

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 400**

51 Int. Cl.:

B29C 70/30	(2006.01) B29D 99/00	(2010.01)
B29C 70/86	(2006.01)	
B29C 65/00	(2006.01)	
B29C 65/48	(2006.01)	
B29C 65/50	(2006.01)	
B29C 65/60	(2006.01)	
B29C 65/78	(2006.01)	
B29C 35/02	(2006.01)	
F03D 1/06	(2006.01)	
B29L 31/08	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2010 E 10157211 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2368699**

54 Título: **Método para la fabricación de un larguero de pala para una turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2019

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
**RICHTER, JED;
COLLARD, TOBY;
HEDGES, ANDREW y
HAAHR, ARNE**

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 703 400 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 para la fabricación de un larguero de pala para una turbina eólica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la fabricación de un larguero de pala para una pala de turbina eólica y, en particular, a la fabricación de un larguero que tenga segmentos de larguero y a una pala de rotor para una turbina eólica que tenga un larguero fabricado de acuerdo con este método.

10

Antecedentes de la invención

Típicamente, una pala de rotor para una turbina eólica se fabrica con un larguero y, por ejemplo, dos mitades de pala conectadas al larguero. Hoy en día, las turbinas eólicas tienen grandes palas, por ejemplo con una longitud de aproximadamente 50 m o más, que se fabrican de, por ejemplo un material compuesto.

15

Por el documento DE 10 2008 037 367 A1 es conocido segmentar dichas grandes palas y fabricar y transportar los segmentos de pala por separado. Los segmentos de pala se unen, por ejemplo, en el emplazamiento de la turbina eólica. Un segmento de larguero interior de un segmento de pala interior puede insertarse parcialmente en un segmento de larguero exterior de un segmento de pala exterior y los segmentos de larguero interior y exterior se adhieren entre sí.

20

Un método similar es conocido por el documento DE 10 2008 055 513 A1. Se proporciona una estructura de rejilla en un segmento de larguero de un segmento de pala a ser insertado dentro de otro segmento de larguero de otro segmento de pala, para mejorar la distribución de un adhesivo y mejorar de ese modo la adhesión de segmentos de larguero entre sí.

25

Más aún, por el documento EP 0 690 228 B1 es conocido adherir un larguero de pala y dos cintas de pala juntas y reforzar la conexión por medio del solape de capas de fibra exteriores impregnadas con resina. Alternativamente, pueden posicionarse cintas pre-curadas en una mitad de pala y el larguero de pala se adhiere a las cintas pre-curadas mediante el curado final de la mitad de pala junto con las cintas pre-curadas.

30

Otro método para la fabricación de una pala sobre la base de dos o más segmentos de pala es conocido por el documento WO 2009/156061 A2. Durante la fabricación de una pala de turbina eólica segmentada al menos dos de los segmentos de pala se interconectan en un dispositivo de integración. En el dispositivo de integración al menos una red y al menos una cinta pueden conectarse adicionalmente a los segmentos de pala.

35

Los segmentos, redes y cintas pueden producirse a partir de capas de fibra y resina. En una primera etapa, los segmentos, redes y cintas se pre-curan y, después del pre-curado, se adhieren entre sí para interconexión. Consecutivamente, la interconexión se cura.

40

Un método y una herramienta de fabricación correspondiente para la fabricación de una pala de turbina eólica a partir de varios segmentos de pala (prefabricados) y un larguero son conocidos por el documento WO 2009/109619 A2. Se refiere a la conexión de los segmentos de pala aerodinámicos al larguero. Más aún, se mencionan diversos medios de junta para la unión de segmentos de pala entre sí, tales como adhesivo, remaches, tornillos, conjuntos de tornillo y tuerca, y encajes por presión.

45

El documento US 2008/0181781 A1 divulga una cubierta de larguero que puede incluir múltiples componentes preformados. Los múltiples componentes preformados pueden ser láminas planas que tienen un primer extremo y un segundo extremo. Los múltiples componentes preformados pueden unirse mediante el emparejamiento del primer extremo de un primer componente preformado al segundo extremo de un siguiente componente preformado.

50

Es un objeto de la invención proporcionar un método mejorado para la fabricación de un larguero de pala segmentada.

55

Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto, la invención proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1 para la fabricación de un larguero de pala para una pala de turbina eólica, que comprende las etapas de: posicionar un primer segmento de larguero que tiene una primera parte de adhesión; posicionar un segundo segmento de larguero que tiene una segunda parte de adhesión; insertar parcialmente un extremo de raíz del segundo segmento de larguero en un extremo de punta del primer segmento de larguero de modo que la primera parte de adhesión y la segunda parte de adhesión se solapen al menos parcialmente, en el que se proporciona al menos parcialmente un adhesivo entre las partes solapadas de adhesión; proporcionar al menos una capa de fibra impregnada con una resina sin curar sobre las superficies exteriores del primer y segundo segmentos de larguero al menos en la zona de unión del primer y segundo segmentos de larguero; y curar simultáneamente el adhesivo y la resina, fijando de ese

60

65

modo el primer y el segundo segmentos de larguero entre sí.

Aspectos adicionales de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes, la descripción que sigue y los dibujos.

