

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 443**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

B29L 31/08 (2006.01)

B29C 70/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.05.2020 PCT/EP2020/063605**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2020 WO20244902**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2020 E 20728982 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024 EP 3953159**

54 Título: **Método de fabricación de una pala de turbina eólica y pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

07.06.2019 EP 19179026

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

29.10.2024

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)**

**Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**CHIESURA, GABRIELE;
HURUP, ALLAN y
KRISTENSEN, JENS JØRGEN ØSTERGAARD**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 984 443 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

Método de fabricación de una pala de turbina eólica y pala de turbina eólica

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una pala de turbina eólica y a una pala de turbina eólica.

Una forma de producir más potencia utilizando una turbina eólica en condiciones de viento dadas, es aumentar el tamaño de las palas. Sin embargo, la fabricación de palas de turbina eólica y su transporte a los lugares de aprovechamiento eólico se está volviendo cada vez más difícil para los cada vez mayores tamaños de pala. Por lo tanto, las palas de turbina eólica se fabrican, por ejemplo, por secciones y se unen *in situ*. Es deseable mantener el menor número posible de etapas de procesamiento necesarias para unir las secciones de pala. Sin embargo, las uniones tienen que configurarse lo suficientemente fuertes para resistir las fuerzas que actúan sobre la pala durante el funcionamiento de la turbina eólica. Las secciones de pala se conectan entre sí mediante unión (utilizando un adhesivo o un laminado), atornillado o una combinación de ambos.

15 El documento WO 2016 198 075 A1 describe una pala modular de turbina eólica que comprende módulos de pala primero y segundo, que tienen tapas de larguero incorporadas dentro de sus carcasas exteriores. Las tapas de los largueros se ahúsan en grosor de manera que se ahúsan desde la superficie exterior de la pala hasta la superficie interior de la pala, a medida que el grosor disminuye, lo que da como resultado rebajes ahusados hacia adentro que se definen en las conchas exteriores. Los rebajes ahusados en los módulos de pala primero y segundo se alinean cuando los módulos se colocan extremo con extremo para formar un canal continuo de doble concidad. Un elemento de conexión, que tiene una estructura de doble concidad, está unido en el canal para conectar los módulos entre sí. Preferiblemente, se utiliza un adhesivo para unir el elemento de conexión en el canal de doble concidad. Este proceso de unión debe realizarse desde la pala fuera debido a los rebajes ahusados hacia adentro.

20 Para evitar problemas con las uniones pegadas, tales como grietas en la línea de pegamento, el documento EP 1 310 351 A1 propone un método para unir palas modulares de turbina eólica de materiales compuestos, principalmente en una pieza mediante infusión al vacío, para evitar cualquier unión de pegamento.

30 Además, el documento US-2018/0216601 A1 describe un método para formar una pala de rotor de turbina eólica. El método incluye colocar paneles de revestimiento prefabricados primero y segundo que definen una parte de una sección de raíz de la pala de rotor de turbina eólica, un lado de presión de la pala de rotor de turbina eólica, o un lado de succión de la pala de rotor de turbina eólica en un molde. Los paneles de revestimiento prefabricados primero y segundo se solapan parcialmente para definir una región de conexión. Se coloca una bolsa de vacío sobre el molde. La región de conexión se infunde con una resina.

40 Además, el documento US-2007/0253824 A1 describe un método para ensamblar una pala de rotor de turbina eólica en sección. El método comprende las etapas de proporcionar una pala de rotor de turbina eólica en sección que tenga una primera y una segunda secciones de pala, ajustar entre sí las secciones de pala por medio de un conector, y formar una unión permanente entre las secciones primera y segunda. El conector incluye, por ejemplo, una varilla de conector y un receptáculo adaptado para recibir la varilla. Tal conexión de tipo enchufe y receptáculo permite el ensamblaje de los módulos de pala en el emplazamiento de la obra.

45 Es un objeto de la presente invención proporcionar un método mejorado para fabricar una pala de turbina eólica y una pala de turbina eólica mejorada.

Por consiguiente, se propone un método para fabricar una pala de turbina eólica según la reivindicación independiente 1.

50 Por lo tanto, se proporciona una unión de sección de pala, ligera y a la vez resistente. En particular, la resistencia de esta unión laminada formada por infusión al vacío, es comparable a la resistencia del laminado prístino. En comparación con una conexión que utilice un adhesivo, la unión laminada formada por infusión al vacío proporciona una unión de sección de pala más ligera y más resistente, en particular, un mejor rendimiento peso-resistencia. Esto se debe a que en el caso de un adhesivo, el peso del adhesivo se añade en la línea de unión, y la resistencia a cizalladura interlaminar se reduce a medida que aumenta el grosor de la línea de unión. Además, la unión laminada formada por infusión al vacío evita el problema de las uniones de pegamento que tengan un material diferente en el pegamento que en el resto de la pala.

60 Además, el método propuesto para la fabricación de una pala de turbina eólica permite realizar el proceso de unión de las secciones de pala dentro de la cavidad de la pala. Esto facilita el proceso de fabricación, ya que hay procesos de unión, tales como una conexión de alma, que, de cualquier manera, solo pueden realizarse desde el interior de la cavidad de pala. Una pala de turbina eólica generalmente comprende un alma (de cizalladura) en su cavidad interior. La conexión del alma de una sección de pala a la banda de otra sección de pala, solo puede realizarse desde el interior de la cavidad de la pala. Además, a medida que las palas de turbina eólica aumenten de tamaño, los tamaños de las secciones transversales de las secciones de pala también aumentan en tamaño. En particular, las cavidades interiores de las secciones de pala son lo suficientemente grandes como para permitir que se realice trabajo, tales como procesos de unión, desde el interior de la pala.

65

Además, con el método de unión propuesto que utiliza el módulo de unión dispuesto dentro de las secciones de pala y el proceso de infusión al vacío, la unión de las dos secciones de pala puede realizarse con un número reducido de procesos húmedos y etapas de curado. Por ejemplo, podrían ser necesarios solo un proceso húmedo, es decir, infusión de resina, y solo un ciclo de curado.

5 La pala de turbina eólica es parte de un rotor de una turbina eólica. La turbina eólica es un aparato para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. La turbina eólica comprende, por ejemplo, el rotor que tiene una o más de las palas conectadas cada una a un buje, una góndola que incluye un generador, y una sujeción de torre, en su extremo superior, la góndola. La torre de la turbina eólica puede conectarse a través de una pieza de transición a una base de la turbina eólica, tal como un monopilote en el lecho marino.

15 La pala de turbina eólica comprende dos o más secciones de pala que dividen la pala en una dirección longitudinal. En particular, las secciones adyacentes de la pala se disponen adyacentes entre sí en una dirección longitudinal de la pala. Una primera de las secciones adyacentes de la pala es, por ejemplo, una sección interior de la pala. La sección interior de la pala comprende, por ejemplo, una sección de raíz conectada al buje del rotor. Una segunda de las secciones adyacentes de la pala es, por ejemplo, una sección exterior de la pala. La sección exterior de la pala comprende, por ejemplo, una punta de pala. Además de las primeras y segundas secciones de pala descritas, la pala de turbina eólica también puede comprender una o más secciones adicionales de pala. La una o más secciones adicionales de pala pueden unirse entre sí y/o con las secciones de pala primera y/o segunda descritas, mediante el mismo proceso de unión por el cual la primera sección de la pala se une con la segunda sección de la pala.

20 La pala de turbina eólica, p. ej., la sección de raíz, se conecta, por ejemplo, de manera fija al buje. La pala de turbina eólica, por ejemplo, se atornilla directamente al buje.

25 Alternativamente, la pala de turbina eólica, p. ej., la sección de raíz, se conecta de manera giratoria al buje. Por ejemplo, la pala de turbina eólica se conecta a un cojinete de paso de la turbina eólica, y el cojinete de paso se conecta al buje. El cojinete de paso se configura para ajustar el ángulo de ataque de la pala según la velocidad del viento para controlar la velocidad de rotación de la pala.

30 Aparte de la sección de raíz (cilíndrica) conectada con el buje, la pala de turbina eólica se conforma aerodinámicamente. La pala de turbina eólica, es decir, cada una de sus secciones de pala, comprende, por ejemplo, un lado de presión (lado de viento ascendente) y un lado de succión (lado de viento descendente). El lado de presión y el lado de succión están conectados entre sí en un borde de ataque y un borde de salida. Los lados de presión y succión y los bordes de ataque y de salida definen una cavidad interior de la pala de turbina eólica.

35 Se podrían disponer dos secciones de pala adyacentes entre sí de manera que las secciones de pala se apoyen entre sí. Alternativamente, podría haber un pequeño hueco entre las secciones adyacentes de pala, que puedan llenarse por la parte de unión (curada). El hueco puede ser un mínimo.

40 La disposición de la parte de unión dentro de las secciones adyacentes de pala incluye, en particular, el superponer el laminado de fibra de la parte de unión con las secciones de pala en un área de unión de las secciones de pala.

