fibra de vidrio es normalmente de entre 6-15 mm, preferiblemente entre 9-12 mm, pero depende de la geometría y el tamaño del bisel 49.

20 Ventajosamente, el relleno 48 se coloca cerca de la primera superficie 42 y se coloca por toda la longitud de la viga.

La viga 15 puede de manera ventajosa fabricarse mediante VARTM (transferencia de resina asistida por vacío).

Lista de números de referencia

- 1) Pala
- 2) Agua
- 25 3) Turbina eólica
- 4) Árbol de rotor
- 5) Buje
- 6) Lado de presión
- 7) Lado de aspiración
- 30 8) Contorno perfilado
- 9) Borde de ataque
- 10) Borde de salida
- 11) Cuerda
- 12) Refuerzo de las carcasas
- 35 13) Primera parte de cuerpo de carcasa
- 14) Segunda parte de cuerpo de carcasa
- 15) Viga de refuerzo
- 16) Reborde de viga
- 16a) Primer reborde de viga

- 16b) Segundo reborde de viga
- 17) Cuerpo de viga
- 18) Superficie interior de la primera parte de cuerpo de carcasa
- 19) Superficie exterior de la primera parte de cuerpo de carcasa
- 5 20) Superficie interior de la segunda parte de cuerpo de carcasa
- 21) Superficie exterior de la segunda parte de cuerpo de carcasa
- 22) Núcleo de viga
- 24a) Primera cara de núcleo lateral exterior
- 24b) Segunda cara de núcleo lateral exterior
- 10 25) Superficie exterior de la capa de viga
- 26) Adhesivo de cola
- 27) Torre
- 28) Góndola
- 29) Punta de pala
- 15 30) Raíz de pala
- 31) Zona de raíz
- 32) Zonas de transición
- 32a) Primeras zonas de transición
- 32b) Segundas zonas de transición
- 20 33) Zona de superficie aerodinámica
- 34) Longitud de cuerda
- 35) Espesor de superficie aerodinámica
- 36a) Superficie interior del reborde 16a
- 36b) Superficie interior del reborde 16b
- 25 37a) Superficie exterior del reborde 16a
- 37b) Superficie exterior del reborde 16b
- 38) Perfil de superficie aerodinámica
- 39) Zona de transición exterior
- 40) Zona de transición interior
- 30 41) Relleno
- 42) Primera superficie

- 43) Segunda superficie
- 44) Tercera superficie
- 45) Borde
- 46) Cámara
- 5 47) Resina
- 48) Relleno
- 49) Bisel o redondez
- 50) Alma
- 51) Superficie exterior de 54
- 10 52) Primera cara de extremo de núcleo exterior
- 53) Segunda cara de extremo de núcleo exterior
- 54) Parte de reborde conectada al alma