5

Breve descripción de los dibujos

Realizaciones de la presente invención se explican a modo de ejemplo con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

10

La figura 1 muestra esquemáticamente un larguero de pala segmentado en un segmento de larguero de raíz y un segmento de larguero de punta;

15

La figura 2 muestra esquemáticamente en una vista en sección transversal parcial el segmento de larguero de punta parcialmente insertado en el segmento de larguero de raíz con una capa de adhesión entre ellos de acuerdo con una realización de la presente invención;

20

La figura 3 ilustra en una vista en sección transversal parcial la unión del segmento de larguero de punta y del segmento de larguero de raíz de la figura 2 cubierto con una capa de fibra; y

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método para la fabricación de la unión del segmento de larguero de punta y del larguero de raíz de las figuras 1 a la figura 3 de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de realizaciones

25

Las figuras 1 a 3 ilustran una realización de un larguero de pala 1 para una pala de una turbina eólica, que se segmenta en un segmento de larguero de raíz 2 y un segmento de larguero de pala 3, y la conexión de estos segmentos entre sí de acuerdo con la presente invención. Antes de proceder adicionalmente con una descripción detallada del método de fabricación del larguero de pala 1, sin embargo, se explicarán unos pocos apartados generales.

30

Como se ha mencionado al principio, hoy en día, las turbinas eólicas pueden tener grandes palas de 50 metros y mayores y, por ejemplo, por el documento DE 10 2008 037 367 A1 es conocido segmentar dichas grandes palas y el larguero de pala a lo largo de la dirección longitudinal para simplificar la fabricación y el transporte. Los segmentos de pala junto con los segmentos de larguero pueden conectarse a continuación entre sí en el emplazamiento de erección de la turbina eólica.

35

Típicamente, las palas de turbina eólica se fabrican de un material compuesto que comprende fibras, tales como fibras de carbono y/o de vidrio, y una resina, tal como una resina epoxi. Las palas pueden fabricarse, por ejemplo en dos mitades de pala en las realizaciones, una para el lado de presión y una para el lado de succión de la pala. Para la fabricación de las mitades de pala, por ejemplo, se laminan y curan capas de fibra que comprenden fibras de carbono o vidrio que se impregnan con una resina, tal como un polímero o resina epoxi en moldes de pala respectivos o segmentos de molde de pala en el caso de palas segmentadas.

40

Se proporciona un larguero de pala en la parte media de la pala como una parte estructural que recibe las fuerzas cortantes y de torsión que actúan sobre la pala de la turbina eólica durante la operación. Los largueros de pala pueden fabricarse, por ejemplo, proporcionando partes estructurales respectivas en una mitad de pala, que se fabrica por ejemplo en un molde, tal como se describe en los documentos WO 2009/156061 A2 y EP 0 690 228 B1, mencionados al principio.

45

El larguero o los segmentos de larguero pueden también prefabricarse, por ejemplo, mediante la adhesión o montaje de partes de cinta y red respectivas juntas. Es conocido también, por ejemplo, bobinar un material de bobinado fabricado de fibras, tales como fibras de carbono o vidrio, alrededor de un molde de bobinado o núcleo para fabricar un larguero o segmentos de larguero bobinados, tal como se describe en el documento EP 0 690 228 B1, mencionado al principio.

50

Dado que las palas de turbina eólica son proclives a elevadas fuerzas cortantes y de tracción durante la operación, la conexión de los segmentos de pala y, en particular, la conexión de los segmentos de larguero entre sí debe soportar dichas altas fuerzas.

55

Por el documento DE 10 2008 037 367 A1, mencionado al inicio, es conocido conectar un segmento de larguero interior a un segmento de larguero exterior mediante la inserción del segmento de larguero interior parcialmente en un segmento de larguero exterior y adherirles entre sí con un adhesivo. El documento DE 10 2008 055 513 A1, también mencionado al inicio, critica que dicha adhesión de segmentos de larguero entre sí es problemática dado que el adhesivo no se distribuye uniformemente y, por ello, se sugiere proporcionar una rejilla específica sobre el segmento de larguero insertado para mejorar la distribución del adhesivo.

60

65

Se ha identificado por el presente inventor que la conexión de segmentos de larguero entre sí puede mejorarse mediante el uso de dos tipos de conexión. Los segmentos de larguero se adhieren juntos dentro de los segmentos de larguero y, adicionalmente, se proporciona al menos una capa de fibra en el exterior de la unión de los segmentos de larguero. Más aún, el presente inventor también ha identificado que puede proporcionarse una fuerte conexión de los segmentos de larguero, cuando el adhesivo y la resina con la que se impregna la capa de fibra se curan simultáneamente y que puede acortarse el tiempo necesario para la fabricación del larguero.

En las realizaciones, un método para la fabricación de un larguero de pala para una turbina eólica comprende las etapas de proporcionar y posicionar un primer segmento de larguero con una primera parte de adhesión y un segundo segmento de larguero con una segunda parte de adhesión. El segundo segmento de larguero se posiciona en el primer segmento de larguero de modo que la primera y segunda partes de adhesión se solapen al menos parcialmente. Se coloca un adhesivo entre las partes de adhesión solapadas para adherir el primer y segundo segmentos de larguero entre sí en una etapa de curado posterior.

En algunas realizaciones, el larguero comprende también más de dos segmentos de larguero, pero al menos se conectan entre sí dos segmentos de larguero con el método para la fabricación de un larguero de pala, tal como se ha descrito en el presente documento. El larguero puede segmentarse en la dirección longitudinal y/o perpendicular a la dirección longitudinal. Los segmentos de larguero se prefabrican en algunas realizaciones y pueden fabricarse de un material compuesto, como ya se ha mencionado anteriormente.