45 La resina se infunde y cura desde el interior de la cavidad de la pala de turbina eólica. Antes de infundir y curar la resina, la bolsa de vacío se sella y se genera vacío dentro de la bolsa de vacío sellada. La resina se cura, por ejemplo, aplicando calor.

El laminado de fibra impregnado en la resina infundida y curada forma la parte de unión curada. La parte de unión curada es, en particular, un laminado de resina reforzado con fibra.

50 La frase “una parte de unión curada que une las secciones interiores de pala”, significa que la parte de unión curada une o conecta las secciones de pala en sus superficies interiores, es decir, las superficies de las secciones de pala orientadas a una cavidad abierta o cerrada dentro de cada sección de pala.

55 Según una realización, cada una de las secciones adyacentes de pala comprende una parte ahusada hacia fuera, de manera que las partes ahusadas hacia fuera conformen un rebaje común. Además, la parte de unión se dispone dentro de las secciones adyacentes de pala, disponiendo la parte de unión en el rebaje común.

60 Al tener las partes ahusadas hacia fuera de las secciones adyacentes de pala, las superficies exteriores de las secciones de pala pueden terminarse antes del proceso de unión. En particular, no se necesita relleno, revestimiento y/o pintura adicional en la superficie exterior de la pala después del proceso de unión.

65 En particular, cada una de las secciones adyacentes de pala comprende en una parte de extremo de la misma una parte ahusada hacia fuera. En particular, cada una de las secciones de pala se ahúsa hacia afuera hacia una interfaz de unión con la otra sección de pala. Además, cada una de las secciones de pala se ahúsa hacia afuera de manera que cada una de las secciones de pala conforme un rebaje interior. Los rebajes interiores de las secciones de pala conforman un rebaje común cuando las secciones de pala se disponen adyacentes entre sí. El rebaje interior común se llena por el laminado de fibra de la parte de unión.

5 En particular, la parte de unión se dispone dentro del rebaje común mediante, en primer lugar, la disposición de la parte de unión en el rebaje interior de una primera de las secciones de pala. A continuación, una segunda de las secciones de pala se dispone adyacente a la primera de las secciones de pala, de manera que el rebaje interior de la segunda de las secciones de pala reciba la parte de unión.

10 En particular, un grosor de una carcasa, viga y/o alma de pala disminuye hacia la interfaz con la otra sección de pala, para conformar la parte ahusada hacia fuera. La parte ahusada hacia fuera puede configurarse, por ejemplo, de manera que el grosor de su carcasa, viga y/o alma de pala disminuya linealmente hacia la interfaz con la otra sección de pala. La parte ahusada hacia fuera puede configurarse, por ejemplo, de manera que el grosor de su carcasa, viga y/o alma de pala disminuya gradualmente o se curve hacia la interfaz con la otra sección de pala.

15 En realizaciones, cada sección de pala puede comprender en una determinada parte de extremo de la misma, dos o más partes ahusadas hacia fuera. En particular, cada una de las dos o más partes ahusadas hacia fuera de una primera sección de pala, corresponde a una parte ahusada hacia fuera de una segunda sección de pala. Además, cada una de las dos o más partes ahusadas hacia fuera de las primera y segunda secciones de pala, conforman un rebaje común. Además, en este caso, la parte de unión se dispone dentro de las secciones de pala adyacentes disponiendo la parte de unión en los dos o más rebajes comunes.

20 Según una realización adicional, la parte de unión se proporciona en un mandril. Además, la parte de unión se dispone dentro de las secciones adyacentes de pala disponiendo el mandril con la parte de unión dentro de las secciones adyacentes de pala.

25 El uso de un mandril permite preempaquetar el laminado de fibra sobre el mandril. Por ejemplo, el laminado de fibra puede preempaquetarse en el mandril fuera del sitio y transportarse al lugar del ensamblaje. El lugar del ensamblaje es, por ejemplo, un sitio portuario en el caso de una turbina eólica marina, o un sitio de levantamiento en el caso de una turbina eólica terrestre. Además, el laminado de fibra puede preempaquetarse en el mandril en paralelo a la fabricación de las secciones de pala. Por lo tanto, el tiempo de fabricación de la pala puede reducirse.

30 Además, un mandril permite un mejor conformado del laminado de fibra infundido con resina durante el curado, utilizando el mandril como molde.

El mandril puede comprender dos o más partes de mandril.

35 Antes de empaquetar el laminado de fibra sobre el mandril, se puede disponer una bolsa de vacío en el mandril. El laminado de fibra puede entonces disponerse en la bolsa de vacío.

40 En realizaciones, el método podría comprender la etapa de retirar la bolsa de vacío y/o el mandril, después de infundir y curar la resina. El mandril y/o la bolsa de vacío se retiran, por ejemplo, a través de la sección de raíz de pala.

Según una realización adicional, el laminado de fibra comprende una conformación de laminado de fibra, una vez curada, una o más uniones de viga que unen una o más vigas de una primera de las secciones adyacentes de pala con una o más vigas correspondientes de una segunda de las secciones adyacentes de pala.

45 El que la parte de unión comprenda un laminado de fibra que forme una o más uniones de viga, permite proporcionar una unión de sección de pala ligera y resistente, que incluye una o más uniones de viga en un proceso más eficiente de fabricación.

50 Según una realización adicional, las uno o más vigas comprenden una viga del lado de presión, una viga del lado de succión, una viga o refuerzo de borde de ataque y/o una viga o refuerzo de borde de salida.

55 Una viga del lado de presión es, en particular, una viga en el lado de presión de la pala de turbina eólica. Una viga del lado de succión es, en particular, una viga en el lado de succión de la pala de turbina eólica. Una viga o refuerzo de borde de ataque es, en particular, una viga y/o refuerzo en el borde de ataque de la pala de turbina eólica. Una viga o refuerzo de borde de salida es, en particular, una viga y/o refuerzo en el borde de salida de la pala de turbina eólica.

60 El que la parte de unión comprenda un laminado de fibra para una viga del lado de presión, una viga del lado de succión, una viga del borde de ataque y/o una viga del borde de salida, permite proporcionar una unión de sección de pala ligera y resistente, que incluye una unión de viga del lado de presión, una unión de viga del lado de succión, una unión de viga del borde de ataque y/o una unión de viga del borde de salida. En particular, la parte de unión puede incluir que el laminado de fibra conforme varias o todas estas vigas. Por lo tanto, varias o todas estas vigas pueden unirse en una sola etapa de proceso, mediante infusión y curado de la resina.

65 Según una realización adicional, el laminado de fibra comprende una conformación del laminado de fibra, una vez curada, una unión de carcasa que une una carcasa de una primera de las secciones adyacentes de pala con una carcasa de una segunda de las secciones adyacentes de pala.

- 5 El que la parte de unión comprenda un laminado de fibra para la carcasa, permite proporcionar una unión de sección de pala ligera y resistente, que incluye una unión de carcasa en un proceso más eficiente de fabricación. En particular, la carcasa y varias o todas las vigas pueden unirse en una sola etapa de proceso, mediante infusión y curado de la resina.
- Según una realización adicional, el laminado de fibra comprende una conformación del laminado de fibra, una vez curada, una unión de alma que une un alma de una primera de las secciones adyacentes de pala con un alma de una segunda de las secciones adyacentes de pala.
- 10 El alma (de cizalladura) conecta, en particular, las carcasas de pala del lado de presión y del lado de succión en la cavidad interior de la pala. El alma proporciona a la pala resistencia a la cizalladura.
- El que la parte de unión comprenda el laminado de fibra para el alma, permite proporcionar una unión de sección ligera y de gran peso de pala que incluye una unión de alma. En particular, el alma y la carcasa y/o varias o todas las vigas pueden unirse en una sola etapa de proceso, mediante infusión y curado de la resina.
- 15 Según una realización adicional, la parte de unión se dispone dentro de las secciones adyacentes de pala que comprenden una primera de las secciones de pala y una segunda de las secciones de pala, al:
- 20 – insertar la parte de unión parcialmente en la primera de las secciones de pala, de manera que una parte de la parte de unión sobresalga de la primera de las secciones de pala, y
 - disponer la segunda de las secciones adyacentes de pala a la primera de las secciones de pala, de tal manera que la segunda de las secciones de pala reciba la parte de la parte de unión que sobresale de la primera de las secciones de pala.
- 25 Insertar la parte de unión parcialmente en la primera de las secciones de pala y disponer la segunda de las secciones de pala en la parte sobresaliente de la parte de unión, permite disponer más fácilmente la parte de unión. Además, permite colocar mejor la segunda de las secciones adyacentes de pala a la primera de las secciones de pala.
- 30 Según una realización adicional, la parte de unión se dispone dentro de las secciones adyacentes de pala por medio de una herramienta de elevación.
- La herramienta de elevación es, en particular, una grúa o un vehículo de elevación. El tener la herramienta de elevación permite disponer y colocar mejor la parte de unión.
- 35 Según una realización adicional, el laminado de fibra incluye fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida y/o fibras naturales.
- 40 Según una realización adicional, el laminado de fibra comprende fibras en estado seco.
- Las fibras en estado seco son, en particular, fibras sin resina. Las fibras en estado seco son más flexibles en comparación con las fibras con resina, tal como las fibras moldeadas en resina o las fibras preimpregnadas (preimpregnadas). Por lo tanto, el uso de fibras en estado seco para la parte de unión e infusión y curado de la resina solo después de disponer la parte de unión dentro de las secciones de pala, permite que coincida mejor la forma de la parte de unión con la forma de las secciones adyacentes de pala. Por lo tanto, se reducen los requisitos de fabricación de secciones adyacentes de pala con geometrías que coinciden con la parte de unión.
- 45 Según una realización adicional, el laminado de fibra incluye un material de núcleo, tal como madera, balsa, espuma de PET y/o espuma de PVC.
- 50 Cuando el laminado de fibra que incluye el material de núcleo se infunde y se cura con la resina, se obtiene un laminado de resina reforzada con fibra con una estructura de núcleo realizada a partir del material de núcleo. Por ejemplo, se puede obtener un laminado de resina reforzada con fibra de tipo sándwich en el que una capa del material de núcleo se disponga entre capas de resina reforzada con fibra.
- 55 El tener el material de núcleo permite reducir el peso del laminado final de resina reforzada con fibra, manteniendo a la vez una rigidez y/o resistencia suficiente de la pala.
- 60 Según una realización adicional, la resina incluye termoestables, termoplásticos, epoxi, poliuretano, éster de vinilo y/o poliéster.
- Según una realización adicional, el método comprende, después de fundir y curar la resina, la etapa de aplicar una banda de sellado que cubre una línea de separación entre las secciones adyacentes de pala desde el exterior.
- 65 La aplicación de la banda de sellado permite cubrir un pequeño hueco entre las secciones adyacentes de pala.

