

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 668**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/52** (2006.01)

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29C 65/00** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.04.2020 PCT/EP2020/059844**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2021 WO21204357**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2020 E 20722221 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024 EP 4132776**

54 Título: **Laminado principal, pala de turbina eólica que comprende dicho laminado principal y procedimientos de fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.11.2024**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (50.0%)**

**Jupitervej 6**

**6000 Kolding, DK y**

**BLADE DYNAMICS LIMITED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RAZEGHI, RAMA;**

**JESPERSEN, KLAVS y**

**HANRAHAN, KRISTEN**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

ES 2 989 668 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**

Laminado principal, pala de turbina eólica que comprende dicho laminado principal y procedimientos de fabricación.

5 **Campo técnico**

[0001] La presente divulgación se refiere a un laminado principal para una pala de turbina eólica y a un procedimiento para fabricar dicho laminado principal.

10 **Antecedentes**

15 [0002] Las palas de turbina eólica de polímero reforzado con fibra y, en particular, las conchas aerodinámicas de las palas de turbina eólica se fabrican normalmente en moldes, donde el lado de presión y el lado de succión de la pala se fabrican por separado disponiendo esteras de fibra de vidrio y/u otro material de refuerzo de fibra, tal como fibra de carbono, en cada uno de los dos moldes. Posteriormente, una de las dos mitades se pone boca abajo y se sitúa encima de la otra de las dos mitades, y las dos mitades se unen entre sí. Las partes de pala se pueden situar una encima de otra girando y cambiando la posición del medio molde completo.

20 [0003] Una pala de turbina eólica y/o componentes de la pala de turbina eólica, tales como almas y/o conchas, se pueden fabricar impregnando fibras, tales como esteras de fibra de vidrio y/o esteras de fibra de carbono, con una resina, tal como poliéster o epoxi. La impregnación de las fibras se puede realizar mediante moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM).

25 [0004] Los componentes de la pala tienen diferentes funciones, por ejemplo un laminado principal o tapa de larguero proporciona la capacidad de soportar la carga de la pala, y la concha o revestimiento proporciona la forma aerodinámica exterior de la pala. Los desarrollos recientes de laminados principales han introducido elementos de pultrusión, típicamente prefabricados, que son fiables en cuanto a resistencia y peso.

30 [0005] A medida que las turbinas eólicas y las palas de turbina eólica incrementan su tamaño, se incrementan las cargas de pala, es decir, las deformaciones, los momentos de flexión, las cargas de pelado, etc., lo que dificulta su fabricación. Por esta y otras razones, las palas a veces se dividen en dos o más segmentos conectados por medio de una junta que requiere espacio para transferir adecuadamente las cargas entre los segmentos.

35 [0006] El documento EP 2 778 393 A2 se refiere a un larguero que incluye una porción interior hecha de primeros tabloncillos conectada, por medio de una junta a tope, a una porción exterior hecha de segundos tabloncillos.

**Breve explicación**

40 [0007] Teniendo en cuenta estos antecedentes, se puede considerar que un objetivo de la presente divulgación es proporcionar un laminado principal mejorado para una pala de turbina eólica que sea fiable en peso y resistencia a la vez que flexible y un procedimiento para fabricar dicho laminado principal.

45 [0008] Uno o más de estos objetivos se pueden cumplir mediante aspectos de la presente divulgación como se describe a continuación.

50 [0009] Un primer aspecto de esta divulgación se refiere a un laminado principal que forma una estructura de soporte de carga para una pala de turbina eólica, extendiéndose el laminado principal en una dirección de envergadura ("spanwise") desde un extremo proximal a través de una región de transición hasta un extremo distal, en el que el laminado principal comprende:

- un lado superior configurado para estar orientado hacia el interior de la pala de turbina eólica, un lado inferior opuesto al lado superior y una dirección de grosor que se extiende entre el lado superior y el lado inferior;
- una porción de pultrusión que incluye un elemento de pultrusión inferior que se extiende en la dirección de envergadura desde el extremo proximal hasta un extremo de transición localizado en la región de transición del laminado principal, teniendo la porción de pultrusión una porción de transición en el extremo de transición, formando el elemento de pultrusión inferior una primera parte del lado inferior del laminado principal;
- una pluralidad de elementos reforzados con fibra que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra que se extienden en la dirección de envergadura desde el extremo distal hasta un extremo de transición localizado en la región de transición del laminado principal, teniendo la pluralidad de elementos reforzados con fibra una porción de transición en el extremo de transición, formando el elemento inferior reforzado con fibra una segunda parte del lado inferior del laminado principal, apilándose la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la dirección de grosor desde el elemento inferior reforzado con fibra hasta el elemento superior reforzado con fibra;

5 en el que la porción de transición de la porción de pultrusión y la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectadas por una junta en la región de transición del laminado principal, caracterizado porque un lado en dirección de la cuerda ("chordwise") de la porción de transición de la porción de pultrusión y un lado en dirección de la cuerda de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectados por una junta.

10 [0010] Al proporcionar dicho laminado principal, se pueden combinar las ventajas de los elementos de pultrusión y de los elementos reforzados con fibra. Los elementos de pultrusión tienen las ventajas de ser fiables en cuanto a resistencia y peso y fáciles de producir en masa. Sin embargo, dado que los elementos de pultrusión tienen típicamente una forma unidimensional, es decir, con una sección transversal constante a lo largo de la longitud del elemento de pultrusión, la porción de pultrusión puede estar sobredimensionada en determinadas localizaciones a lo largo de la dirección de envergadura para garantizar que se consiga la resistencia deseada. Para incrementar la flexibilidad de diseño, los elementos de pultrusión se combinan con elementos reforzados con fibra, tales como láminas de fibra o elementos de preforma, ya que la sección transversal de los elementos reforzados con fibra se puede adaptar para lograr la resistencia deseada en una localización dada. Una junta en dirección de la cuerda puede incrementar la transferencia de tensión para proporcionar una junta más fuerte en general.

[0011] Un laminado principal también se puede conocer como tapa de larguero.

20 [0012] Como se establece en la reivindicación independiente 1, la porción de transición de la porción de pultrusión y la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectadas mediante una junta en la región de transición del laminado principal. De forma adicional o alternativa, el lado inferior se puede configurar para estar orientado hacia una concha o revestimiento de la pala de turbina eólica.

25 [0013] Como se establece en la reivindicación independiente 9, la concha o revestimiento define el perfil aerodinámico exterior de la pala de turbina eólica. De forma adicional o alternativa, el elemento superior reforzado con fibra forma parte del lado superior del laminado principal.

30 [0014] De forma adicional o alternativa, la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede tener la forma de al menos una lámina reforzada con fibra, al menos una capa ("ply") reforzada con fibra y/o al menos un elemento de preforma reforzado con fibra. La pluralidad de elementos reforzados con fibra puede comprender fibra de carbono y/o fibras de vidrio.

35 [0015] Un elemento de preforma puede tener la ventaja de permitir configurar la forma del elemento de preforma antes de la conexión con los elementos de pultrusión ya que un elemento de preforma conserva su forma antes del curado, a diferencia de las láminas o capas de fibra. Una lámina o capa reforzada con fibra puede tener la ventaja de ser más barata y tener más control sobre la dirección de las fibras en el laminado principal resultante.

40 [0016] De forma adicional o alternativa, las fibras de los elementos reforzados con fibra pueden comprender fibras de carbono y/o fibras de vidrio.

[0017] De forma adicional o alternativa, las fibras pueden estar dispuestas de manera unidireccional, tejidas o trenzadas.

45 [0018] De forma adicional o alternativa, el elemento inferior y/o superior reforzado con fibra puede tener la forma de una lámina reforzada con fibra o una capa reforzada con fibra y/o un elemento de preforma reforzado con fibra.

50 [0019] En esta divulgación, el término "elemento de preforma" se puede definir como un elemento reforzado con fibra que comprende un aglutinante, tal como una cera, que se ablanda cuando se calienta y se endurece a temperatura ambiente. El aglutinante es diferente de una resina o matriz para curar el elemento, ya que el curado es, típicamente, irreversible. El aglutinante incrementa la estabilidad de la forma del elemento de preforma no curado en comparación con un elemento reforzado con fibra sin curar y sin aglutinante. El elemento de preforma se puede curar con una resina o material matriz junto con los elementos restantes del laminado principal. Por tanto, el aglutinante del elemento de preforma puede estar presente, típicamente, en el elemento de preforma curado.

55 [0020] De forma adicional o alternativa, la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede ser una pluralidad de elementos no pultrusionados reforzados con fibra.

60 [0021] De forma adicional o alternativa, el elemento de pultrusión inferior y/o la pluralidad de elementos de pultrusión son elementos de pultrusión curados.

[0022] De forma adicional o alternativa, la pluralidad de elementos reforzados con fibra es una pluralidad de elementos reforzados con fibra curados.