La primera y segunda partes de adhesión se solapan de modo que se forma un hueco para el adhesivo entre la primera y segunda partes de adhesión. Puede proporcionarse el adhesivo sobre la primera y/o la segunda parte de adhesión antes de que el segundo segmento de larguero se posicione en el primer segmento de larguero. Por ejemplo, puede envolverse una capa de adhesión, tal como una capa preimpregnada, alrededor de la parte de adhesión del segundo segmento de larguero. En el caso de que se proporcione adhesivo antes de que se posicione el segundo segmento de larguero en el primer segmento de larguero, el hueco ya está lleno con el adhesivo cuando el segundo segmento de larguero se posiciona en el primer segmento de larguero.

En algunas realizaciones, el adhesivo se proporciona después de que se posicione el segundo segmento de larguero en el primer segmento de larguero. En dichas realizaciones, por ejemplo, el adhesivo puede difundirse dentro del hueco después de que el segundo segmento de larguero se haya posicionado en el primer elemento de larguero. En otras realizaciones más se proporciona adhesivo antes y después del posicionamiento del segundo elemento de larguero en el primer elemento de larguero. En algunas realizaciones, el adhesivo no incluye ninguna fibra. En algunas realizaciones, el adhesivo se proporciona punto por punto en las primeras y/o segundas partes de adhesión.

Las partes de adhesión pueden tener cualquier forma que sea adecuada para quedar adheridas entre sí. En algunas realizaciones, al menos una sección superficial de la parte de adhesión del primer segmento de larguero coincide con al menos una sección superficial de la parte de adhesión del segundo segmento de larguero, es decir las partes de adhesión y sus superficies de adhesión, respectivamente, tienen una forma similar o idéntica. En algunas realizaciones, las partes de adhesión tienen una superficie estructurada que es adecuada para recibir un adhesivo, para proporcionar una distribución uniforme de adhesivo en el hueco entre las partes de adhesión solapadas.

La(s) parte(s) de adhesión puede(n) formarse de modo integral con el segmento de larguero y/o puede(n) proporcionarse como un elemento separado, que se monta, por ejemplo, en los segmentos de larguero antes o después del posicionamiento del segundo segmento de larguero en el primer segmento de larguero.

En algunas realizaciones, los segmentos de larguero tienen una forma cilíndrica o cónica con una sección transversal circular, elíptica, rectangular, etc. Las formas de los segmentos de larguero difieren también, por ejemplo, dependiendo de su posición dentro de la pala. Por ejemplo, en algunas realizaciones el primer segmento de larguero es un segmento de larguero de raíz que se extiende desde la raíz de la pala hacia el exterior, es decir hacia la punta de la pala, y el segundo segmento de larguero es un segmento de larguero de punta, que se extiende desde el segmento de larguero de raíz a la punta de la pala. En algunas realizaciones, el elemento de larguero de raíz puede tener, por ejemplo, una forma redonda que es sustancialmente circular y/o elíptica, mientras que el segmento de larguero de punta es, por ejemplo, sustancialmente rectangular. Naturalmente, se realizan también mezclas de diferentes formas. Por ejemplo, el elemento de larguero de raíz puede tener una sección con sección transversal sustancialmente circular en la posición de raíz de la pala. A partir de esta sección circular la forma cambia a la sección transversal elíptica y a continuación a una sección transversal sustancialmente rectangular en la dirección de la punta de la pala.

El primer segmento de larguero y/o el segundo segmento de larguero comprenden en algunas realizaciones un material compuesto, tal como fibras de carbono, fibras de vidrio, o una mezcla de ellas, y una resina, tal como una resina epoxi. Los segmentos de larguero pueden preformarse, por ejemplo mediante el bobinado de un material de bobinado alrededor de un núcleo o similar y/o mediante el montaje/adhesión de partes de larguero respectivas, por ejemplo partes de red y cinta, juntas, como es conocido para el experto en la materia.

5 El primer segmento de larguero es al menos parcialmente hueco y recibe parcialmente una sección extrema del segundo segmento de larguero cuando el segundo segmento de larguero se posiciona en el primer segmento de larguero. El larguero está segmentado a lo largo de la dirección longitudinal, y el segundo segmento de larguero puede insertarse telescópicamente dentro de la cavidad del primer segmento de larguero, o viceversa, es decir el primer segmento de larguero puede también insertarse en una cavidad del segundo segmento de larguero. En algunas realizaciones las secciones transversales de las partes del primer y segundo segmentos de larguero que se insertan telescópicamente entre sí, tal como las partes de adhesión, tienen una forma de sección transversal idéntica o al menos similar, de modo que el hueco entre las secciones solapadas (partes de adhesión) del primer y segundo segmentos es sustancialmente uniforme. Adicionalmente, el primer y segundo segmentos de larguero pueden tener cada uno una forma cónica.

15 De acuerdo con la invención, el segundo segmento de larguero se inserta parcialmente en el primer segmento de larguero de una forma telescópica (o viceversa), y la primera parte de adhesión del primer segmento de larguero se proporciona por la superficie interior de la cavidad que está adyacente a la superficie exterior del segundo segmento de larguero recibido que, de ese modo, proporciona la segunda parte de adhesión del segundo segmento de larguero. Por ello, se forma un hueco, que se llena con un adhesivo, entre la superficie exterior del segundo segmento de larguero insertado y la superficie interior solapada del primer segmento de larguero que recibe parcialmente el segundo segmento de larguero.