Según un aspecto adicional, se proporciona una pala de turbina eólica según la reivindicación independiente 15.

5 Las realizaciones y características descritas con referencia al método de la presente invención se aplican *mutatis mutandis* a la pala de turbina eólica de la presente invención.

Otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de las siguientes descripción y reivindicaciones dependientes, en combinación con las figuras adjuntas, en donde:

10 La Figura 1 muestra una turbina eólica según una realización;

la Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una parte de unión en un mandril según una realización, estando configurada la parte de unión para unir dos secciones de pala de una pala de la turbina eólica de la Figura 1;

15 la Figura 3 muestra la parte de unión de la Figura 2 sin el mandril;

la Figura 4 muestra una vista en perspectiva de la parte de unión de la Figura 2 durante la inserción en una primera sección de pala;

20 la Figura 5 muestra una vista en perspectiva de una segunda sección de pala durante la disposición adyacente a la primera sección de pala de la Figura 4;

la Figura 6 muestra una vista en sección transversal de las secciones de pala primera y segunda de la Figura 5 dispuestas adyacentes entre sí, tomada la sección transversal a lo largo de la línea B de la Figura 5;

25 la Figura 7 muestra un laminado de fibra para una unión de viga de la parte de unión de la Figura 2 en sección transversal tomada a lo largo de la línea B de la Figura 5;

la Figura 8 muestra una vista similar a la Figura 7, pero con la parte de unión insertada en la primera sección de pala;

30 la Figura 9 muestra una vista similar a la Figura 8, pero con la segunda sección de pala dispuesta adyacente a la primera sección de pala;

35 la Figura 10 muestra una vista similar a la Figura 9, pero con una bolsa de vacío unida y sellada;

la Figura 11 muestra un laminado de fibra para una unión de carcasa de la parte de unión de la Figura 2 en sección transversal tomada a lo largo de la línea C de la Figura 5;

40 la Figura 12 muestra una vista similar a la Figura 11, pero con la parte de unión insertada en la primera sección de pala;

la Figura 13 muestra una vista similar a la Figura 12, pero con la segunda sección de pala dispuesta adyacente a la primera sección de pala;

45 la Figura 14 muestra una vista similar a la Figura 13, pero con una bolsa de vacío unida y sellada;

la Figura 15 muestra un laminado de fibra para una unión de alma de la parte de unión de la Figura 2 y la primera sección de pala en sección transversal tomada a lo largo de la línea D en la Figura 2;

50 la Figura 16 muestra una vista similar a la Figura 15, pero con la parte de unión insertada en la primera sección de pala;

la Figura 17 muestra una vista exterior de las secciones de pala primera y segunda unidas entre sí por medio de la parte de unión; y

55 la Figura 18 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para fabricar la pala de turbina eólica de la turbina eólica de la Figura 1.

En las figuras, los números de referencia similares designan elementos similares o funcionalmente equivalentes, salvo que se indique lo contrario.

60 La Figura 1 muestra una turbina eólica 1 según una realización. La turbina eólica 1 comprende un rotor 2 que tiene una o más palas 3 conectadas a un buje 4. El buje 4 está conectado a un generador (no mostrado) dispuesto dentro de una góndola 5. Durante el funcionamiento de la turbina eólica 1, las palas 3 se impulsan por el viento para rotar, y la energía cinética del viento se convierte en energía eléctrica por el generador en la góndola 5. La góndola 5 está dispuesta en el extremo superior de una torre 6 de la turbina eólica 1. La torre 6 se levanta sobre una base 7, tal como un monopilar o tripilar. La base 7 se conecta y/o se lleva al suelo o al lecho marino.

65

A continuación, se describe, con respecto a las Figuras 2 a 18, un método mejorado para fabricar una pala 3 de turbina eólica que comprende dos o más secciones 20, 24 de pala.

5 En la etapa S1 del método, se proporciona una parte 8 de unión en un mandril 9, como se muestra en la Figura 2. El mandril 9 comprende la primera parte 10 de mandril y una segunda parte 11 de mandril. La parte 8 de unión comprende un laminado 12 de fibra para una unión de viga del lado de presión, y un laminado 13 de fibra para una unión de viga del lado de succión. Además, la parte 8 de unión comprende un laminado 14 de fibra para una unión de vida del borde de ataque, y un laminado 15 de fibra para una unión de viga del borde de salida. Además, la parte 8 de unión comprende un laminado 16 de fibra para una unión de alma. El laminado 16 de fibra para la unión de alma se dispone entre la primera y la segunda partes 10 y 11 de mandril. La parte 8 de unión comprende, además, un laminado 17 de fibra para una unión de carcasa.

10 En el ejemplo descrito, los laminados 12, 13, 14, 15 y 17 de fibra para las vigas y la carcasa comprenden fibras en estado seco, es decir, sin resina. Además, en el ejemplo descrito, el laminado 16 de fibra para la unión de alma comprende tanto fibras en estado seco como fibras pre-moldeadas.

15 La Figura 3 muestra, con fines ilustrativos, la parte 8 de unión de la Figura 2 sin el mandril 9.

20 Para preempaquetar la parte 8 de unión como se muestra en la Figura 2, en primer lugar se proporciona un molde 18. En el molde 18, se proporcionan el laminado 13 de fibra para la unión de viga del lado de succión, y una parte del laminado 17 de fibra para la unión de carcasa. A continuación, se proporcionan bolsas 19 de vacío en los laminados 13, 17 de fibra. En la siguiente etapa, se dispone el mandril 9, es decir, las partes 10 y 11 de mandril. Las bolsas 19 de vacío se envuelven alrededor de las partes 10 y 11 de mandril en el lado del borde de ataque y del borde de salida. También se dispone el laminado 16 de fibra para la unión de alma. A continuación, se proporcionan el laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión, el laminado 14 de fibra para la unión de viga del borde de ataque, el laminado 15 de fibra para la unión de viga del borde de salida, y el resto del laminado 17 de fibra para la unión de carcasa. Finalmente, las bolsas 19 de vacío se disponen de tal manera que todos los laminados 12, 13, 14, 15, 16 y 17 de fibra estén cubiertos por un lado de los mismos por una bolsa 19 de vacío. Cuando se utilice un mandril 9 que comprende más de una parte 10, 11 de mandril, puede que se precise más de una bolsa 19 de vacío.

30 En la etapa S2 del método, la parte 8 de unión que comprende los laminados 12, 13, 14, 15, 16 y 17 de fibra para las uniones de viga, de carcasa y de alma, se inserta junto con el mandril 9 parcialmente en una primera sección 20 de pala.

35 La Figura 4 ilustra la etapa S2 de disponer la parte 8 de unión en la primera sección 20 de pala de la turbina eólica 1. La primera sección 20 de pala se ha fabricado, en particular, utilizando resina reforzada con fibra. La primera sección 20 de pala se ha fabricado, por ejemplo, simultáneamente a la etapa S1 del preempaquetado de la parte 8 de unión. En este ejemplo, la primera sección 20 de pala es una sección interior de la pala 3. Sin embargo, la parte 8 de unión también podría insertarse en una sección externa de la pala 3.

40 En la Figura 4, la primera sección 20 de pala está fijada en posición por las guías 21 de alineación. La parte 8 de unión se inserta en la primera sección 20 de pala por medio de una herramienta 22 de elevación. La herramienta 22 de elevación es, en este ejemplo, un camión de elevación. La parte 8 de unión se inserta, en particular, parcialmente en la primera sección 20 de pala, de manera que una parte 23 de la parte 8 de unión sobresalga de la primera sección 20 de pala, como se muestra en la Figura 5.