**[0023]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede comprender un elemento de pultrusión superior que forma parte del lado superior del laminado principal, estando apilados los elementos de pultrusión en la dirección de grosor desde el elemento de pultrusión inferior hasta el elemento de pultrusión superior.

5 **[0024]** Esto puede proporcionar la ventaja de incrementar la flexibilidad de la porción de pultrusión, ya que la resistencia en una localización dada a lo largo de la dirección de envergadura se puede configurar apilando un número mayor o menor de elementos de pultrusión en esa localización, por ejemplo se pueden apilar más elementos de pultrusión en el extremo proximal que adyacentes a la región de transición, lo que es típicamente deseable cuando el extremo proximal del laminado principal está configurado para estar localizado en una región de raíz de una pala de turbina eólica.

10 **[0025]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede incluir al menos tres, cuatro, cinco o más elementos de pultrusión intermedios dispuestos entre el elemento de pultrusión inferior y el elemento de pultrusión superior.

15 **[0026]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede comprender al menos una lámina de fibra que separa elementos de pultrusión apilados adyacentes.

20 **[0027]** De forma adicional o alternativa, uno o más, opcionalmente todos, de los elementos de pultrusión pueden ser una viga o vigas de pultrusión.

25 **[0028]** De forma adicional o alternativa, la sección transversal de cada elemento de pultrusión individual, por ejemplo cada viga de pultrusión, de la porción de pultrusión puede ser constante a lo largo de la mayor parte de la extensión de envergadura, opcionalmente hasta la región de transición.

30 **[0029]** De forma adicional o alternativa, el elemento de pultrusión inferior puede ser un primer elemento de pultrusión inferior, y en el que la porción de pultrusión puede comprender un segundo elemento de pultrusión inferior dispuesto lado a lado en dirección de la cuerda con el primer elemento de pultrusión inferior.

35 **[0030]** Esto puede proporcionar la ventaja de incrementar la flexibilidad de la porción de pultrusión ya que la resistencia en una localización dada a lo largo de la dirección de envergadura se puede configurar disponiendo un número mayor o menor de elementos de pultrusión uno al lado del otro en esa localización, por ejemplo se pueden disponer más elementos de pultrusión uno al lado del otro en el extremo proximal que adyacentes a la región de transición, lo que es típicamente deseable cuando el extremo proximal del laminado principal está configurado para estar localizado en una región de raíz de una pala de turbina eólica.

40 **[0031]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede incluir al menos tres, cuatro, cinco o más elementos de pultrusión intermedios dispuestos entre el primer elemento de pultrusión inferior y el segundo elemento de pultrusión inferior.

45 **[0032]** De forma adicional o alternativa, el elemento de pultrusión inferior puede ser un elemento de pultrusión inferior distal, y en el que la porción de pultrusión puede comprender un elemento de pultrusión inferior proximal dispuesto extremo con extremo y en extensión del elemento de pultrusión inferior distal.

50 **[0033]** Esto puede proporcionar la ventaja de que se puede reducir la longitud absoluta de cada elemento de pultrusión, lo que es especialmente una ventaja para el laminado principal configurado para una pala larga de turbina eólica, por ejemplo con una longitud de pala de más de 50, 60, 70, 80 o 90 metros.

55 **[0034]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede incluir al menos tres, cuatro, cinco o más elementos de pultrusión intermedios dispuestos entre el elemento de pultrusión inferior distal y el elemento de pultrusión inferior proximal.

60 **[0035]** De forma adicional o alternativa, la junta puede ser una junta biselada, preferentemente una única junta biselada.

65 **[0036]** Una junta ahusada puede ser una junta particularmente adecuada para un laminado principal de este tipo, ya que es fácil de colocar y proporciona una buena transferencia de tensión, particularmente en la dirección de envergadura.

**[0037]** De forma adicional o alternativa, la junta biselada puede ser una junta biselada en dirección de envergadura, opcionalmente una única junta biselada en dirección de envergadura.

**[0038]** De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra se pueden superponer, opcionalmente en la dirección de envergadura.

[0039] De forma adicional o alternativa, el elemento de pultrusión inferior y el elemento superior reforzado con fibra se pueden superponer, opcionalmente en la dirección de envergadura.

5 [0040] De forma adicional o alternativa, la porción de transición de la porción de pultrusión se puede ahusar en la dirección de envergadura desde el lado inferior hasta el lado superior de la porción de pultrusión, es decir, de modo que el lado inferior de la porción de pultrusión sea más largo que el lado superior de la porción de pultrusión en la región de transición, y en la que la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra se puede ahusar de manera correspondiente en la dirección de envergadura desde el lado superior de la pluralidad de elementos reforzados con fibra hasta el lado inferior de la pluralidad de elementos reforzados con fibra, es decir,  
10 de modo que el lado superior de la pluralidad de elementos reforzados con fibra es más largo que el lado inferior de la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la región de transición, en la que la primera porción y la de transición pueden formar de este modo una junta biselada en la dirección de envergadura.

15 [0041] De forma adicional o alternativa, una primera porción que se ahúsa en dirección de la cuerda o porción achaflanada de la porción de transición de la porción de pultrusión y una segunda porción que se ahúsa en dirección de la cuerda correspondiente de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra pueden estar conectadas mediante una junta, preferentemente una junta biselada.

20 [0042] De forma adicional o alternativa, el laminado principal puede comprender una primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta localizaciones localizadas a lo largo de la extensión en dirección de envergadura del laminado principal, estando localizada la primera localización en el extremo proximal del laminado principal y estando localizada la sexta localización en el extremo distal del laminado principal, estando delimitada la región de transición del laminado principal por la segunda localización y la quinta localización,

25 en el que el extremo de transición de la porción de pultrusión está localizado en la tercera localización y un extremo opuesto de la porción de pultrusión está localizado en la primera localización, la segunda localización está localizada entre las primera y tercera localizaciones, y

30 en el que el extremo de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra está localizado en la cuarta localización, y un extremo opuesto de la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede estar localizado en la sexta localización, la quinta localización está localizada entre las cuarta y sexta localizaciones.

35 [0043] De forma adicional o alternativa, el laminado principal puede comprender una primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta localizaciones en dirección de envergadura. La primera localización puede estar localizada en el extremo proximal del laminado principal y la sexta localización puede estar localizada en el extremo distal del laminado principal. La región de transición puede estar delimitada por la segunda localización y la quinta localización.

40 [0044] De forma adicional o alternativa, el extremo de transición de la porción de pultrusión puede estar localizado en la tercera localización, y un extremo opuesto de la porción de pultrusión puede estar localizado en la primera localización. La segunda localización puede estar localizada entre la primera y tercera localizaciones. La segunda localización puede definir un primer límite de la región de transición.

45 [0045] De forma adicional o alternativa, el extremo de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede estar localizado en la cuarta localización, y un extremo opuesto de la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede estar localizado en la sexta localización. La quinta localización puede estar localizada entre las cuarta y sexta localizaciones. La quinta localización puede definir un segundo límite de la región de transición.

50 [0046] De forma adicional o alternativa, la segunda localización puede estar localizada en la cuarta localización, y/o la quinta localización puede estar localizada en la tercera localización.

55 [0047] De forma adicional o alternativa, la segunda localización puede estar localizada entre las primera y cuarta localizaciones, y/o la quinta localización puede estar localizada entre las tercera y sexta localizaciones.

60 [0048] De forma adicional o alternativa, un grosor de la porción de pultrusión en la dirección de grosor contigua a la región de transición, opcionalmente en la tercera localización del laminado principal, puede ser más grueso que un grosor de la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la dirección de grosor adyacentes a la región de transición, opcionalmente en la quinta localización del laminado principal, y/o un grosor máximo de la pluralidad de elementos reforzados con fibra.

65 [0049] Esto puede proporcionar la ventaja de que, cuando el laminado principal forma parte de una pala de turbina eólica, se libera espacio interior adicional por encima del laminado principal para su uso por otros componentes de la pala de turbina eólica. Esto es, en particular, una ventaja cuando la pala de turbina eólica está segmentada de modo que hay espacio adicional disponible para la junta entre segmentos.

5 [0050] De forma adicional o alternativa, una anchura en dirección de la cuerda de la pluralidad de elementos reforzados con fibra adyacentes a la región de transición, opcionalmente en la quinta localización del laminado principal, puede ser más ancha que una anchura en dirección de la cuerda de la porción de pultrusión en la dirección de la cuerda contigua a la región de transición, opcionalmente en la tercera localización del laminado principal.

10 [0051] Esto puede proporcionar la ventaja de que la resistencia del laminado principal se puede adaptar mejor a las características deseadas en la pluralidad de elementos reforzados con fibra adyacentes a la región de transición y en los elementos de pultrusión adyacentes a la región de transición.

[0052] De forma adicional o alternativa, los elementos de pultrusión pueden tener sustancialmente la misma sección transversal, preferentemente en la dirección de la cuerda.