20 A continuación, se proporciona al menos una capa de fibra, que comprende por ejemplo un material de bobinado y/o al menos una plancha fabricada de una fibra, tal como fibra de carbono o de vidrio, que se impregna con una resina sin curar, sobre las superficies exteriores del primer y segundo segmentos de larguero al menos en la zona de unión. La resina comprende, por ejemplo, una resina epoxi. La capa de fibra puede comprender también al menos una preimpregnada. La capa de fibra puede impregnarse con la resina antes de que se proporcione sobre las superficies exteriores o después de que se proporcione sobre las superficies exteriores. Por ejemplo, pueden posicionarse fibras secas sobre las superficies exteriores del primer y segundo segmentos de larguero y las fibras secas pueden impregnarse a continuación, por ejemplo con un método de infusión de resina.

30 La zona de unión está formada por las partes de adhesión solapadas y, en particular, la zona de unión comprende al menos un borde del primer segmento de larguero, por ejemplo de la primera parte de adhesión, solapado con el segundo segmento de larguero o la segunda parte de adhesión, respectivamente. El borde forma una clase de escalón en la zona de unión.

35 En algunas realizaciones, la zona de unión transcurre alrededor de la periferia del primer y segundo segmentos de larguero y la capa de fibra se proporciona bobinando el material de bobinado y/o la al menos una plancha alrededor del primer y segundo segmentos de larguero, la menos en la zona de unión.

40 El adhesivo entre las partes de adhesión solapadas y la resina de la al menos una capa de fibra se curan simultáneamente. Por ello, el primer y el segundo segmentos de larguero se fijan entre sí en al menos dos zonas, concretamente en la zona de la primera y segunda partes de adhesión por el adhesivo curado, y sobre las superficies exteriores del primer y el segundo segmentos de larguero en la zona en la que al menos una capa de fibra superpuesta impregnada con resina se cura y adhiere a las superficies exteriores.

45 De ese modo, se proporciona una fuerte adhesión entre el primer y segundo segmentos de larguero con una larga vida útil. Adicionalmente, esta clase de unión proporciona una alta seguridad, dado que el adhesivo así como la al menos una capa de fibra están recibiendo las cargas de operación de la pala y el larguero. Dado que el curado del adhesivo y la resina se realizan simultáneamente, la fabricación ahorra tiempo y se optimiza la producción del larguero.

50 En algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos de larguero se fijan temporalmente entre sí con al menos un elemento de fijación antes de que se proporcione la al menos una capa de fibra. Por ejemplo, los segmentos de larguero pueden fijarse mediante estructuras de soporte que soportan el primer y segundo segmentos de larguero en la zona de unión.

55 Como se ha mencionado anteriormente, un larguero de pala tiene una longitud de 50 metros y más, en algunas realizaciones y, por ejemplo, en el caso de dos segmentos de larguero cada uno tendrá una longitud de aproximadamente 25 metros. Los segmentos de larguero que pueden fabricarse de un material compuesto son típicamente flexibles en algunas realizaciones y, por ello, tienden a la deformación por auto-carga. En algunas realizaciones, la capa de fibra que se proporciona en la zona de unión se extiende aproximadamente varios metros en cualquier dirección longitudinal de los dos segmentos de larguero y se bobina alrededor de la zona de unión. Por ello, en este caso una estructura de soporte que soporte los segmentos de larguero en la zona de unión podría perjudicar la aplicación de la al menos una capa de fibra en la zona de unión. Por lo tanto, en algunas realizaciones, los segmentos de larguero no se soportan en la zona en la que se proporciona la capa de fibra. Para evitar una dislocación de los segmentos de larguero, por ejemplo mediante la deformación por auto-carga, después de que se haya posicionado el segundo segmento de larguero en el primer segmento de larguero, y de un agrietado del material compuesto en la zona de unión, se proporcionan múltiples elementos de fijación en las partes de adhesión

solapadas. En algunas realizaciones los elementos de fijación, tales como remaches, tornillos, puntas o similares, se extienden a través del grosor de las partes de adhesión solapadas, fijando de ese modo el primer y segundo segmentos de larguero entre sí. Por ello, mediante la fijación temporal del primer y segundo elementos de larguero entre sí, por ejemplo, puede omitirse un curado del adhesivo entre las partes de adhesión solapadas antes de que la

5 capa de fibra se proporcione en el caso de grandes segmentos de larguero que tienden a la deformación por auto-carga. Los elementos de fijación no se retiran en algunas realizaciones. La fijación temporal se refiere al tiempo hasta que el primer y segundo segmentos de larguero se fijan entre sí por el adhesivo curado y la capa de fibra curada. Dado que los elementos de fijación no se retiran, también fijan el primer y segundo segmentos de larguero entre sí después del curado.

10 En algunas realizaciones, antes del curado de la resina y el adhesivo, se proporciona una bolsa de vacío que encierra al menos la zona de la al menos una capa de fibra. La aplicación de un vacío presiona la al menos una capa de fibra sobre la superficie de los segmentos de larguero y, de ese modo, la al menos una capa de fibra se fija a los segmentos de larguero. Después de que se aplique el vacío en la bolsa, se realiza el curado.