REIVINDICACIONES

1. Pala de turbina eólica para un rotor de una turbina (3) eólica que comprende un contorno (8) perfilado formado por un cuerpo de carcasa hueco hecho de resina reforzada con fibras, en la que el cuerpo de carcasa hueco comprende
- 5 - una primera parte (13) de cuerpo de carcasa y una segunda parte (14) de cuerpo de carcasa que están interconectadas y al menos una viga (15) prefabricada que se extiende longitudinalmente que tiene una sección transversal en forma de I y que está formada de resina reforzada con fibras que comprende numerosas capas de fibra, comprendiendo dicha viga (15) un primer reborde (16a) de viga y un segundo reborde (16b) de viga y un cuerpo (17) de viga que se extiende entre los rebordes,
- 10 comprendiendo dicho cuerpo (17) de viga un núcleo (22) de viga que tiene una primera (24a) y una segunda (24b) caras laterales exteriores mutuamente interseparadas y una primera (52) y una segunda (53) caras de extremo mutuamente interseparadas, estando cubierta cada una de las caras laterales por un alma (50) de polímero reforzado con fibras, estando cubierta la primera cara de extremo por polímero reforzado con fibras del primer reborde (16a) de viga y estando cubierta la segunda cara de extremo por polímero reforzado con fibras del segundo reborde (16b) de viga,
- 15 estando el cuerpo (17) de viga formado de manera solidaria con y conectado al primer reborde (16a) de viga por dos primeras zonas (32a) de transición opuestas que comprenden resina reforzada con fibras y formado de manera solidaria con y conectado al segundo reborde (16b) de viga por dos segundas zonas (32b) de transición opuestas que comprenden resina reforzada con fibras,
- 20 Estando conectado el primer reborde (16a) de viga a una superficie (18) interior de la primera parte (13) de carcasa y estando conectado el segundo reborde (16b) de viga a una superficie (19) interior de la segunda parte (14) de carcasa,
- 25 caracterizada porque las zonas (32a, 32b) de transición comprenden medios de reducción de muescas que comprenden una conexión redondeada o biselada entre cada una de las caras (24a, 24b) laterales y cada una de las caras (52, 53) de extremo adyacentes del núcleo (22) de viga.
2. Pala según la reivindicación 1, en la que en las zonas (32a, 32b) de transición las capas de fibra de cada alma (50) continúan al interior del reborde adyacente a través de un recorrido cóncavo en una parte (54) de reborde conectado al alma que tiene una superficie (51) exterior curvada de manera cóncava.
- 30 3. Pala según la reivindicación 2, en la que en las zonas (32a, 32b) de transición una cámara (46) interior que aloja resina está formada entre una primera superficie (42) interior definida por una conexión redondeada o biselada entre una cara lateral y una cara de extremo del núcleo (22) de viga definido por capas de fibra que cubren la dicha conexión, una segunda superficie (43) interior definida por las capas de fibra de la parte (54) de reborde conectada al alma y una tercera superficie (44) interior definida por las capas de fibra del reborde (16a) adyacente.
- 35 4. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que toda la superficie del núcleo (22) de viga que incluye las caras (24a, 24b) laterales, las caras (52, 53) de extremo y la conexión redondeada o biselada entre cada cara de extremo y cada cara lateral están cubiertas por capas de fibra.
5. Pala según la reivindicación 3 ó 4, en la que la cámara (46) comprende un relleno (48) embebido en la resina.
6. Pala según la reivindicación 5, en la que el relleno (48) comprende una cuerda que se extiende longitudinalmente que comprende por ejemplo fibras de vidrio, y que preferiblemente está dispuesta en la primera superficie interior.
- 40 7. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo (22) de viga está hecho de un material que tiene una menor densidad que el polímero reforzado con fibras, preferiblemente una menor densidad que el polímero.
8. Pala según la reivindicación 7, en la que el núcleo (22) de viga está hecho de un material espumado, tal como un polímero espumado, o de madera de balsa.
- 45 9. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la viga (15) es sustancialmente simétrica alrededor de un plano central longitudinal.
10. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la viga (15) se fabrica mediante transferencia de resina asistida por vacío (VARTM).

11. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la viga (15) se fabrica usando materiales de fibra preimpregnados con resina (prepreg).
- 5 12. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las conexiones entre al menos una de las caras (52,53) de extremo y las caras (24a, 24b) laterales adyacentes del núcleo (22) de viga están formadas por una sección de un círculo que se extiende entre las caras laterales, especialmente un semicírculo tal como se ve en sección transversal.
13. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las caras (24a, 24b) laterales del núcleo de viga son esencialmente paralelas.
- 10 14. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-12, en la que las caras (24a, 24b) laterales del núcleo de viga convergen la una hacia la otra desde la primera hacia la segunda cara de extremo.
15. Pala según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pala tiene una longitud de al menos 35, 40, 45, 50, 55 ó 60 metros.