15 [0053] De forma adicional o alternativa, el área de sección transversal en dirección de la cuerda de la porción de pultrusión contigua a la región de transición, opcionalmente en una tercera localización del laminado principal, puede estar dentro de  $\pm 20\%$ ,  $\pm 10\%$ ,  $\pm 5\%$ ,  $\pm 2\%$ , o  $\pm 1\%$  en relación con el área de sección transversal en dirección de la cuerda de la pluralidad de elementos reforzados con fibra adyacentes a la región de transición, opcionalmente en una quinta localización del laminado principal.

20 [0054] Como se establece en la reivindicación 9, se proporciona una pala de turbina eólica que se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una región de raíz y una región de perfil alar con la punta, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, comprendiendo la pala de turbina eólica una concha que proporciona la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica y un laminado principal de acuerdo con el primer aspecto, formando el laminado principal una estructura de soporte de carga de la pala de turbina eólica y el lado inferior del laminado principal está situado sobre la concha.

25 [0055] De forma adicional o alternativa, el extremo proximal del laminado principal puede estar localizado en la región de raíz o en la raíz de la pala de turbina eólica, y el extremo distal del laminado principal puede estar localizado en la región de perfil alar o en la punta de la pala de turbina eólica, y en el que la región de transición del laminado principal puede estar localizado en la región de perfil alar de la pala de turbina eólica.

30 [0056] De forma adicional o alternativa, esta divulgación también se refiere a un segmento de pala de turbina eólica para una pala de turbina eólica de acuerdo con el segundo aspecto, extendiéndose el segmento de pala de turbina eólica a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz hasta un extremo distal configurado para la conexión con otro segmento de pala de turbina eólica, comprendiendo el segmento de pala de turbina eólica una región de raíz y una región de perfil alar con el extremo distal, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, comprendiendo el segmento de pala de turbina eólica una concha que define la forma aerodinámica del segmento de pala de turbina eólica y un laminado principal de acuerdo con el primer aspecto, formando el laminado principal una estructura de soporte de carga del segmento de pala de turbina eólica y el lado inferior del laminado principal está situado en la concha.

35 [0057] De forma adicional o alternativa, el extremo proximal del laminado principal puede estar localizado en la región de raíz o en la raíz del segmento de pala de turbina eólica, y el extremo distal del laminado principal puede estar localizado en la región de perfil alar o en el extremo distal del segmento de pala de turbina eólica, y en el que la región de transición del laminado principal está localizada en la región de perfil alar del segmento de pala de turbina eólica.

40 [0058] De forma adicional o alternativa, el extremo distal se puede configurar para su conexión con otro segmento de turbina eólica, por ejemplo un segmento de punta que incluye la punta de la pala de turbina eólica, opcionalmente mediante una junta de pasador ("pin joint"). En este caso es particularmente ventajoso usar el laminado principal de acuerdo con el primer aspecto, ya que la pluralidad de elementos reforzados con fibra permite ensanchar la estructura de soporte de carga en la junta de pasador e incrementar de este modo la altura disponible para la junta de pasador.

45 [0059] De forma adicional o alternativa, esta divulgación también se refiere a una pala de turbina eólica que comprende un segmento de pala de turbina eólica como se describe anteriormente y un segmento de pala de punta de turbina eólica conectados entre sí mediante una junta de pasador. Los segmentos de pala de turbina eólica se pueden proporcionar por separado.

50 [0060] De forma adicional o alternativa, una turbina eólica puede comprender la pala de turbina eólica o el segmento de pala de turbina eólica.

55 [0061] Un segundo aspecto de esta divulgación se refiere a un procedimiento para fabricar un laminado principal para una pala de turbina eólica, extendiéndose el laminado principal en una dirección de envergadura desde un

extremo proximal a través de una región de transición hasta un extremo distal y comprendiendo un lado inferior configurado para estar orientado hacia un concha de la pala de turbina eólica, un lado superior configurado para estar orientado hacia el interior de la pala de turbina eólica, y una dirección de grosor que se extiende entre el lado inferior y el lado superior, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 5
- proporcionar:
    - una porción de pultrusión que incluye un elemento de pultrusión inferior que se extiende en la dirección de envergadura hasta un extremo de transición, teniendo la porción de pultrusión una porción de transición en el extremo de transición, y
    - una pluralidad de elementos reforzados con fibra que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra que se extienden en la dirección de envergadura hasta un extremo de transición, teniendo la pluralidad de elementos reforzados con fibra una porción de transición en el extremo de transición;
  - situar el elemento de pultrusión inferior y el elemento inferior reforzado con fibra en extensión uno del otro, de modo que el extremo de transición del elemento inferior reforzado con fibra es adyacente y está orientado hacia el extremo de transición del elemento de pultrusión inferior;
  - apilar la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la dirección de grosor desde el elemento inferior reforzado con fibra hasta el elemento superior reforzado con fibra;
  - curar la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra formando de este modo una junta entre la porción de transición de la porción de pultrusión y la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra y conectando un lado en la dirección de la cuerda de la porción de transición de la porción de pultrusión y un lado en la dirección de la cuerda de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra mediante una junta, preferentemente una junta biselada.

30 **[0062]** El segundo aspecto de esta divulgación también se refiere a un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica que se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una región de raíz y una región de perfil alar con la punta, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, comprendiendo la pala de turbina eólica una concha que proporciona la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica y un laminado principal que forma una estructura de soporte de carga de la pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 35
- proporcionar una concha configurada para proporcionar la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica,
  - realizar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el elemento de pultrusión inferior y el elemento inferior reforzado con fibra están situados en extensión uno del otro en la concha de la pala de turbina eólica.

45 **[0063]** Al proporcionar un procedimiento de este tipo para fabricar un laminado principal o una pala de turbina eólica con un laminado principal, se pueden combinar las ventajas de los elementos de pultrusión y de los elementos reforzados con fibra. Los elementos de pultrusión tienen las ventajas de ser fiables en cuanto a resistencia y peso y fáciles de producir en masa. Sin embargo, dado que los elementos de pultrusión tienen típicamente una forma unidimensional, es decir, con una sección transversal constante a lo largo de la longitud del elemento de pultrusión, la porción de pultrusión puede estar sobredimensionada en determinadas localizaciones a lo largo de la dirección de envergadura para garantizar que se consiga la resistencia deseada. Para incrementar la flexibilidad de diseño, los elementos de pultrusión se combinan con elementos reforzados con fibra, tales como láminas de fibra o elementos de preforma, ya que la sección transversal de los elementos reforzados con fibra se puede adaptar para lograr la resistencia deseada en una localización dada.

55 **[0064]** De forma adicional o alternativa, la primera porción y la de transición están unidas extremo con extremo opcionalmente en una junta biselada en la dirección de envergadura.

60 **[0065]** De forma adicional o alternativa, la etapa de situar el elemento de pultrusión inferior y el elemento inferior reforzado con fibra en extensión uno del otro en la concha de la pala de turbina eólica puede formar de este modo un lado inferior continuo de la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra.

65 **[0066]** De forma adicional o alternativa, la concha puede formar parte de un segmento de pala de turbina eólica que se extiende desde un extremo de raíz hasta un extremo de junta, el procedimiento puede comprender además:

- unir por medio de una junta de pasador, un extremo de junta del segmento de pala de turbina eólica con un extremo de junta de un segmento distal que se extiende opcionalmente hasta un extremo de punta, que puede formar la punta de la pala de turbina eólica.

5 [0067] De forma adicional o alternativa, la porción de pultrusión puede ser una pluralidad de elementos de pultrusión que incluyen el elemento de pultrusión inferior y un elemento de pultrusión superior, extendiéndose la pluralidad de elementos de pultrusión en la dirección de envergadura hasta el extremo de transición de la porción de pultrusión, y en la que la etapa de situar la porción de pultrusión puede comprender:

- apilar la pluralidad de elementos de pultrusión en la dirección de grosor desde el elemento de pultrusión inferior hasta el elemento de pultrusión superior de modo que el extremo de transición de la porción de pultrusión esté situado adyacente al extremo de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra.

10 [0068] De forma adicional o alternativa, el procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto puede comprender además una o más de las etapas de:

- sellar la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra en una cavidad hermética, y/o
- evacuar aire de la cavidad para crear una atmósfera de baja presión en la cavidad, y/o
- impregnar la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra con una resina o material matriz.

20 [0069] Un experto en la técnica apreciará que uno cualquiera o más de los aspectos anteriores de esta divulgación y modos de realización de la misma se pueden combinar con uno cualquiera o más de los otros aspectos de esta divulgación y modos de realización de la misma.

### 25 **Breve descripción de los dibujos**

30 [0070] Los modos de realización de la invención se describirán con más detalle a continuación con respecto a las figuras adjuntas. Los mismos números de referencia se refieren a los mismos elementos en todo el documento. Por tanto, los mismos elementos pueden no describirse en detalle con respecto a la descripción de cada figura. Las figuras muestran una manera de implementar la presente invención y no se han de interpretar como limitantes de otros posibles modos de realización que entren dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjuntas. Además, no es necesario que un modo de realización ilustrado tenga todos los aspectos o ventajas mostrados. Un aspecto o una ventaja descritos junto con un modo de realización particular no se limita necesariamente a ese modo de realización y se puede poner en práctica en cualquier otro modo de realización incluso si no se ilustra así o si no se describe de forma tan explícita.

La fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar,

40 la fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en perspectiva de una pala de turbina eólica ejemplar,

la fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en perspectiva de un segmento de concha de pala de turbina eólica ejemplar con un laminado principal,

45 la fig. 4a es un diagrama esquemático que ilustra una vista superior de un laminado principal ejemplar,

la fig. 4b es un diagrama esquemático que ilustra una vista superior de otro laminado principal ejemplar,

50 la fig. 5a es un diagrama esquemático que ilustra una primera vista en sección transversal en dirección de envergadura de un laminado principal ejemplar,

la fig. 5b es un diagrama esquemático que ilustra una segunda vista en sección transversal en dirección de envergadura de un laminado principal ejemplar,

55 la fig. 6a es un diagrama esquemático que ilustra una primera vista en sección transversal en dirección de la cuerda de un laminado principal ejemplar,

la fig. 6b es un diagrama esquemático que ilustra una segunda vista en sección transversal en dirección de la cuerda de un laminado principal ejemplar.

### 60 **Descripción detallada de la invención**

[0071] En la siguiente descripción de figuras, los mismos números de referencia se refieren a los mismos elementos y, por tanto, es posible que no se describan en relación con todas las figuras.

65 [0072] La fig. 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional 2 de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal que

puede incluir un ángulo de inclinación de algunos grados. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo, cada una, una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8.

5 **[0073]** La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10 ejemplar. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional con un extremo de raíz 17 y un extremo de punta 15 y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o de perfil alar 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 orientado hacia la dirección opuesta del borde de ataque 18.

15 **[0074]** La región de perfil alar 34 (también denominada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región de raíz 30, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la región de raíz 30 hasta el perfil alar de la región de perfil alar 34. La longitud de la cuerda de la región de transición 32 se incrementa típicamente con el incremento de la distancia  $r$  desde el buje. La región de perfil alar 34 tiene un perfil alar con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con el incremento en la distancia  $r$  desde el buje.

20 **[0075]** Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su mayor longitud de la cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región de transición 32 y la región de perfil alar 34.

25 **[0076]** Cabe destacar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala no se encuentran habitualmente en un plano común, puesto que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, precurvada), proporcionando, por tanto, al plano de la cuerda una trayectoria correspondientemente torsionada y/o curvada, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio del buje.

30 **[0077]** La pala de turbina eólica 10 comprende una concha de pala que comprende dos partes de concha de pala o medias conchas, una primera parte de concha de pala 24 y una segunda parte de concha de pala 26, típicamente hechas de polímero reforzado con fibra. La pala de turbina eólica 10 puede comprender partes de concha adicionales, tales como una tercera parte de concha y/o una cuarta parte de concha. La primera parte de concha de pala 24 es, típicamente, un lado de presión o parte de concha de pala a barlovento. La segunda parte de concha de pala 26 es, típicamente, un lado de succión o parte de concha de pala a sotavento. La primera parte de concha de pala 24 y la segunda parte de concha de pala 26 se fijan entre sí con adhesivo, tal como pegamento, a lo largo de líneas de unión o uniones de pegamento 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10. Típicamente, los extremos de raíz de las partes de concha de pala 24, 26 tienen una forma de sección transversal exterior semicircular o semiovalada. Las partes de concha de pala 24, 26 definen la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica pero requieren un laminado principal para tener la estructura de soporte de carga para soportar el peso de la pala de turbina eólica.

35 **[0078]** La figura 3 muestra una vista esquemática de un molde proximal y otro distal 44, 46 para una primera parte de media concha de pala 24 de los segmentos de pala de raíz y de punta 11, 12, respectivamente, dispuestos extremo con extremo en un extremo de junta respectivo 11a, 12a. Una parte de concha de pala de raíz 24 está situada en una superficie de molde del molde proximal 11. Un laminado principal 50 está situado en la parte de concha de pala 24 y 50 está configurado para formar la estructura de soporte de carga del segmento de pala de raíz 11 junto con un segundo laminado principal correspondiente en una segunda parte de concha de pala (no mostrada). Los laminados principales están destinados a conectarse mediante almas (no mostradas). El laminado principal 50 se extiende en una dirección de envergadura  $L$  desde un extremo proximal 51 a través de una región de transición 52 hasta un extremo distal 53. El extremo proximal 51 del laminado principal 50 está localizado en la región de raíz 30 de la raíz de la pala de turbina eólica, y el extremo distal 53 del laminado principal 50 está localizado en la región de perfil alar 34 de la pala de turbina eólica 10. La región de transición 52 del laminado principal 50 está localizada en la región de perfil alar 34 de la pala de turbina eólica 10.

45 **[0079]** Diferentes configuraciones específicas del laminado principal se describen con más detalle en las figuras 4-6. Sin embargo, en general, el laminado principal 50 comprende un lado superior 54 configurado para estar orientado hacia el interior de la pala de turbina eólica, un lado inferior 55 opuesto al lado superior 54, y una dirección de grosor  $T$  que se extiende entre el lado superior 54 y el lado inferior 55.

50 **[0080]** El laminado principal comprende además una porción de pultrusión 60 que incluye un elemento de pultrusión inferior 61 que se extiende en la dirección de envergadura  $L$  desde el extremo proximal 51 hasta un extremo de transición 60a localizado en la región de transición 52 del laminado principal 50. La porción de pultrusión 60 tiene una porción de transición 60b en el extremo de transición 60a y el elemento de pultrusión inferior 61 forma parte del lado inferior 55 del laminado principal 50, véanse las figuras 5a-5b.

- 5 [0081] El laminado principal comprende además una pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra 71, 72 que se extienden en la dirección de envergadura L desde el extremo distal 53 hasta un extremo de transición 70a localizado en la región de transición 52 del laminado principal 50. La pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 tiene una porción de transición 70b en el extremo de transición 70a. El elemento inferior reforzado con fibra 71 forma parte del lado inferior 55 del laminado principal 50, véanse las figs. 5a-5b. La pluralidad de elementos reforzados con fibra 71, 72 están apilados en la dirección de grosor T desde el elemento inferior reforzado con fibra 71 hasta el elemento superior reforzado con fibra 72, véanse las figs. 5a-5b.
- 10 [0082] La porción de transición 60b de la porción de pultrusión 60 y la porción de transición 70b de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 están conectadas mediante una junta 80, 81, 82 en la región de transición 52 del laminado principal 50, véanse las figs. 5a-6b.
- 15 [0083] Los elementos de pultrusión 61, 62, 63, 64, 65, 66 son vigas de pultrusión y los que forman parte de una junta biselada 81, 82, 83 están cortados con un extremo de transición ahusado 60a.
- 20 [0084] La pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 es una combinación de elementos de preforma no pultrusionados y láminas unidireccionales no pultrusionadas reforzadas con fibra de carbono y vidrio.
- [0085] Las figs. 4a y 4b ilustran configuraciones esquemáticas de la porción de pultrusión 60 y la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 del laminado principal 50.
- 25 [0086] En la fig. 4a, la porción de pultrusión 60 comprende un primer elemento de pultrusión inferior distal 61, un primer elemento de pultrusión inferior proximal 62, un segundo elemento de pultrusión inferior distal 63 y un segundo elemento de pultrusión inferior proximal 64 y, además, un elemento de pultrusión inferior intermedio proximal y un elemento de pultrusión inferior intermedio distal que están dispuestos en tres filas, es decir, una primera fila, una fila intermedia y una segunda fila, y en dos columnas, es decir, una fila proximal y una fila distal. Los primeros elementos de pultrusión inferiores distal y proximal 61, 62 están dispuestos extremo con extremo y en extensión uno del otro a lo largo de la dirección de envergadura L en la primera fila. Los elementos de pultrusión inferiores intermedios están dispuestos de manera similar en la fila intermedia. Los segundos elementos de pultrusión inferiores distal y proximal 63, 64 están dispuestos de manera similar en la tercera fila. Cada fila está dispuesta lado a lado en la dirección de la cuerda con filas contiguas. Cada fila tiene un elemento de pultrusión proximal 62, 64 dispuesto en la columna proximal y un elemento de pultrusión distal 61, 63 dispuesto en la columna distal. La anchura de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 en la dirección de la cuerda C se incrementa desde el extremo de transición 60a de la porción de pultrusión 60 a lo largo de la dirección de envergadura L hasta que se alcanza una anchura deseada.
- 35 [0087] La región de transición 52 del laminado principal 55 está delimitada por las segunda y quinta localizaciones 92, 95 a lo largo de la extensión de envergadura del laminado principal 5. La anchura en dirección de la cuerda de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 adyacentes a la región de transición 52 en la quinta localización 95 del laminado principal 50 es mayor que la anchura en dirección de la cuerda de la porción de pultrusión 60 contigua a la región de transición 52 en la tercera localización 93 del laminado principal 50 y una anchura máxima de la porción de pultrusión 60 como se puede observar en las figs. 4a-4b.
- 40 [0088] En la fig. 4b, la porción de pultrusión 60 comprende un primer y un segundo elemento de pultrusión inferior 61, 63 y, además, un elemento de pultrusión inferior intermedio que están dispuestos en tres filas, es decir, una primera fila, una fila intermedia y una segunda fila, y una sola columna de manera similar a la disposición de la fig. 4a pero en la que las columnas proximal y distal se combinan en una sola columna. La pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 se superponen con la porción de pultrusión en la región de transición 52 a lo largo de la dirección de envergadura L. La pluralidad de elementos reforzados con fibra tiene una anchura constante a lo largo de la dirección de envergadura L.
- 45 [0089] Las figs. 5a-5b muestran una vista detallada de una sección transversal esquemática de dos modos de realización de un laminado principal 50 en el plano envergadura-grosor L, T que muestra la región de transición 52 del laminado principal 50. El laminado principal 50 está dispuesto en una concha 13 de una pala de turbina eólica. En ambos modos de realización, además del apilamiento de los elementos reforzados con fibra 71, 72, la porción de pultrusión 60 comprende un elemento de pultrusión superior 65 que forma parte del lado superior 54 del laminado principal 50, y los elementos de pultrusión 61, 65 de la porción de pultrusión 60 se apilan en la dirección de grosor T desde el elemento de pultrusión inferior 61 hasta el elemento de pultrusión superior 65.
- 50 [0090] En la fig. 5a, la junta entre el extremo de transición 60b de la porción de pultrusión 60 y el extremo de transición 70b de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 es una única junta biselada en dirección de envergadura en la que el extremo de transición 60b de la porción de pultrusión 60 se ahúsa de modo que el lado inferior 55 es más largo que el lado superior 54, y el lado superior 54 del elemento superior reforzado con fibra 72
- 55
- 60
- 65