15 La etapa de curado comprende en algunas realizaciones el calentamiento a una temperatura por encima de 100 °C. En algunas realizaciones, la etapa de curado comprende calentar a una temperatura de aproximadamente 120 °C. El calentamiento se realiza, por ejemplo, mediante el soplado de aire caliente producido por un soplador y un calentador a través de los segmentos de larguero que están huecos en algunas realizaciones. Más aún, el calor puede aplicarse también desde el exterior de los segmentos de larguero sobre la zona de unión y la capa de fibra, por ejemplo mediante aire caliente, mantas de calentamiento, calentador radiante, horno, o similares. En algunas realizaciones el calentamiento dura aproximadamente tres horas para el curado del adhesivo y la al menos una capa de fibra. La temperatura, y en particular el tiempo de calentamiento dependen del material compuesto usado, la resina, y los grosores del adhesivo entre las partes de adhesión solapadas y la al menos una capa de fibra.

25 En algunas realizaciones, la primera parte de adhesión del primer segmento de larguero y/o la segunda parte de adhesión del segundo elemento de larguero están ahusadas. Mediante el ahusado de las partes de adhesión, puede reducirse el grosor final de la zona de unión y, por ejemplo, la inserción del segundo segmento de larguero dentro del primer segmento de larguero puede simplificarse en algunas realizaciones debido a la forma ahusada de la sección del extremo insertado del segundo segmento de larguero. En algunas realizaciones, el ahusado de la(s) parte(s) de adhesión se realiza durante la fabricación de los segmentos de larguero. En otras realizaciones, el ahusado se proporciona después de la fabricación de los segmentos de larguero o se realiza durante y después de la fabricación del larguero.

35 La al menos una capa de fibra puede formarse más gruesa en la zona de unión de las partes de adhesión solapadas que en fuera de la zona de unión de modo que se proporcione una zona más gruesa en la zona de unión. Mediante la aplicación de una capa de fibra más gruesa o más capas de fibra en la zona de unión, por ejemplo, puede compensarse el material faltante en las partes de adhesión ahusadas. Más aún, en la zona de unión hay un escalón en la unión del primer y segundo segmentos de larguero debido al solape de las partes de adhesión, como se ha mencionado anteriormente. Mediante la variación del grosor de la capa de fibra puede compensarse el escalón y la superficie exterior de los segmentos de larguero unidos puede suavizarse en la zona de unión.

45 Como se ha mencionado, en algunas realizaciones, el primer y segundo segmentos de larguero de pala se fijan con una pluralidad de elementos de fijación entre sí en la zona del solape de la primera y segunda partes de adhesión. En dichas realizaciones la adhesión de las partes de adhesión entre sí y, por ello, también el adhesivo entre las partes de adhesión solapadas, podría omitirse o el adhesivo entre la primera y segunda partes de adhesión podría curarse independientemente del curado de la capa de fibra. Por ello, en dichas realizaciones el método para la fabricación de un larguero de pala para una pala de turbina eólica comprende las etapas de: posicionar un primer segmento de larguero que tiene una primera parte de conexión; posicionar un segundo segmento de larguero que

50 tiene una segunda parte de conexión en el primer segmento de larguero, de modo que la primera parte de conexión y la segunda parte de conexión se solapen al menos parcialmente; proporcionar una pluralidad de elementos de fijación, tales como remaches, pasadores, tornillos o similares, que se extienden al menos parcialmente a través del grosor de las partes de conexión solapadas; proporcionar al menos una capa de fibra impregnada con una resina sin curar sobre las superficies exteriores del primer y segundo segmentos de larguero al menos en la zona de unión del primer y segundo segmentos de larguero; y curar la resina, fijando de ese modo el primer y el segundo segmentos de larguero entre sí. En dichas realizaciones se hace referencia a la primera y segunda partes de adhesión del primer y segundo segmentos de larguero, respectivamente, como la primera y segunda partes de conexión, dado que en dichas realizaciones puede omitirse el adhesivo entre las adhesiones, es decir partes de conexión. La descripción de las partes adhesivas en el presente documento se aplica también a las partes de conexión de dichas realizaciones. También la descripción de la fijación del primer y segundo segmentos de larguero entre sí mediante los elementos de fijación y la descripción de las etapas del método idéntico se aplica sobre dichas realizaciones.

65 Algunas realizaciones se refieren a una pala de rotor para una turbina eólica, que comprende un larguero que se fabrica al menos parcialmente de acuerdo con el método explicado anteriormente. Algunas realizaciones se refieren a la turbina eólica con al menos una de dichas palas del rotor. La turbina eólica comprende típicamente una góndola, un rotor con una, dos, tres o más palas de rotor y una torre, y elementos para convertir la energía eólica en energía

eléctrica, como es conocido para el experto en la materia. Volviendo a las figuras 1 a 3, se ilustra una realización de un larguero 1 para una pala de turbina eólica, que se forma mediante la unión de un segmento de larguero de raíz 2 y un segmento de larguero de punta 3 de acuerdo con un método de fabricación que incluye las etapas mostradas en un diagrama de flujo en la figura 4. El método de fabricación del larguero 1 comienza en la etapa 16 (figura 4, que muestra las etapas de A: Posicionar un segmento de larguero de raíz que tiene una primera parte de adhesión, B: Posicionar un segmento de larguero de punta que tiene una segunda parte de adhesión, C: Envolver una capa de adhesión alrededor de la segunda parte de adhesión, D: Insertar parcialmente el segmento de larguero de punta dentro del segmento de larguero de raíz de modo que la primera parte de adhesión y la segunda parte de adhesión se solapen al menos parcialmente con la capa de adhesión entre ellas, E: Proporcionar múltiples remaches que se extienden a través de las partes de adhesión solapadas para fijar temporalmente los segmentos de larguero de raíz y de punta entre sí, F: Proporcionar una capa de fibra impregnada con una resina sin curar sobre las superficies exteriores de los segmentos de larguero de raíz y de punta al menos en la zona de unión, G: Simultáneamente curar el adhesivo y la resina, fijando de ese modo el primer y segundo segmentos de larguero entre sí) y en 17 el segmento de larguero de raíz 2 prefabricado con una primera parte de adhesión 8 se posiciona y en la etapa 18 el segmento de larguero de punta 3 prefabricado con una segunda parte de adhesión 9 se posiciona, por ejemplo sobre estructuras de soporte respectivas (no mostradas). El segmento de larguero de raíz 2 y el segmento de larguero de punta 3 comprenden cada uno un material compuesto.