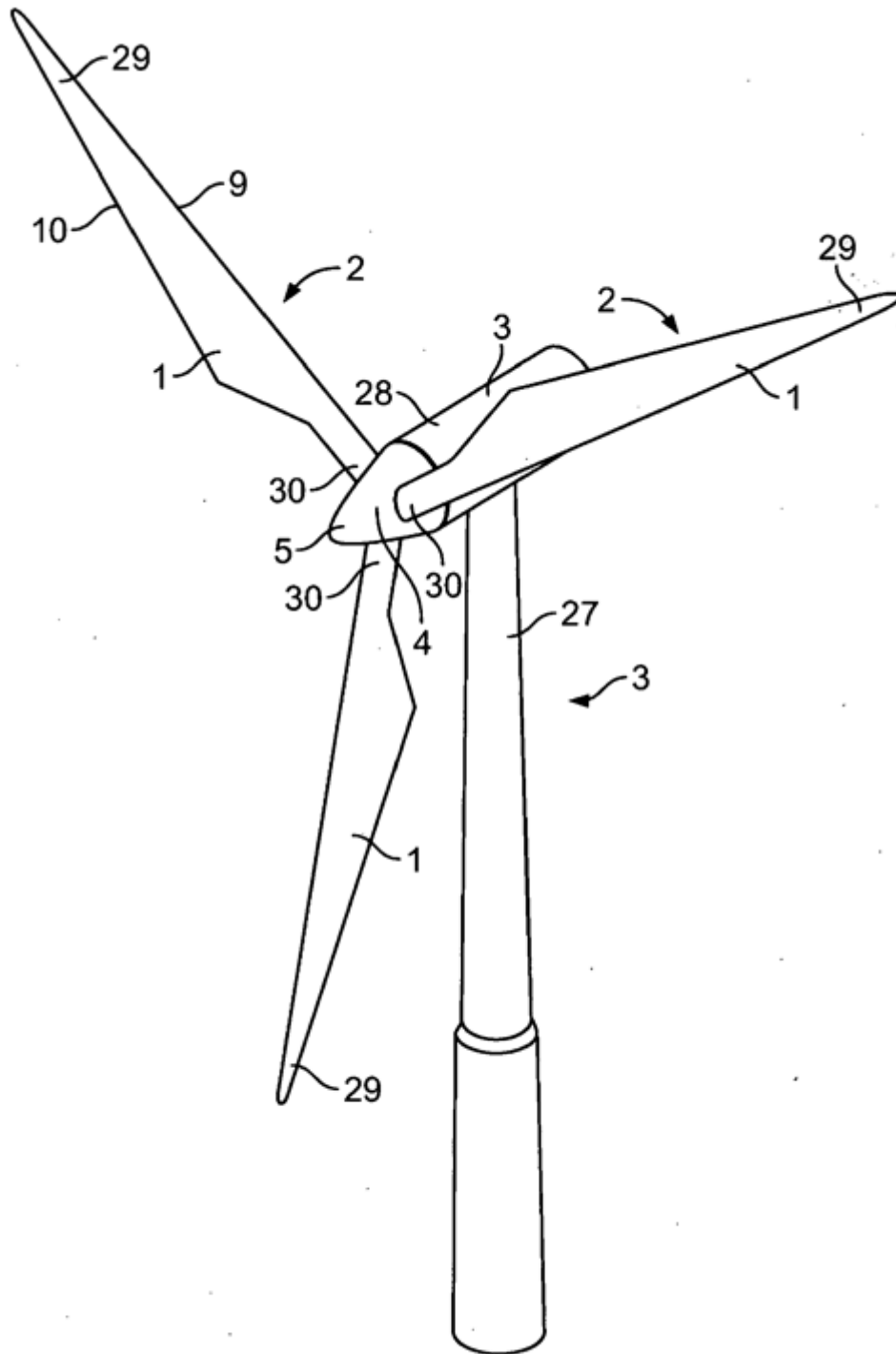


FIG. 1

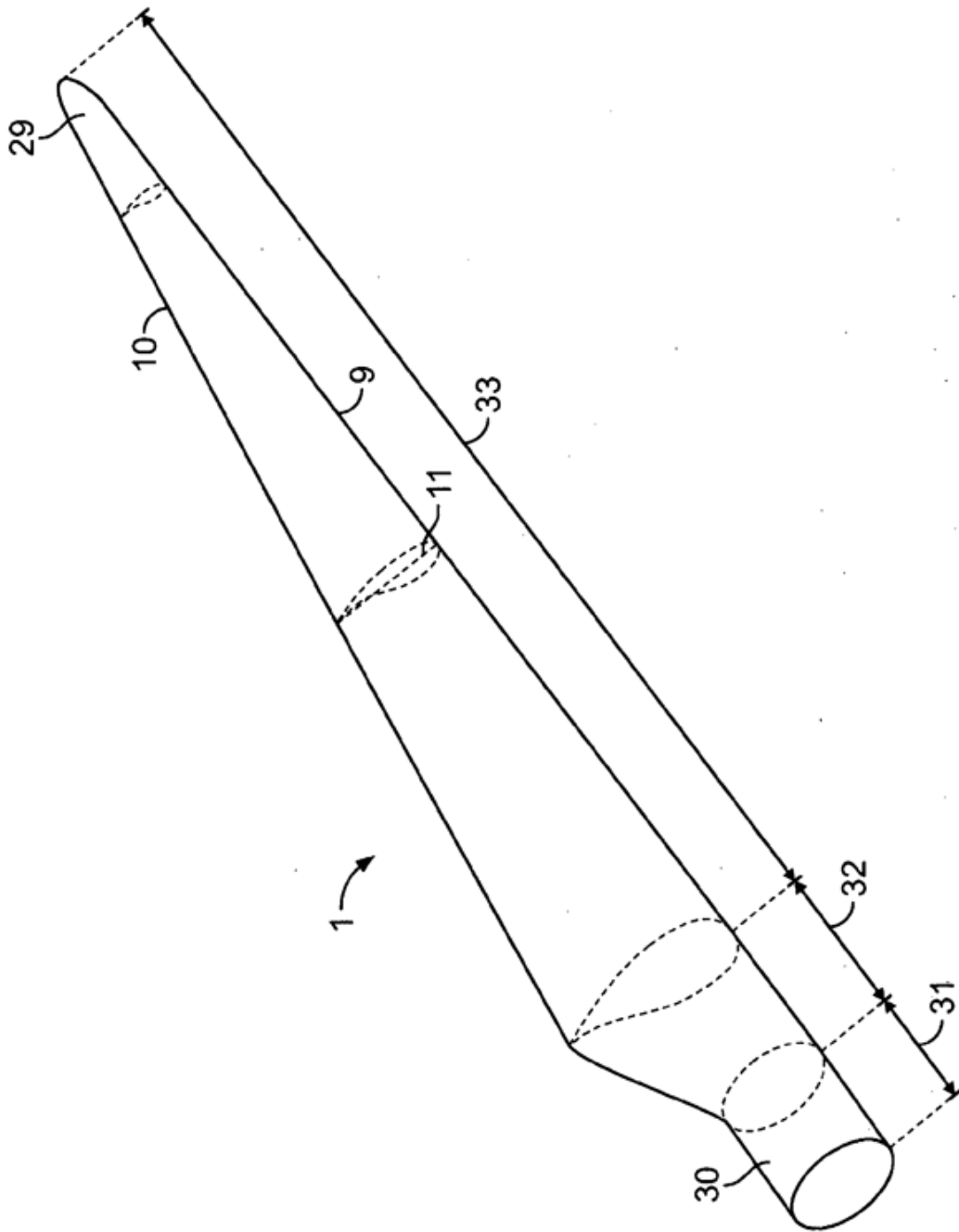


FIG. 2