se extiende más que el lado inferior 55 del elemento inferior reforzado con fibra 71. La porción de pultrusión 60 se superpone a la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 en la dirección de envergadura L.

5 **[0091]** El laminado principal 50 comprende una primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta localizaciones 91, 92, 93, 94, 95, 96 localizadas a lo largo de la extensión de envergadura del laminado principal 50. La primera localización 91 está localizada en el extremo proximal del laminado principal 50 y la sexta localización 96 está localizada en el extremo distal del laminado principal 50.

10 **[0092]** El extremo de transición 60a de la porción de pultrusión 60 está localizado en la tercera localización 93 y un extremo opuesto, es decir, el extremo proximal, de la porción de pultrusión 60 está localizado en la primera localización 91, y la segunda localización 92 está localizada entre las primera y tercera localizaciones 91, 93.

15 **[0093]** El extremo de transición 70a de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 está localizado en la cuarta localización 94, y un extremo opuesto, es decir, el extremo distal, de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 está localizado en la sexta localización 96, y la quinta localización 95 está situada entre las cuarta y sexta localizaciones 94, 96.

20 **[0094]** La segunda localización 92 está localizada entre las primera y cuarta localizaciones 91, 94, y la quinta localización 95 está localizada entre las tercera y sexta localizaciones 93, 96. La región de transición 52 del laminado principal 55 está delimitada por las segunda y quinta localizaciones 92, 95.

25 **[0095]** El grosor de la porción de pultrusión 60 en la dirección de grosor T contigua a la región de transición 52 en la tercera localización 93 del laminado principal 50 es más grueso que el grosor de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 en la dirección de grosor T adyacentes a la región de transición 52 en la quinta localización 95 del laminado principal 50 y el grosor máximo de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 como se observa en las figs. 5a-5b.

30 **[0096]** En la fig. 5b, la junta entre el extremo de transición 60b de la porción de pultrusión 60 y el extremo de transición 70b de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 es una junta a tope en la dirección de envergadura. El hueco entre los extremos de transición 60b, 70b se muestra con propósitos ilustrativos; en la práctica, los extremos están dispuestos extremo con extremo sin un hueco. En esta figura, las tercera y cuarta posiciones 93, 94, si se muestran, coincidirían ya que la junta es una junta a tope.

35 **[0097]** Las figs. 6a-6b muestran una vista detallada de una sección transversal esquemática de dos modos de realización de un laminado principal, por ejemplo como se muestra en las figs. 4a-4b, en el plano cuerda-grosor C en la región de transición 52, T dispuesto en una concha 13 de una pala de turbina eólica.

40 **[0098]** En la fig. 6a, un primer elemento de pultrusión inferior, un elemento intermedio de pultrusión inferior y un segundo elemento de pultrusión inferior 61, 63 están dispuestos en una capa inferior sin capas adicionales de elementos apilados encima. Cada elemento de pultrusión tiene una sección transversal triangular. La pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 comprende elementos inferior y superior reforzados con fibra 71, 72 y, en este caso, once elementos intermedios reforzados con fibra, que están dispuestos adyacentes a los lados triangulares de los elementos de pultrusión 61, 63, y que quedan en contacto con los mismos, entre los lados superior e inferior 54, 55 del laminado principal 50 unidos mediante juntas biseladas de ataque y de salida en dirección de la cuerda 81, 82 en cada lado en dirección de la cuerda de la porción de pultrusión 60.

50 **[0099]** En la fig. 6b, una capa inferior de elementos de pultrusión comprende el primer elemento de pultrusión inferior, el elemento intermedio de pultrusión inferior y el segundo elemento de pultrusión inferior 61, 63, y una capa superior de elementos de pultrusión situada encima de la capa inferior comprende un primer elemento de pultrusión superior, un elemento intermedio de pultrusión superior y un segundo elemento de pultrusión superior 65, 66. En este modo de realización, la porción de pultrusión 60 tiene una forma de sección transversal de trapecioide isósceles. La porción de pultrusión 60 y la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 están unidos mediante juntas biseladas de ataque y de salida en dirección de la cuerda 81, 82 en cada lado en dirección de la cuerda de la porción de pultrusión 60.

55 **[0100]** A continuación se describe un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica segmentada 10 que comprende un laminado principal 50 como se observa en las figuras. El procedimiento comprende las etapas de:

60 - proporcionar:

◦ un molde 44 con una superficie de molde;

65 ◦ una parte de concha 24 configurada para proporcionar la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica 10 situada sobre la superficie de molde del molde 44,

◦ una porción de pultrusión 60 que incluye una pluralidad de elementos de pultrusión que incluyen un elemento de pultrusión inferior 61 y un elemento de pultrusión superior 65 que se extienden en la dirección de envergadura L hasta un extremo de transición 60a, teniendo la porción de pultrusión 60 una porción de transición 60b en el extremo de transición 60a, y

5

◦ una pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra 71, 72 que se extienden en la dirección de envergadura L hasta un extremo de transición 70a, teniendo la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 una porción de transición 70b en el extremo de transición 70a;

10

- situar el elemento de pultrusión inferior 61 y el elemento inferior reforzado con fibra 71 en extensión uno de otro extremo con extremo en la parte de concha 24 de la pala de turbina eólica 10, de modo que el extremo de transición 70a del elemento inferior reforzado con fibra 71 sea adyacente y esté orientado hacia el extremo de transición 60a del elemento de pultrusión inferior 61 y para formar el lado inferior continuo 55 de la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra como se observa en las figs. 4a-4b;

15

- apilar la pluralidad de elementos de pultrusión 61, 65 en la dirección de grosor T desde el elemento de pultrusión inferior 61 hasta el elemento de pultrusión superior 65;

20

- apilar la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 en la dirección de grosor T desde el elemento inferior reforzado con fibra 71 hasta el elemento superior reforzado con fibra 72 como se observa en las figs. 5a-5b y disponer cualquier elemento intermedio reforzado con fibra entre los mismos como se observa en las figs. 6a-6b de modo que el extremo de transición 70a de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 esté situado adyacente al extremo de transición 60a de la porción de pultrusión 60;

25

- sellar la parte de concha 24, la porción de pultrusión 60 y la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 en una cavidad hermética;

30

- evacuar aire de la cavidad para crear una atmósfera de baja presión en la cavidad;

- impregnar la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra con un material de resina, por ejemplo epoxi;

35

- curar la parte de concha 24, la porción de pultrusión 60 y la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70 formando de este modo una junta biselada 80, 81, 82 entre la porción de transición 60b de la porción de pultrusión 60 y la porción de transición 70b de la pluralidad de elementos reforzados con fibra 70;

40

- acoplar la parte de concha 24 y el laminado principal 50 a una parte de concha de pala correspondiente 26 con un laminado principal correspondiente para formar un segmento de pala de raíz acoplando el laminado principal 50 al laminado principal correspondiente por medio de almas; y

45

- unir por medio una junta de pasador, el extremo de junta 11a del segmento de pala de raíz 11 con un extremo de junta 12a de un segmento de pala de punta 12 por medio de una junta de pasador para formar una pala de turbina eólica 10.