El segmento de larguero de raíz 2 tiene un extremo de raíz 4 que se posiciona en una raíz de la pala, cuando se integra el larguero dentro de la pala de turbina eólica. En el otro extremo opuesto al extremo de raíz 4, el segmento de larguero de raíz 2 tiene un extremo de punta 5. El segmento de larguero de raíz 2 está hueco y tiene sustancialmente una sección transversal circular en la zona del extremo de raíz 4, mientras que la sección transversal en la zona del extremo de punta 5 es básicamente rectangular, de modo que, por ejemplo las mitades de pala pueden conectarse al segmento de larguero de raíz 2. Más aún, el segmento de larguero de raíz 2 tiene una forma cónica, es decir su diámetro es mayor en el extremo de raíz 4 que en el extremo de punta 5.

El segmento de larguero de punta 3 tiene un extremo de raíz 6 y un extremo de punta 7. El segmento de larguero de punta 3 se insertará con el extremo de raíz 6 telescópicamente dentro del extremo de punta hueco 5 del segmento de larguero de raíz. El extremo de punta 7 del segmento de larguero de punta 3 estará en el extremo de punta de la pala, cuando el larguero de pala 1 se integra dentro de la pala de turbina eólica. También el segmento de larguero de punta 3 tiene una forma cónica y su diámetro es mayor en el extremo de raíz 6 que en el extremo de punta 7. El segmento de larguero de punta 3 tiene una sección transversal rectangular que es similar a, pero más pequeña que, la sección transversal del segmento de larguero de raíz 2 en su extremo de punta 5, de modo que el segmento de larguero de punta 3 pueda insertarse telescópicamente dentro del segmento de larguero de raíz 2 en el extremo de punta 4 del segmento de larguero de raíz 2.

De acuerdo con la invención, como se ha mencionado anteriormente, el extremo de raíz 6 del segmento de larguero de punta 3 se inserta dentro del extremo de punta 5 del segmento de larguero de raíz 2.

El segmento de larguero de raíz 2 se fabrica de un material compuesto que comprende básicamente fibras de vidrio y una resina en la zona del extremo de raíz 4 y se fabrica mediante el bobinado del material compuesto alrededor del núcleo. El segmento de larguero de punta 3 se fabrica de un material compuesto que comprende una mezcla de fibras de carbono y de vidrio y una resina. Las mezclas del segmento de larguero de raíz 2 y del segmento de larguero de punta 3 son diferentes debido a la diferente clase de cargas que actúan durante la operación de la turbina eólica sobre ellos. El segmento de larguero de raíz 2 se monta con el extremo de raíz 4 en un rotor de una turbina eólica y, por ello, ha de soportar el peso total de la pala del rotor, mientras que el segmento de larguero de punta 3 se posiciona hacia el exterior de la pala del rotor y está expuesto, por ejemplo, a las cargas de flexión y cortadura. Mediante la variación de la cantidad de fibras de carbono y vidrio en el material compuesto, pueden variarse las características mecánicas del material compuesto, dado que las fibras de carbono proporcionan más flexibilidad que, por ejemplo, las fibras de vidrio, como es conocido para el experto en la materia.

El segmento de larguero de raíz 2 tiene una primera parte de adhesión 8 (figuras 2 y 3) en el extremo de punta 5 y el segmento de larguero de punta 3 tiene una segunda parte de adhesión 9 en su extremo de raíz 6. En esta realización la primera 8 y segunda 9 partes de adhesión están integradas con los segmentos de larguero de raíz 2 y de punta 3, respectivamente, y se extienden alrededor de la periferia del extremo de punta 5 y del extremo de raíz 6, respectivamente.

Como se ha mencionado anteriormente, en algunas realizaciones, en las que el adhesivo entre la primera y segunda partes de adhesión solapadas podría también omitirse, se hace referencia a la primera y segunda partes de adhesión como la primera y segunda partes de conexión, respectivamente. Más allá de esa diferencia, la descripción de la presente realización también se aplica a dichas realizaciones, en las que el primer y segundo segmentos se fijan entre sí con los elementos de fijación 15.

Más aún, la primera y segunda partes de adhesión 8, 9 están ahusadas (véanse las figuras 2 y 3). La primera parte de adhesión 8 del segmento de larguero de raíz 2 está inclinada sobre la superficie exterior de modo que el grosor del material compuesto disminuye en la dirección hacia el extremo de punta 5. De modo similar, la segunda parte de

adhesión 9 está inclinada en la superficie exterior, de modo que el grosor del material compuesto disminuye en la dirección hacia el extremo de raíz 6. El ahusado simplifica la inserción del extremo de raíz 6 del segmento de larguero de punta 3 dentro del extremo de punta 5 del segmento de larguero de raíz 2 y la altura de una etapa 12 se reduce en comparación con un extremo de punta 5 sin ahusar del segmento de larguero de raíz 2.