45 La inserción de la parte 8 de unión en la primera sección 20 de pala incluye hacer coincidir los laminados 12, 13, 14, 15, 16, 17 de fibra de la parte 8 de unión con las capas correspondientes de la primera sección 20 de pala.

50 A fin de insertar más fácilmente la parte 8 de unión en la primera sección 20 de pala, el tamaño de sección transversal de la parte 8 de unión puede reducirse temporalmente. Esto podría hacerse plegando temporalmente uno o más de los laminados 12, 13, 14, 15 de fibra para las vigas. Otra o una opción adicional, sería el plegado hacia adentro del mandril hueco 9 en áreas donde no hayan laminados 12, 13, 14, 15 de fibra para las vigas. Después de insertar la parte 8 de unión en la primera sección 20 de pala, se puede restablecer el tamaño original de la sección transversal de la parte 8 de unión.

55 En la etapa S3 del método, una segunda sección 24 de pala de la pala 3, se dispone adyacente a la primera sección 20 de pala. En particular, la segunda sección 24 de pala se dispone adyacente a la primera sección 20 de pala, de manera que acomode la parte 23 de la parte 8 de unión que sobresale de la primera sección 20 de pala, como se muestra en la Figura 5. En particular, la segunda sección 24 de pala se empuja sobre la parte 23 de la parte 8 de unión hasta que la segunda sección 24 de pala se apoye en la primera sección 20 de pala. La segunda sección 24 de pala se dispone adyacente a la primera sección 20 de pala por medio de una guía 26 de alineación. La guía 26 de alineación se monta, por ejemplo, de manera que las secciones adyacentes 20, 24 de pala se puedan mover, p. ej., por los rieles 27. El signo A de referencia indica un eje longitudinal de la pala 3.

60 La disposición de la segunda sección 24 de pala adyacente a la primera sección 20 de pala, incluye hacer coincidir los laminados 12, 13, 14, 15, 16, 17 de fibra de la parte 8 de unión con las capas correspondientes de la segunda sección 24 de pala.

La segunda sección 24 de pala es, en este ejemplo, una sección exterior de pala. Además, en este ejemplo, la segunda sección 24 de pala comprende una punta 25 de pala. Sin embargo, la segunda sección 24 de pala también podría ser una sección de pala interior.

5 La Figura 6 muestra una vista en sección transversal de una parte de la pala 3 tomada a lo largo de la línea B en la Figura 5. En la Figura 6 se muestran las secciones 20 y 24 de pala primera y segunda dispuestas adyacentes entre sí, así como la parte 8 de unión dispuesta dentro de las secciones 20 y 24 de pala primera y segunda. La sección transversal se toma a través de una viga del lado de presión y una viga del lado de succión de la pala 3. En la parte superior de la Figura 6, se muestran la viga 28 del lado de presión de la primera sección 20 de pala, la unión 12 de viga del lado de presión de la parte 8 de unión, y la viga 29 del lado de presión de la segunda sección 24 de pala en sección transversal. En la parte inferior de la Figura 6, se muestran la viga 30 del lado de succión de la primera sección 20 de pala, la unión 13 de viga del lado de succión de la parte 8 de unión, y la viga 31 del lado de succión de la segunda sección 24 de pala.

15 Cada una de las vigas del lado 28 y 29 de presión y de las vigas 30 y 31 del lado de succión, comprende una parte 32, 33, 34, 35 ahusada hacia fuera. Las partes 32 y 33 ahusadas hacia fuera de las vigas 28 y 29 del lado de presión de las secciones 20, 24 de pala primera y segunda, conforman un rebaje común 36. El laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión de la parte 8 de unión, se dispone en el rebaje común 36. Asimismo, las partes 34 y 35 ahusadas hacia fuera de las vigas 30 y 31 del lado de succión de las secciones 20, 24 de pala primera y segunda, conforman un rebaje común 37. El laminado 13 de fibra para la unión de viga del lado de succión de la parte 8 de unión, se dispone en el rebaje común 37.

20 En la etapa S4 del método, la parte 8 de unión y las secciones 20, 24 adyacentes de pala primera y segunda, están cubiertas, al menos parcialmente, con una bolsa 19, 38 de vacío. En este ejemplo, ya se han proporcionado una o más primeras bolsas 19 de vacío en la etapa S1 durante el preempaquetado del mandril 9. En la etapa S4, se proporciona una segunda bolsa 38 de vacío en las superficies exteriores 39, 40 de las primera y segunda secciones 20, 24 de pala. En la etapa S4, las bolsas 19, 38 de vacío están selladas alrededor de las superficies interiores 41, 42 y las superficies exteriores 39, 40, de las primera y segunda secciones 20, 24 de pala. La Figura 6 muestra el sellado de las bolsas 19, 38 de vacío que cubren el laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión y el laminado 13 de fibra para la unión de viga del lado de succión. El sellado se indica de forma esquemática e ilustrativa mediante los puntos 42 de sellado en la Figura 6. El sellado de las bolsas 19, 38 de vacío podría realizarse aplicando una cinta de sellado o cualquier otro método adecuado. Aunque no se muestra en la Figura 6, las bolsas 19 y 38 de vacío también están selladas alrededor de los laminados 14, 15, 16, 17 de fibra para las uniones de vigas del borde de ataque y de salida, la unión de alma y la unión de carcasa.

35 En la etapa S5 del método, se genera un vacío dentro de una cavidad 54 definida por las bolsas 19, 38 de vacío selladas. A continuación, se infunde una resina 43 en la cavidad 54 definida por las bolsas 19, 38 de vacío selladas. La Figura 6 muestra la resina 43 comenzando a llenar la cavidad 54 definida por las bolsas 19, 38 de vacío selladas, y para incorporar el laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión. La resina 43 infundida está completamente integrada en los laminados 12, 13, 14, 15, 16, 17 de fibra de la parte 8 de unión. A continuación, la resina 43 se cura para obtener una parte de unión curada. En la Figura 6, el signo 44 de referencia indica la parte de unión curada que se conforma cuando los laminados 12, 13 de fibra para las uniones de viga del lado de presión y del lado de succión están completamente integrados en la resina 43 infundida y curada. Aunque no se muestra en la Figura 6, la parte 44 de unión curada también comprende los laminados 14, 15, 16, 17 de fibra cuando se incorporan en la resina 43 infundida y curada. El proceso de infusión al vacío puede ser un proceso de Moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM). Para más detalles de la generación del vacío, la infusión y el curado de la resina 43, se remite al documento EP 1 310 351 A1.

45 Las Figuras 7 a 10 muestran una ilustración adicional y más detallada de las etapas S1 a S5 del método. Las Figuras 7 a 10 muestran la unión de la viga del lado de presión de la pala 3, por medio de la parte 8 de unión que incluye el laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión. Sin embargo, la unión de viga de las Figuras 7 a 10, podría ser cualquiera de la unión 12 de viga del lado de presión, la unión 13 de viga del lado de succión, la unión 14 de viga del borde de ataque, o la unión 15 de viga del borde de salida.

50 La Figura 7 muestra la etapa S1 de preempaquetar la bolsa 19 de vacío y la parte 8 de unión en el mandril 9 (el mandril 9 solo se muestra en la Figura 2). En primer lugar, la bolsa 19 de vacío se dispone en el mandril 9, entonces el laminado 17 de fibra para una unión interior de carcasa, el laminado 12 de fibra para la unión de viga del lado de presión, y el laminado 17 de fibra para la unión exterior de carcasa, se disponen en la bolsa 19 de vacío.

55 La Figura 8 muestra la etapa S2 de insertar parcialmente la parte 8 de unión preempaquetada en la primera sección 20 de pala. La primera sección 20 de pala comprende capas para la viga 28 del lado de presión, así como capas 45 para la carcasa interior y exterior. La parte 8 de unión se inserta en la primera sección 20 de pala, de manera que los laminados 12, 17 de fibra de la parte 8 de unión coincidan con las capas 45, 28 correspondientes de la primera sección 20 de pala.

60 La Figura 9 muestra la etapa S3 de empujar la segunda sección 24 de pala sobre la parte 8 de unión de manera que la segunda sección 24 de pala se apoye en la primera sección 20 de pala y se conforme el rebaje común 36.

65 La Figura 10 muestra la etapa S4 de aplicar la segunda bolsa 38 de vacío y sellar las bolsas 19, 38 de vacío. En la siguiente etapa S5, se genera un vacío dentro de la cavidad definida por las bolsas 19, 38 de vacío selladas, a fin de infundir y curar la resina 43.

Las Figuras 11 a 14 muestran una ilustración adicional de las etapas S1 a S5 del método que muestra la unión de la carcasa en áreas sin viga. Las Figuras 11 a 14 cada una muestran una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea C de la Figura 5.