**Lista de referencias**

**[0101]**

50

2 turbina eólica

4 torre

55

6 góndola

8 buje

10 pala

60

11 segmento de pala de raíz

11a extremo de junta

65

12 segmento de pala de punta

12a extremo de junta

	13 concha
5	14 punta de pala
	15 extremo de punta
	16 raíz de pala
10	17 extremo de raíz
	18 borde de ataque
	20 borde de salida
15	24 lado de presión
	26 lado de succión
20	30 región de raíz
	34 región de perfil alar
	40 hombro
25	44 molde proximal
	46 molde distal
30	50 laminado principal
	L dirección de envergadura
	C dirección de la cuerda
35	51 extremo proximal
	52 región de transición
40	53 extremo distal
	54 lado superior
	55 lado inferior
45	T dirección de grosor
	60 porción de pultrusión
50	60a extremo de transición
	60b porción de transición
	61 primer elemento de pultrusión inferior distal
55	62 primer elemento de pultrusión inferior proximal
	63 segundo elemento de pultrusión inferior distal
60	64 segundo elemento de pultrusión inferior proximal
	65 primer elemento de pultrusión superior distal
	66 segundo elemento de pultrusión superior distal
65	70 elementos reforzados con fibra

- 70a extremo de transición
- 5 70b porción de transición
- 71 elemento inferior reforzado con fibra
- 72 elemento superior reforzado con fibra
- 10 80 junta biselada en dirección de envergadura
- 81 junta biselada de ataque en dirección de la cuerda
- 15 82 junta biselada de salida en dirección de la cuerda
- 91 primera localización
- 92 segunda localización
- 20 93 tercera localización
- 94 cuarta localización
- 25 95 quinta localización
- 96 sexta localización

**REIVINDICACIONES**

1. Un laminado principal (50) que forma una estructura de soporte de carga para una pala de turbina eólica (10), extendiéndose el laminado principal en una dirección de envergadura (L) desde un extremo proximal (51) a través de una región de transición (52) hasta un extremo distal (53), en el que el laminado principal comprende:
- un lado superior (54) configurado para estar orientado hacia el interior de la pala de turbina eólica, un lado inferior (55) opuesto al lado superior y una dirección de grosor (T) que se extiende entre el lado superior y el lado inferior;
  - una porción de pultrusión (60) que incluye un elemento de pultrusión inferior (61, 62) que se extiende en la dirección de envergadura desde el extremo proximal hasta un extremo de transición (60a) localizado en la región de transición del laminado principal, teniendo la porción de pultrusión una porción de transición (60b) en el extremo de transición, formando el elemento de pultrusión inferior una primera parte del lado inferior del laminado principal;
  - una pluralidad de elementos reforzados con fibra (70) que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra (71, 72) que se extienden en la dirección de envergadura desde el extremo distal hasta un extremo de transición (70a) localizado en la región de transición del laminado principal, teniendo la pluralidad de elementos reforzados con fibra una porción de transición (70b) en el extremo de transición, formando el elemento inferior reforzado con fibra una segunda parte del lado inferior del laminado principal, apilándose la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la dirección de grosor desde el elemento inferior reforzado con fibra hasta el elemento superior reforzado con fibra;
- en el que la porción de transición de la porción de pultrusión y la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectadas por una junta (80) en la región de transición del laminado principal, **caracterizado por** un lado en dirección de la cuerda de la porción de transición de la porción de pultrusión y un lado en dirección de la cuerda de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectados por una junta (81, 82).
2. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de elementos reforzados con fibra tiene la forma de al menos una lámina reforzada con fibra, al menos una capa reforzada con fibra y/o al menos un elemento de preforma reforzado con fibra.
3. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la porción de pultrusión comprende un elemento de pultrusión superior (65, 66) que forma parte del lado superior del laminado principal, apilándose los elementos de pultrusión en la dirección del grosor desde el elemento de pultrusión inferior hasta el elemento de pultrusión superior.
4. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento de pultrusión inferior es un primer elemento de pultrusión inferior (61, 62), y en el que la porción de pultrusión comprende un segundo elemento de pultrusión inferior (63, 64) dispuesto lado a lado en la dirección de la cuerda con el primer elemento de pultrusión inferior.
5. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento de pultrusión inferior es un elemento de pultrusión inferior distal (61, 63), y en el que la porción de pultrusión comprende un elemento de pultrusión inferior proximal (62, 64) dispuesto extremo a extremo y en extensión del elemento de pultrusión inferior distal.
6. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la junta es una junta biselada, preferentemente una única junta biselada.
7. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el lado en dirección de la cuerda de la porción de transición de la porción de pultrusión y el lado en dirección de la cuerda de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra están conectados mediante una junta biselada (81, 82).
8. Un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta localizaciones (91, 92, 93, 94, 95, 96) localizadas a lo largo de la extensión en dirección de envergadura del laminado principal, estando localizada la primera localización (91) en el extremo proximal del laminado principal y estando localizada la sexta localización (96) en el extremo distal del laminado principal, estando delimitada la región de transición del laminado principal por la segunda localización (92) y la quinta localización (95),
- en el que el extremo de transición de la porción de pultrusión está localizado en la tercera localización (93) y un extremo opuesto de la porción de pultrusión está localizado en la primera localización, la segunda localización (92) está localizada entre las primera y tercera localizaciones, y en el que el

extremo de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra está localizado en la cuarta localización (94), y un extremo opuesto de la pluralidad de elementos reforzados con fibra puede estar localizado en la sexta localización, la quinta localización está localizada entre las cuarta y sexta localizaciones.

- 5
9. Una pala de turbina eólica (10) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal (L) desde una raíz (17) hasta una punta (15), comprendiendo la pala de turbina eólica una región de raíz (30) y una región de perfil alar (34) con la punta, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión (24), un lado de succión (26) y una línea de cuerda (C) que se extiende entre un borde de ataque (18) y un borde de salida (20), comprendiendo la pala de turbina eólica una concha (13) que proporciona la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica y un laminado principal (50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, formando el laminado principal una estructura de soporte de carga de la pala de turbina eólica y el lado inferior del laminado principal está situado en la cocha.
- 10
10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación precedente, en la que el extremo proximal del laminado principal está localizado en la región de raíz o en la raíz de la pala de turbina eólica, y el extremo distal del laminado principal está localizado en la región de perfil alar o en la punta de la pala de turbina eólica, y en la que la región de transición del laminado principal está localizada en la región de perfil alar de la pala de turbina eólica.
- 15
11. Un segmento de pala de turbina eólica para una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que el segmento de pala de turbina eólica se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz hasta un extremo distal configurado para la conexión con otro segmento de pala de turbina eólica, opcionalmente mediante una junta de pasador, comprendiendo el segmento de pala de turbina eólica una región de raíz y una región de perfil alar con el extremo distal, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, comprendiendo el segmento de pala de turbina eólica una concha que define la forma aerodinámica del segmento de pala de turbina eólica y un laminado principal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, formando el laminado principal una estructura de soporte de carga del segmento de pala de turbina eólica y el lado inferior del laminado principal está situado en la concha.
- 20
12. Un segmento de pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el extremo proximal del laminado principal está localizado en la región de raíz o en la raíz del segmento de pala de turbina eólica, y el extremo distal del laminado principal está localizado en la región de perfil alar o en el extremo distal del segmento de pala de turbina eólica, y en el que la región de transición del laminado principal está localizada en la región de perfil alar del segmento de pala de turbina eólica.
- 25
13. Un procedimiento para fabricar un laminado principal para una pala de turbina eólica, extendiéndose el laminado principal en una dirección de envergadura desde un extremo proximal a través de una región de transición hasta un extremo distal y comprendiendo un lado inferior configurado para estar orientado hacia una concha de la pala de turbina eólica, un lado superior configurado para estar orientado hacia el interior de la pala de turbina eólica, y una dirección de grosor que se extiende entre el lado inferior y el lado superior, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 30
- 40
- 45
- proporcionar:
    - una porción de pultrusión que incluye un elemento de pultrusión inferior que se extiende en la dirección de envergadura hasta un extremo de transición, teniendo la porción de pultrusión una porción de transición en el extremo de transición, y
    - una pluralidad de elementos reforzados con fibra que incluyen elementos inferior y superior reforzados con fibra que se extienden en la dirección de envergadura hasta un extremo de transición, teniendo la pluralidad de elementos reforzados con fibra una porción de transición en el extremo de transición;
- 50
- situar el elemento de pultrusión inferior y el elemento inferior reforzado con fibra en extensión uno del otro, de modo que el extremo de transición del elemento inferior reforzado con fibra es adyacente y está orientado hacia el extremo de transición del elemento de pultrusión inferior;
  - apilar la pluralidad de elementos reforzados con fibra en la dirección de grosor desde el elemento inferior reforzado con fibra hasta el elemento superior reforzado con fibra;
  - curar la porción de pultrusión y la pluralidad de elementos reforzados con fibra formando de este modo una junta entre la porción de transición de la porción de pultrusión y la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra y conectando un lado en la dirección de la cuerda de la porción de transición de la porción de pultrusión y un lado en la dirección de la cuerda de la porción de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra mediante una junta, preferentemente una junta biselada.
- 55
- 60
- 65