5 En la etapa 19, se envuelve una capa de adhesión 10 (figuras 2 y 3) alrededor de la superficie exterior del segmento de larguero de punta 3 en la segunda parte de adhesión 9. La capa de adhesión 10 se fabrica de un material compuesto, tal como un preimpregnado, que comprende, por ejemplo, una mezcla de fibras de carbono y vidrio y una resina epoxi. La capa de adhesión 10 tiene un grosor de aproximadamente 1 mm y tiene sustancialmente
10 consistencia sólida. Debido al carácter sólido, la capa de adhesión 10 puede envolverse alrededor de la segunda parte de adhesión 9 y se pega a la parte de adhesión 9 debido a la resina epoxi.

A continuación, en la etapa 20, el segmento de larguero de punta 2 se inserta parcialmente con el extremo de raíz 6 dentro del extremo de punta hueco 5 del segmento de larguero de raíz 2, de modo que la primera parte de adhesión
15 8 solape parcialmente la segunda parte de adhesión 9 junto con la capa de adhesión 10. El área de solape de las partes de adhesión 8, 9 en esta realización se extiende aproximadamente 400 mm en la dirección longitudinal, es decir en la dirección longitudinal tanto del extremo de punta 5 como del extremo de raíz 6. El ancho de la capa de adhesión 10 se adapta al área de solape de las partes de adhesión 8, 9 y, por ello, es también de aproximadamente 400 mm. La capa de adhesión 10 se localiza entre la superficie interior del segmento de larguero de raíz 2 en la zona de la primera parte de adhesión 8 y la superficie exterior del segmento de larguero de punta 3 en la zona de la segunda parte de adhesión 9 y, por ello, está en contacto con las superficies interior y exterior respectivas del material compuesto. Estas superficies interior y exterior de la primera y segunda partes de adhesión 8, 9 en contacto con la capa de adhesión 10 son sustancialmente planas de modo que se proporciona un hueco uniforme entre las
20 partes de adhesión 8, 9 solapadas, que se llena por la capa de adhesión 10.

A continuación, en la etapa 21, se proporciona una pluralidad de remaches 15, que se extenderán a través del grosor de la primera parte de adhesión 8, la capa de adhesión 10 y la segunda parte de adhesión 9. Los remaches 15 se distribuyen uniformemente alrededor de la periferia del extremo de punta 5 del segmento de larguero de raíz 2. Antes de insertar y fijar los remaches 15, a través de los orificios se taladra a través de la primera y segunda partes
30 de adhesión 8, 9 así como a través de la capa de adhesión 10. Los remaches 15 fijan temporalmente el segmento de larguero de raíz 2 y el segmento de larguero de punta 3 entre sí, dado que de otra forma los segmentos de larguero de raíz y de punta 2, 3 tienden a desalinearse debido a la deformación por auto-carga y a sus longitudes que podrían tender también a la formación de grietas en el material compuesto de los segmentos de larguero de raíz y/o de punta. El doblado de los segmentos de larguero de raíz y/o de punta 2, 3 en particular en la zona del extremo de punta 5 y del extremo del raíz 6 puede evitarse, por ejemplo, mediante el soporte de los segmentos de larguero de raíz y de punta 8, 9 con una estructura de soporte (no mostrada) en estas zonas antes de su fijación con remaches 15 de unión. La estructura de soporte puede retirarse después de haber fijado el segmento de larguero de raíz 8 y el segmento de larguero de punta 9 entre sí mediante la pluralidad de remaches 15, de modo que la estructura de soporte ya no perjudique la aplicación de una capa de fibra 13.

A continuación, en la etapa 22, se envuelve una capa de fibra 13 alrededor de la zona de unión 11. La capa de fibra 13 se fabrica de un material compuesto tal como de preimpregnados, que comprende un material de bobinado y planchas fabricadas de una mezcla de fibras de carbono y de vidrio, que se impregnan con una resina epoxi sin curar. La zona de unión 11 es la zona en donde se forma el escalón 12 por el borde del extremo de punta 5 del
45 segmento de larguero de raíz 2 y la capa de adhesión 10. En la presente realización, la capa de fibra 13 se extiende aproximadamente seis metros en la dirección longitudinal del larguero 1, es decir aproximadamente tres metros al lado izquierdo y derecho de la zona de unión 11 y tiene un grosor promedio de aproximadamente 25 mm. La capa de fibra 13 no solo comprende una capa de fibras, sino que se fabrica de una pluralidad de fibras y planchas fabricadas de fibras de modo que formen el grosor promedio de aproximadamente 25 mm.

Más aún, la capa de fibra 13 se forma de tal modo que su grosor en la zona de unión 11 es mayor que fuera de la zona de unión 11, proporcionando de ese modo una parte más gruesa 14 en la zona de unión 11, para compensar el ahusado de la primera y segundas partes de adhesión 8, 9 y, por ello, el grosor reducido del material compuesto en las partes de adhesión 8, 9 del material compuesto de los segmentos de larguero de raíz y punta 2, 3 y la capa de
50 adhesión 10 (comparado con el grosor fuera de estas partes). Más aún, la transición desde el segmento de larguero de punta 3 al segmento de larguero de raíz 2 con el escalón 12 se suaviza por la capa de fibra 13. La variación del grosor de la parte más gruesa 14 de la capa de fibra 13 está adaptada a la forma del área de transición.