5 La Figura 11 muestra la etapa S1 de preempaquetar la bolsa 19 de vacío y la parte 8 de unión en el mandril 9 (el mandril 9 solo se muestra en la Figura 2). En primer lugar, la bolsa 19 de vacío se dispone en el mandril 9, y el laminado 17 de fibra para una unión interior de carcasa se dispone en la bolsa 19 de vacío. A continuación, un material 46 de núcleo, tal como balsa, se dispone en el laminado 17 de fibra para la unión interior de carcasa. Finalmente, el laminado 17 de fibra para una unión exterior de carcasa se dispone sobre el material 46 de núcleo.

15 La Figura 12 muestra la etapa S2 de insertar parcialmente la parte 8 de unión preempaquetada de la Figura 11 en la primera sección 20 de pala. La primera sección 20 de pala comprende las capas 47 correspondientes para la carcasa y un material 48 de núcleo correspondiente. La parte 8 de unión se inserta en la primera sección 20 de pala de manera que los laminados 17 de fibra y el material 46 de núcleo de la parte 8 de unión coincidan con las capas 47 correspondientes y el material 48 de núcleo correspondiente de la primera sección 20 de pala.

20 La Figura 13 muestra la etapa S3 de empujar la segunda sección 24 de pala sobre la parte 8 de unión de manera que la segunda sección 24 de pala se apoye en la primera sección 20 de pala y se conforme un rebaje común 49.

La Figura 14 muestra la etapa S4 de aplicar la segunda bolsa 38 de vacío y sellar las bolsas 19, 38 de vacío. En la siguiente etapa S5, se genera un vacío dentro de la cavidad definida por las bolsas 19, 38 de vacío selladas, a fin de infundir y curar la resina 43.

25 Las Figuras 15 y 16 ilustran la unión de un alma de la pala 3 por medio del laminado 16 de fibra para la unión de alma. Las Figuras 15 a 16 cada una muestran una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea D de la Figura 2.

30 En el ejemplo de las Figuras 15 y 16, el laminado 16 de fibra para la unión de alma, comprende una parte 49 de laminado de fibra seca y una parte 50 de laminado de fibra pre-moldeada. La parte 49 de laminado de fibra seca se compone de fibras secas sin resina. La parte 50 de laminado de fibra pre-moldeada se compone, en particular, de fibras incrustadas en resina curada.

35 En la parte izquierda de la Figura 15, el pre-empaquetado de la parte 8 de unión en la etapa S1, se ilustra para el caso de la unión 16 de alma. En primer lugar, la bolsa 19 de vacío se dispone en el mandril 9 (solo mostrado en la Figura 2), en particular en la primera y segunda partes 10, 11 del mandril 9. A continuación, el laminado 16 de fibra para la unión de alma se dispone entre las bolsas 19 de vacío. En la etapa 2, la parte 8 de unión se inserta en la primera sección 20 de pala (Figura 4). De este modo, la parte seca 49 del laminado 16 de fibra para la unión de alma, acomoda un elemento 51 de alma correspondiente de la primera sección 20 de pala.

40 En la etapa S3, la segunda sección 24 de pala (no mostrada en las Figuras 15 y 16) se dispone adyacente a la primera sección 20 de pala. De este modo, el laminado 16 de fibra para la unión de alma de la parte 8 de unión se une con un elemento de alma correspondiente (no mostrado) de la segunda sección 24 de pala, de manera similar a la unión ilustrada del laminado 16 de fibra de la parte 8 de unión con el elemento 51 de alma de la primera sección 20 de pala.

45 En la etapa S4 (Figura 16), la bolsa 19 de vacío se sella (puntos 42 de sellado en la Figura 16). En la etapa S5, se aplica vacío a una cavidad definida por la bolsa 19 de vacío sellada. Además, la resina 43 se inserta en la cavidad y se cura.

50 Como se muestra en la Figura 17, en la etapa S6 del método, una banda 52 de sellado, tal como una cinta adhesiva, se aplica a las superficies exteriores 39, 40 de las secciones 20, 24 de pala primera y segunda. La banda 52 de sellado puede cubrir cualquier hueco restante en la línea de límite entre las secciones 20, 24 de pala primera y segunda.

En la etapa S7, el mandril 9 y las bolsas 19, 38 de vacío se retiran de la pala 3, p. ej., a través de una sección de raíz de la pala 3.

55 Con el método descrito, todo el proceso de unión de las dos secciones 20, 24 de pala se puede realizar en un solo proceso desde el interior de la cavidad de la pala 3. Además, aparte de aplicar eventualmente la banda 52 de sellado, no hay tratamiento necesario de acabado de las superficies exteriores 39, 40 de la pala 3.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una pala (1) de turbina eólica, que comprende las etapas de:
 - 5 -disponer (S2, S3) una parte (8) de unión que comprende un laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra dentro de una primera y dentro de una segunda de las secciones (20, 24) adyacentes de pala,
 - cubrir (S4) la parte (8) de unión y las secciones (20, 24) adyacentes de pala, al menos parcialmente, con una bolsa (19, 38) de vacío, y
 - 10 -aplicar vacío a un espacio (54) cubierto por la bolsa (19, 38) de vacío, infundir al menos el laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra con una resina (43), y curar (S5) la resina (43) para obtener una parte (44) de unión curada que une las secciones (20, 24) de pala dentro, de tal manera que la parte (44) de unión curada una las secciones (20, 24) de pala en sus superficies interiores.
- 15 2. El método según la reivindicación 1, en donde cada una de las secciones (20, 24) adyacentes de pala comprende una parte (32, 33, 34, 35) ahusada hacia fuera, de manera que las partes (32, 33, 34, 35) ahusadas hacia fuera conformen un rebaje común (36, 37), y la parte (8) de unión se disponga (S2, S3) dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala, disponiendo la parte (8) de unión en el rebaje común (36, 37).
- 20 3. El método según las reivindicaciones 1 o 2, en donde la parte (8) de unión se proporciona en un mandril (9), y la parte (8) de unión se dispone (S2, S3) dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala, disponiendo el mandril (9) con la parte (8) de unión dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala.
- 25 4. El método según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el laminado (12, 13, 14, 15) de fibra comprende un laminado (12, 13, 14, 15) de fibra que conforma, una vez curado, una o más uniones (44) de viga que unen una o más vigas (28, 30) de una primera (20) de las secciones adyacentes de pala con una o más vigas (29, 31) correspondientes de una segunda (24) de las secciones adyacentes de pala.
- 30 5. El método según la reivindicación 4, en donde las una o más vigas (28, 29, 30, 31) comprenden una viga (28, 29) del lado de presión, una viga (29, 31) del lado de succión, una viga o refuerzo del borde de ataque y/o un viga o refuerzo del borde de salida.
- 35 6. El método según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el laminado (17) de fibra comprende un laminado (17) de fibra que conforma, una vez curado, una unión (44) de carcasa que une una carcasa (47) de una primera (20) de las secciones adyacentes de pala con una carcasa de una segunda (24) de las secciones adyacentes de pala.
- 40 7. El método según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el laminado (16) de fibra comprende un laminado (16) de fibra que conforma, una vez curado, una unión (44) de alma que une un alma (51) de una primera (20) de las secciones adyacentes de pala con un alma de una segunda (24) de las secciones adyacentes de pala.
- 45 8. El método según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la parte (8) de unión se dispone (S2, S3) dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala que comprenden una primera de las secciones (20) de pala y una segunda de las secciones (24) de pala, al:
 - insertar (S2) la parte (8) de unión parcialmente en la primera de las secciones (20) de pala, de manera que una parte (23) de la parte (8) de unión sobresalga de la primera de las secciones (20) de pala, y
 - 50 -disponer (S3) la segunda de las secciones (24) adyacentes de pala a la primera de las secciones (20) de pala, de manera que la segunda de las secciones (24) de pala reciba la parte (23) de la parte (8) de unión que sobresale de la primera de las secciones (20) de pala.
- 55 9. El método según una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la parte (8) de unión se dispone (S2) dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala por medio de una herramienta (22) de elevación.
- 60 10. El método según una de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra incluye fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida y/o fibras naturales.
11. El método según una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra comprende fibras en estado seco.
12. El método según una de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra incluye un material (46) de núcleo, tal como madera, balsa, espuma de PET y/o espuma de PVC.
- 65 13. El método según una de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la resina (43) incluye termoestables, termoplásticos, epoxi, poliuretano, éster de vinilo y/o poliéster.