- 5
14. Un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica que se extiende a lo largo de un eje longitudinal desde una raíz hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una región de raíz y una región de perfil alar con la punta, comprendiendo la pala de turbina eólica un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, comprendiendo la pala de turbina eólica una concha que proporciona la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica y un laminado principal que forma una estructura de soporte de carga de la pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 10
- proporcionar una concha configurada para proporcionar la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica,
  - realizar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el elemento de pultrusión inferior y el elemento inferior reforzado con fibra están situados en extensión uno del otro en la concha de la pala de turbina eólica.
- 15
15. Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13-14, en el que la porción de pultrusión es una pluralidad de elementos de pultrusión que incluyen el elemento de pultrusión inferior y un elemento de pultrusión superior, extendiéndose la pluralidad de elementos de pultrusión en la dirección de envergadura hasta el extremo de transición de la porción de pultrusión, y en el que la etapa de situar la
- 20
- porción de pultrusión comprende:
- apilar la pluralidad de elementos de pultrusión en la dirección de grosor desde el elemento de pultrusión inferior hasta el elemento de pultrusión superior de modo que el extremo de transición de la porción de pultrusión esté situado adyacente al extremo de transición de la pluralidad de elementos reforzados con fibra.
- 25

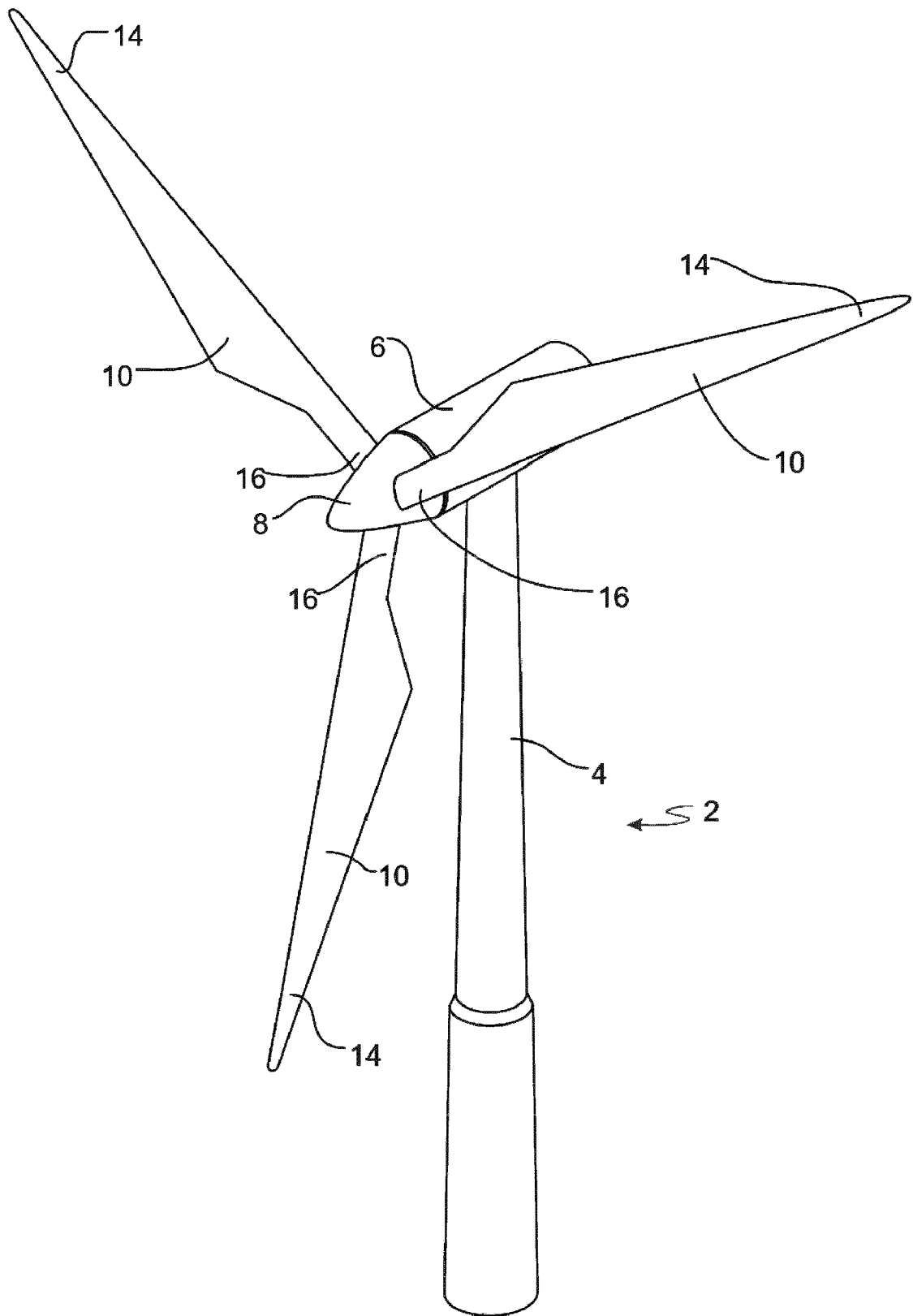


Fig. 1

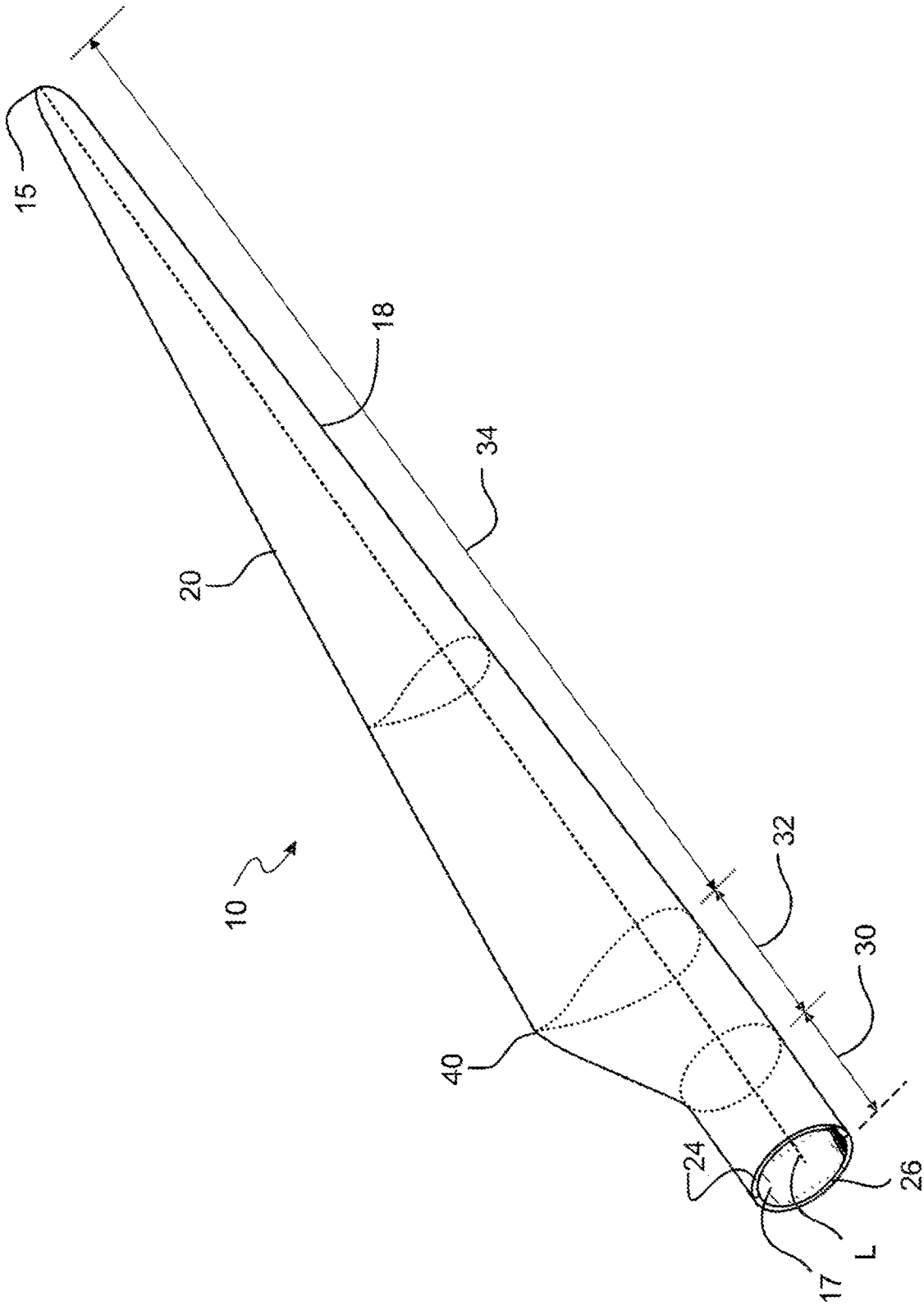
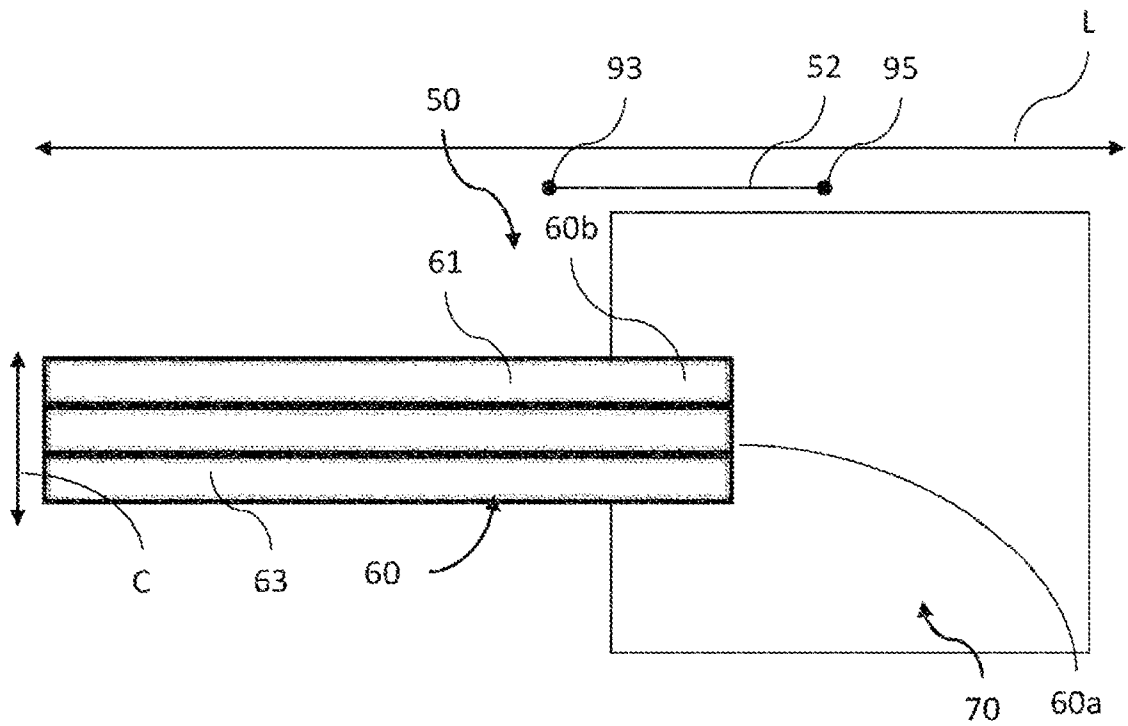
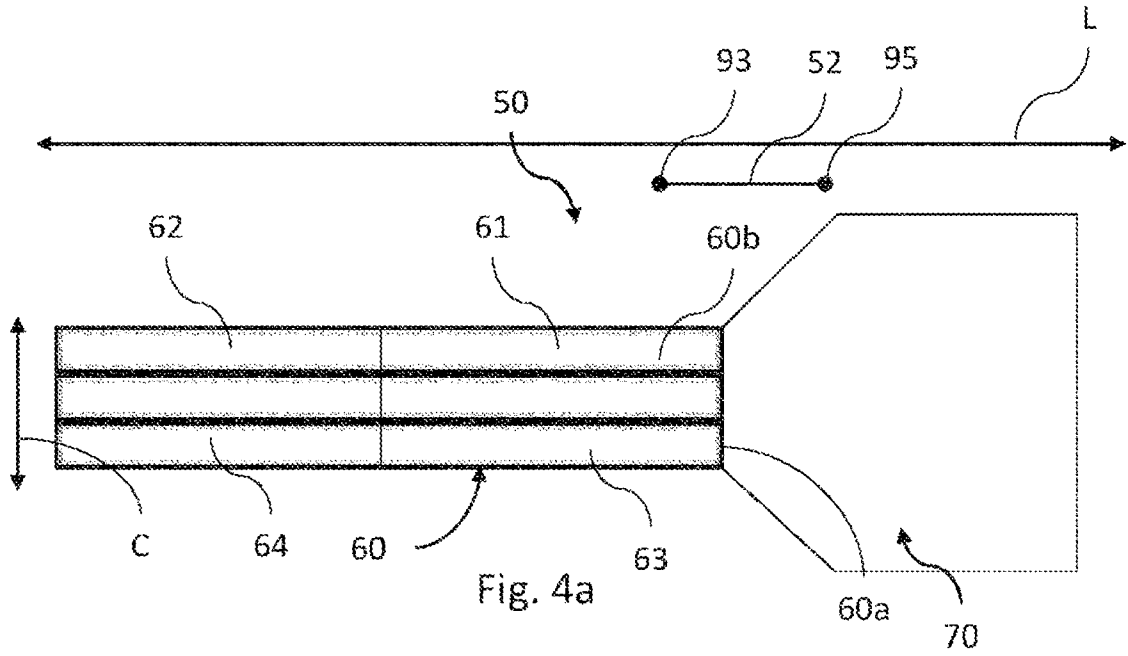


Fig. 2





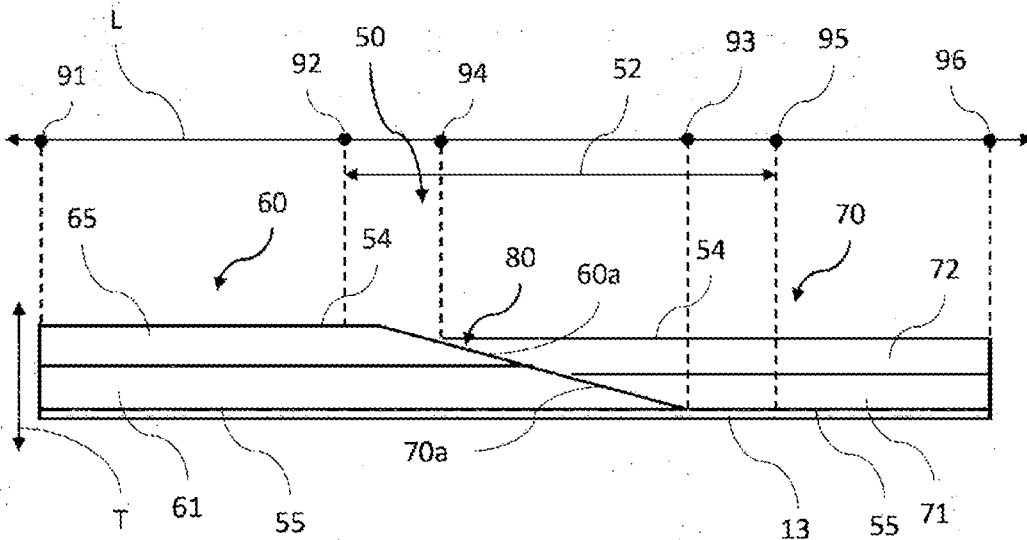


Fig. 5a

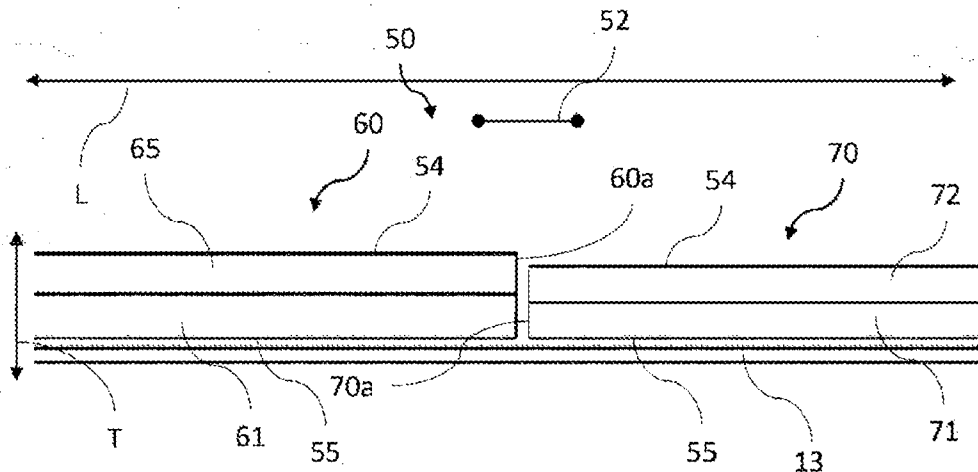


Fig. 5b