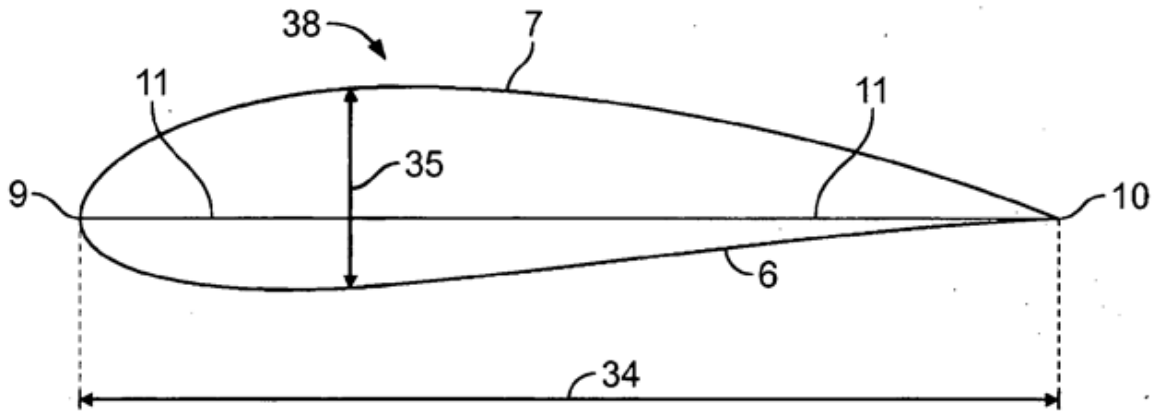


FIG. 3

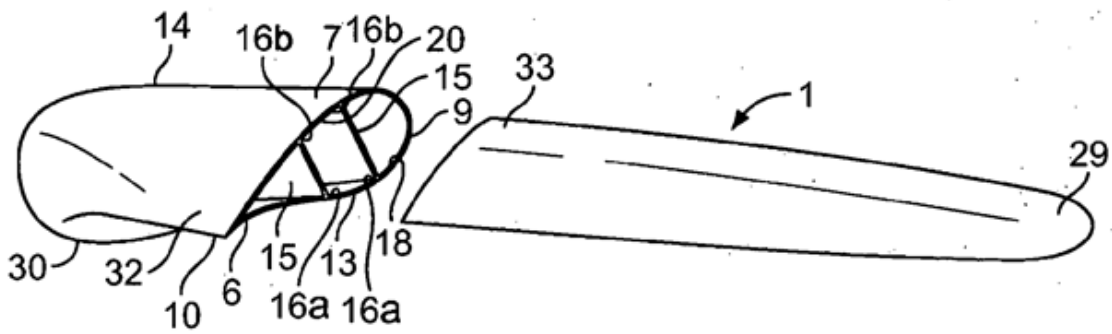


FIG. 4