14. El método según una de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende, después de infundir y curar (S5) la resina (43), la etapa de aplicar (S6) una banda (52) de sellado que cubre una línea (53) de separación entre las secciones (20, 24) adyacentes de pala desde el exterior (39, 40).
- 5
15. Una pala (1) de turbina eólica, que comprende secciones (20, 24) adyacentes de pala y una parte (44) de unión dispuesta dentro de las secciones (20, 24) adyacentes de pala, en donde la parte de unión comprende un laminado (12, 13, 14, 15, 16, 17) de fibra incrustado en la resina curada (43) y une las secciones (20, 24) adyacentes de pala dentro, de tal manera que la parte (44) de unión curada una las secciones (20, 24) de pala en sus superficies interiores.
- 10

Figura 1

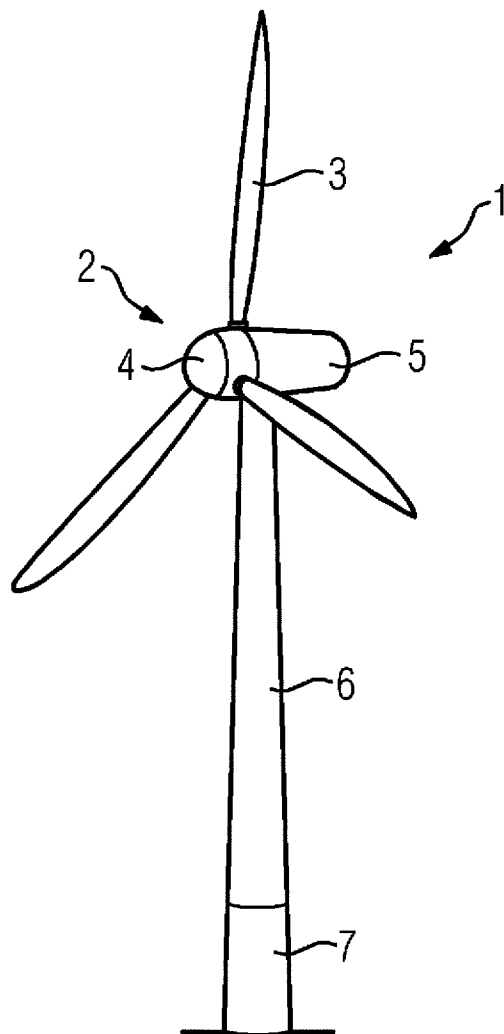


Figura 2

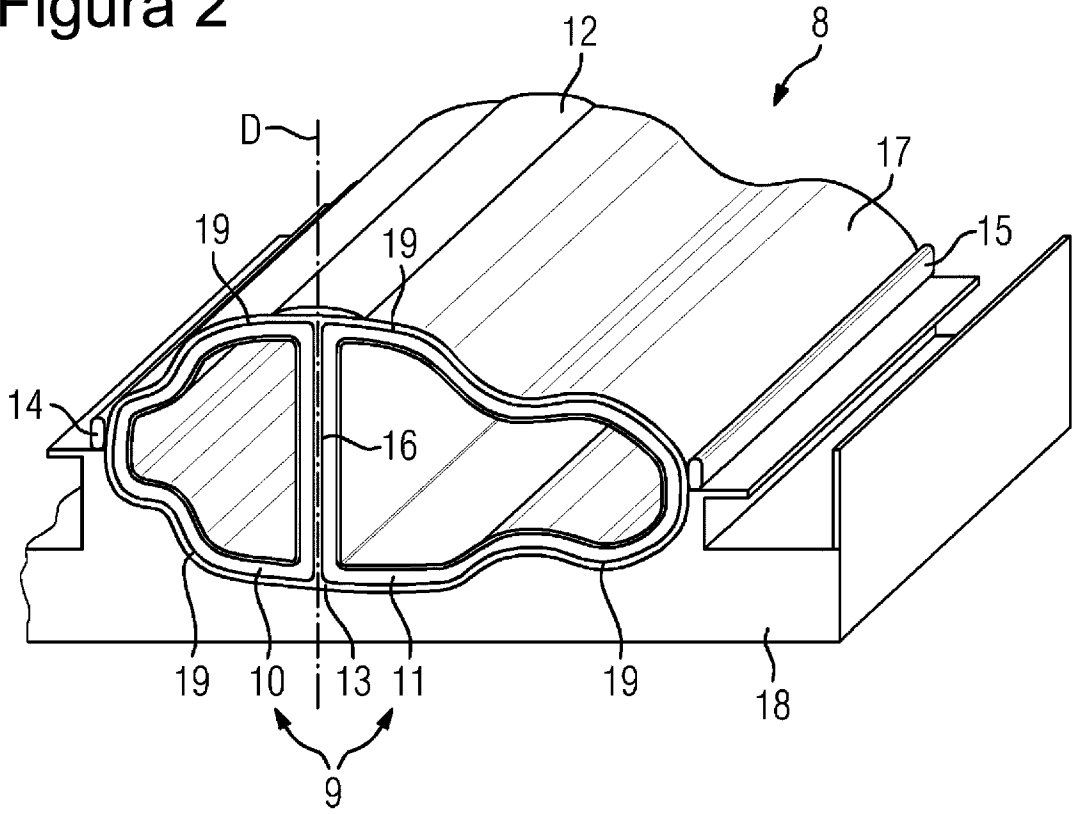


Figura 3

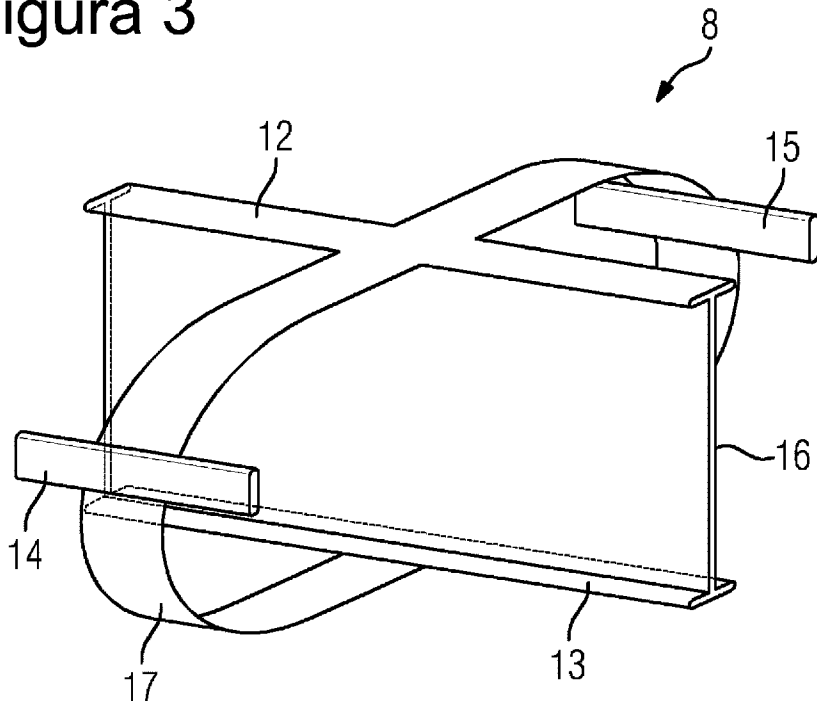
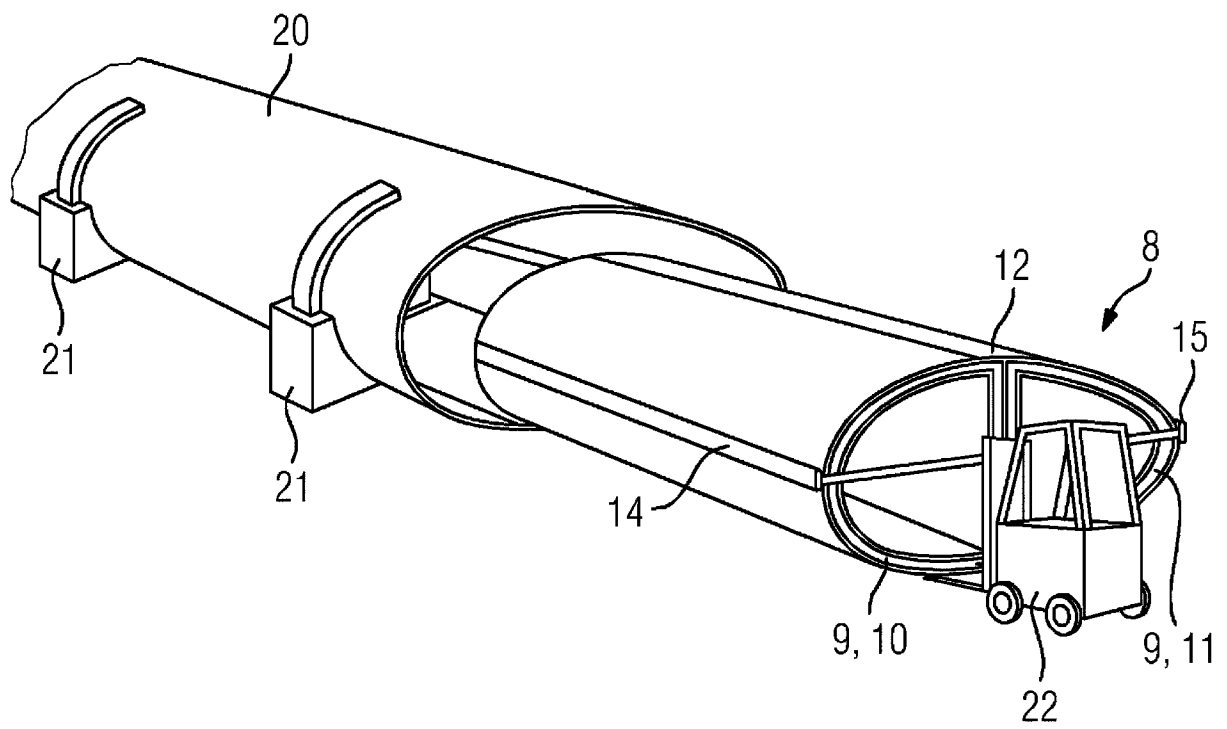


Figura 4



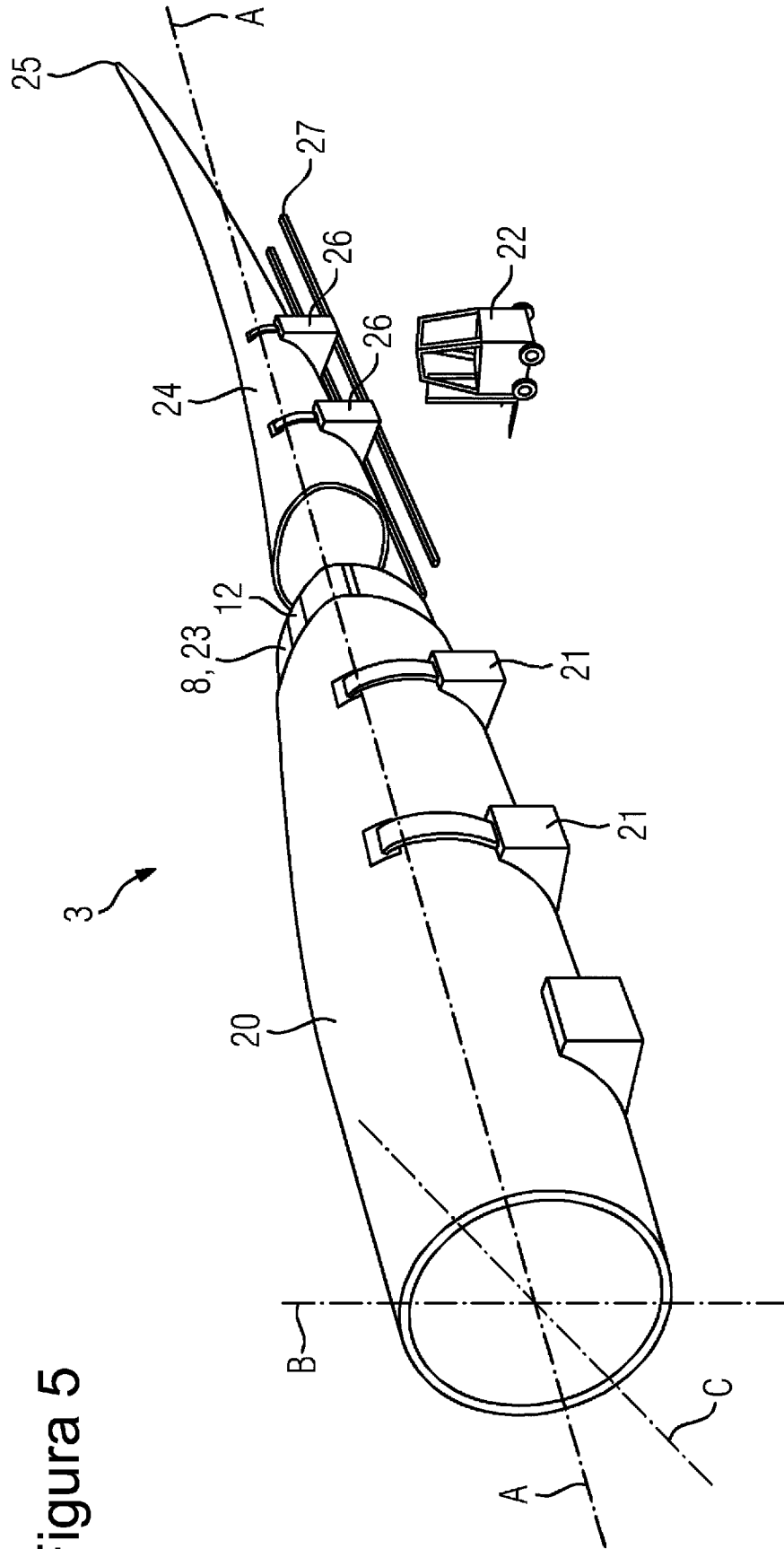


Figura 5

Figura 7

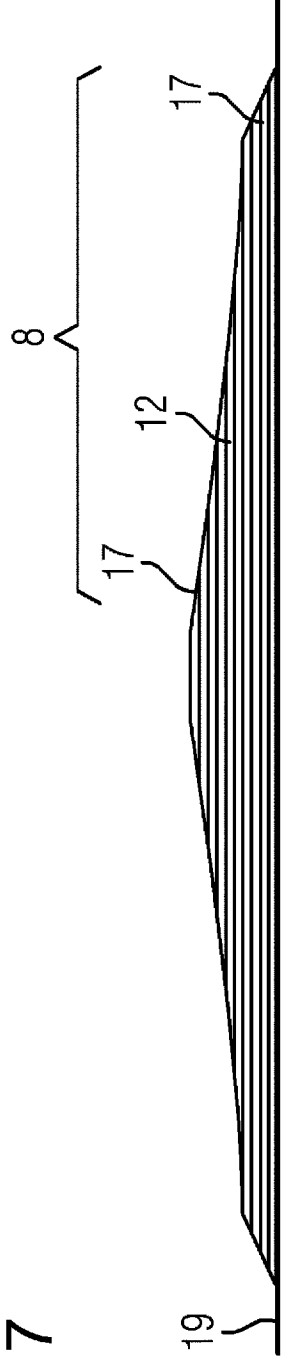


Figura 8

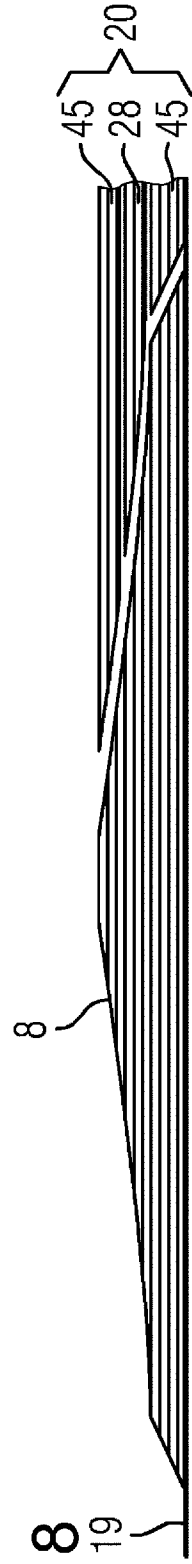


Figura 9

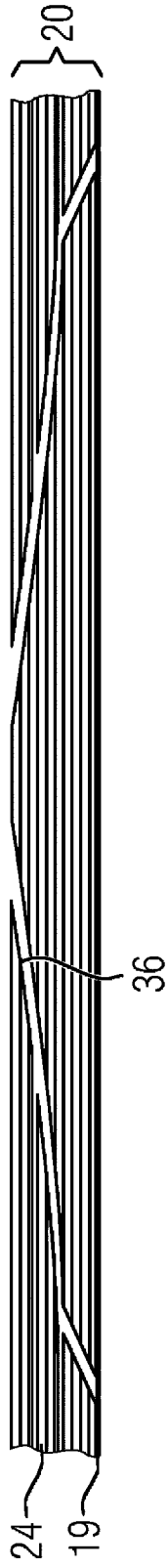


Figura 10

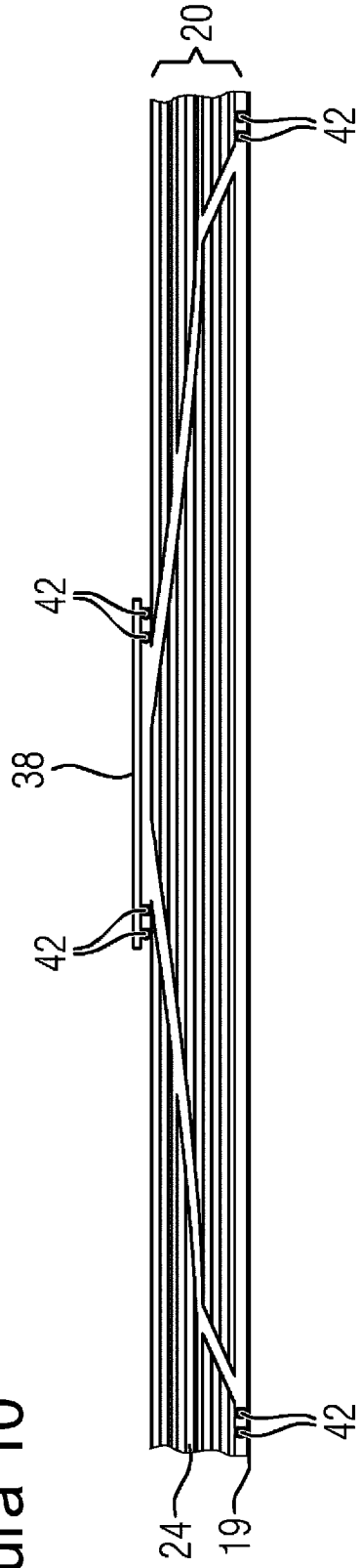


Figura 11

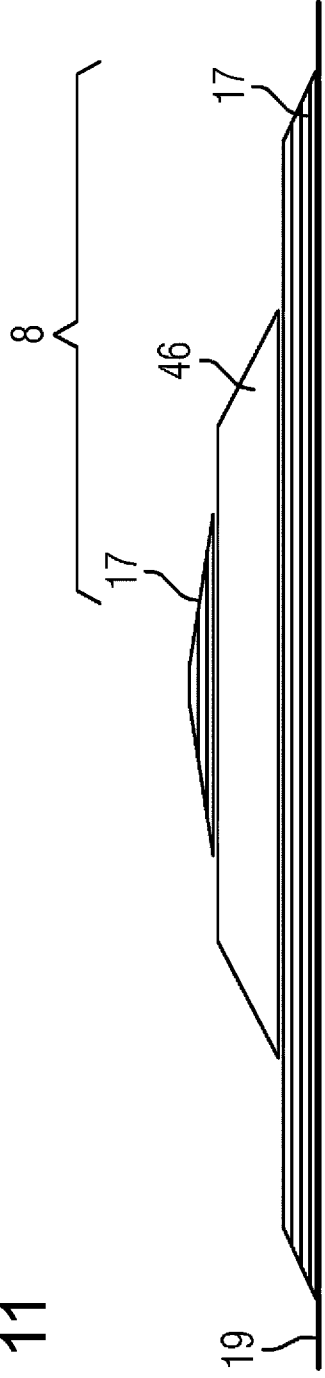