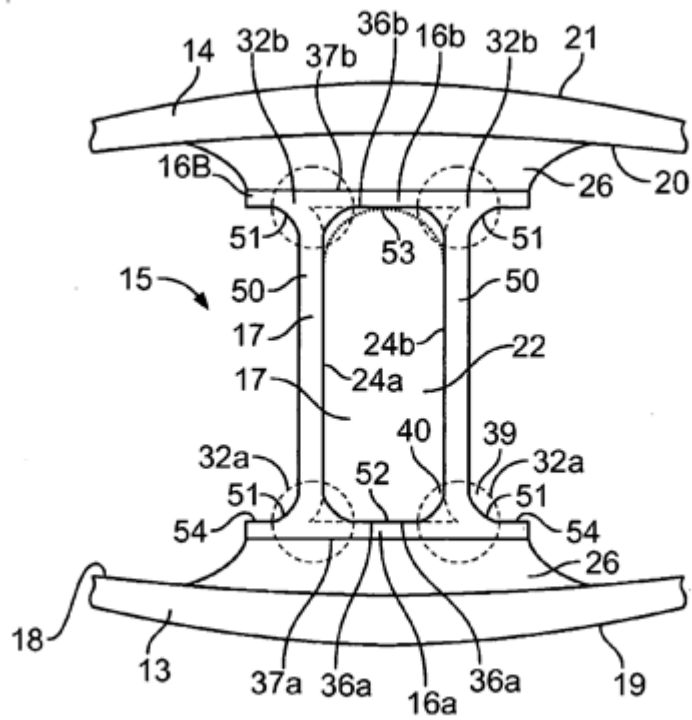


FIG. 5

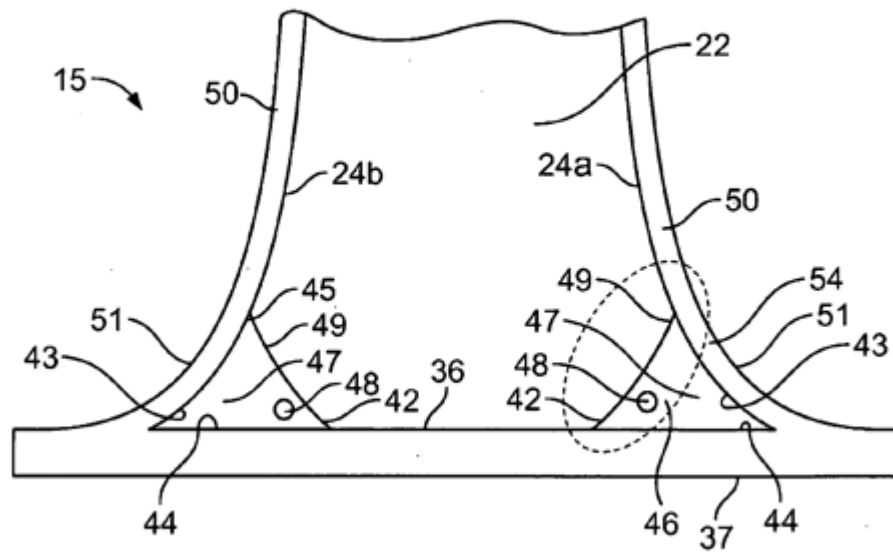


FIG. 6