Figura 12



Figura 13

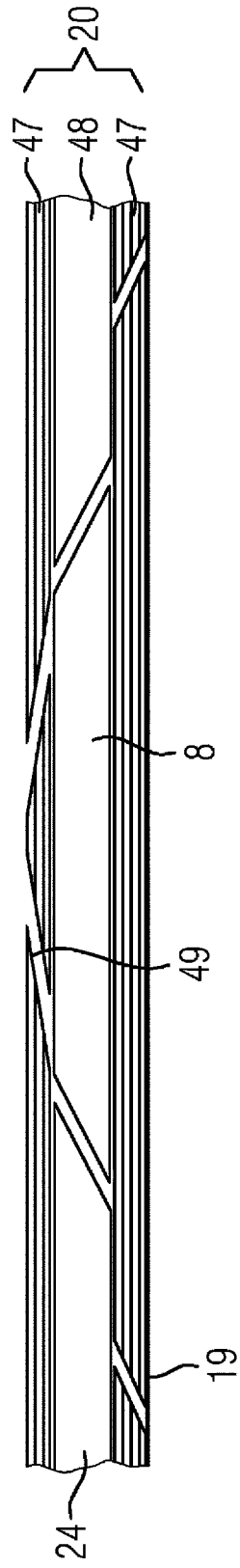


Figura 14

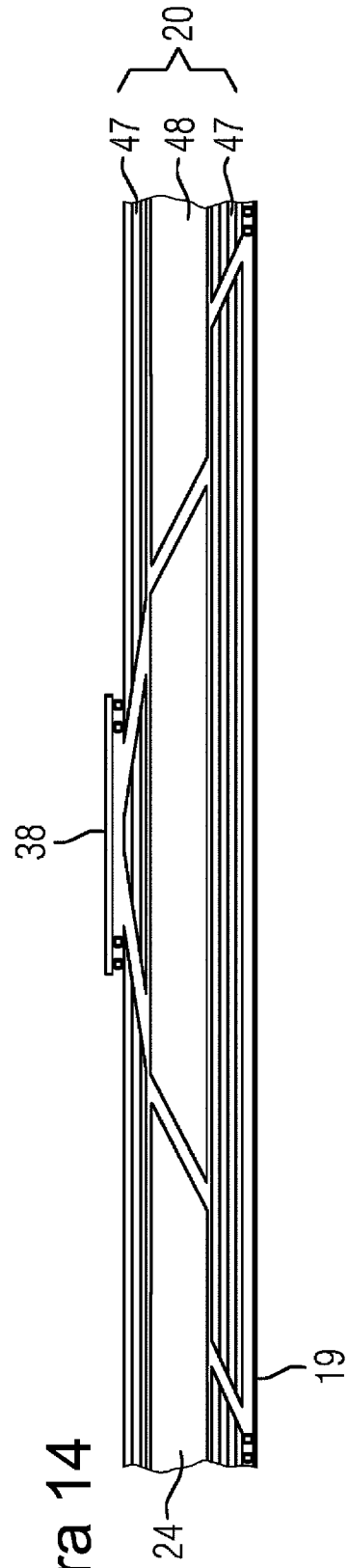


Figura 15

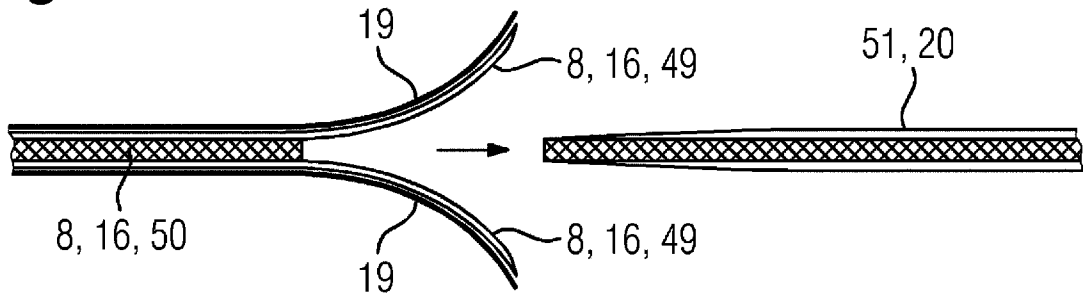


Figura 16

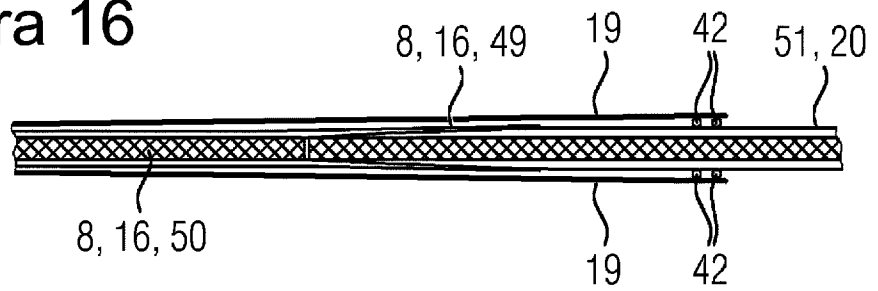


Figura 17

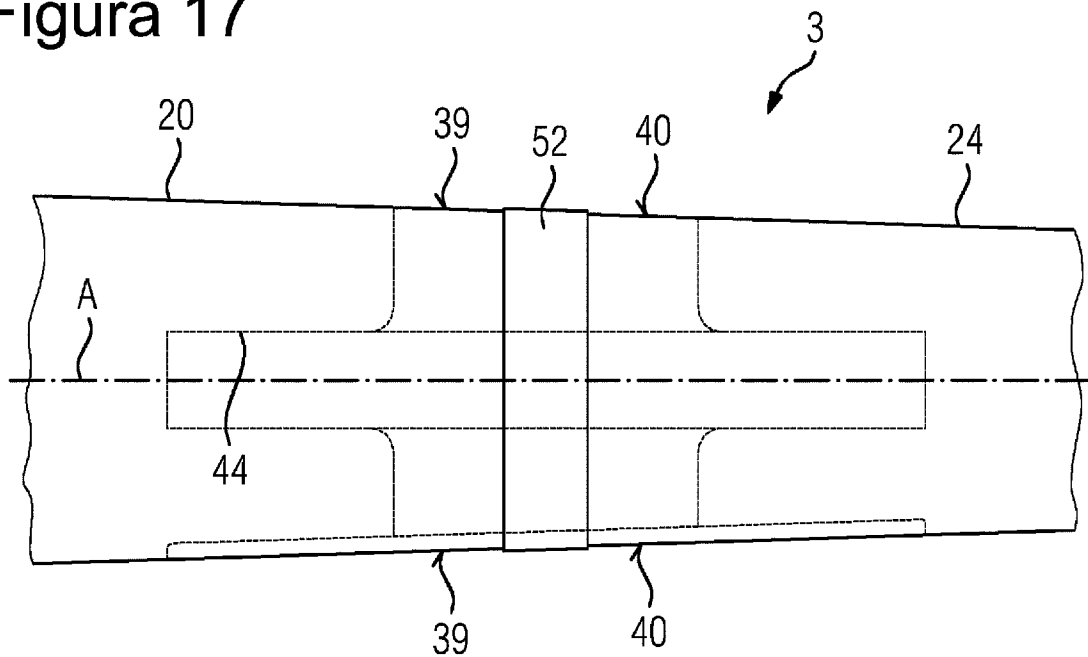


Figura 18