En algunas realizaciones, el segmento de larguero de raíz 2 comprende rendijas en la zona del extremo de punta 5 que transcurren en la dirección longitudinal del segmento de larguero de raíz 2, para proporcionar partes flexibles dentro de la primera parte de adhesión 8 que pueden presionarse contra la capa de adhesión 10. Para evitar grietas en la zona extrema de las rendijas, se taladran, por ejemplo, orificios dentro del material compuesto en el extremo cerrado de cada rendija.

65 Antes de realizar el curado, el segmento de larguero de raíz 2 y el segmento de larguero de punta 3 se encierran mediante una bolsa de vacío (no mostrada) en la zona de la capa de fibra 13, y se aplica un vacío. La presión de

aire presiona sobre la bolsa de vacío y, por ello, también sobre la capa de fibra 13 que rodea la zona de unión 11. Debido a las rendijas en la zona del extremo de punta 5 del segmento de larguero de raíz 2, las partes flexibles dentro de la primera parte de adhesión 8 presionan contra la capa de adhesión 10 para asegurar un buen contacto entre la capa de adhesión 10 y la superficie interior de la primera parte de adhesión 8 y la superficie exterior de la segunda parte de adhesión 9.

A continuación, en la etapa 23, la capa de fibra 13 y la capa de adhesión 10 se curan simultáneamente. El curado se realiza a una temperatura de aproximadamente 120 °C mediante el soplado de aire caliente a través del segmento de larguero de raíz 2 y del segmento de larguero de punta 3 huecos que, por ello, también pasa por la zona de unión 11. El aire caliente calienta el segmento de larguero de raíz 2 y el segmento de larguero de punta y de ese modo también la capa de adhesión 10 que se cura. Más aún, se aplica calor desde el exterior sobre los segmentos de larguero de raíz y punta 2, 3 por ejemplo, mediante un soplador de aire caliente (u horno) que aplica calor sobre la capa de fibra 13 y calienta de ese modo la capa de fibra 13. Por ello, la capa de adhesión 10 y la capa de fibra 13 se curan simultáneamente.

El curado lleva aproximadamente tres horas y después de la etapa 23 de curado, finaliza el método de fabricación en 24.

En la presente realización, la envoltura de la capa de adhesión 10 así como el montaje de los remaches 15 lleva cada uno aproximadamente 10 minutos. La envoltura de la capa de fibra 13 lleva aproximadamente media hora y, como se ha mencionado, el curado lleva aproximadamente tres horas. Dado que los remaches 15 se proporcionan para la fijación del segmento de larguero de raíz 2 y del segmento de larguero de punta 3 juntos, no hay necesidad de, por ejemplo, curar la capa de adhesión 10 antes de que se proporcione la capa de fibra 13 para fijar los segmentos del larguero de raíz y punta 8, 9 entre sí. Ahorrando de ese modo el tiempo que se necesitaría para curar la capa de adhesión 10. Como se ha mencionado anteriormente, en particular, largos segmentos de larguero de pala tienden a deformación por auto-carga y, por ello, se necesita una fijación en la zona de unión 11 antes de que se proporcione la capa de fibra 13, para asegurar que los segmentos de larguero de raíz y punta 2, 3 están bien alineados entre sí y que el material compuesto no se agrieta en la zona de unión 11 debido a deformación por auto-carga.

En otras realizaciones, pueden usarse otros elementos de fijación, tales como tornillos, pasadores o cualquier otro elemento de fijación adecuado que pueda proporcionar una fijación temporal de los segmentos de larguero respectivos entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la fabricación de un larguero de pala para una pala de turbina eólica, que comprende las etapas de:
- 5 posicionar (17) un primer segmento de larguero (2) que tiene una primera parte de adhesión (8);
 posicionar (18) un segundo segmento de larguero (3) que tiene una segunda parte de adhesión (9);
 insertar parcialmente un extremo de raíz (6) del segundo segmento de larguero (3) en un extremo de punta (5)
10 del primer segmento de larguero (2) de modo que la primera parte de adhesión (8) y la segunda parte de
 adhesión (9) se solapen al menos parcialmente, en el que se proporciona un adhesivo al menos parcialmente
 entre las partes de adhesión solapadas (8, 9);
 proporcionar (22) al menos una capa de fibra (13) impregnada con una resina sin curar sobre las superficies
 exteriores del primer y segundo segmentos de larguero (2, 3) al menos en la zona de unión (11) del primer y
15 segundo segmentos de larguero (2, 3); y
 curar simultáneamente (23) el adhesivo (10) y la resina, fijando de ese modo el primer y segundo segmentos de
 larguero (2, 3) entre sí.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende la etapa de fijar el primer segmento de larguero y el
20 segundo segmento de larguero entre sí con al menos un elemento de fijación (15) antes de que se proporcione la al
 menos una capa de fibra (13).
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el al menos un elemento de fijación (15) se extiende a
 través del grosor de las partes de adhesión solapadas (8, 9).
- 25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el al menos un elemento de fijación (15) comprende un
 remache.
5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de curado
 comprende la etapa de calentamiento a una temperatura por encima de 100 °C.
- 30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la etapa de curado comprende la etapa de calentamiento
 a una temperatura de aproximadamente 120 °C.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que la etapa de curado comprende la
35 etapa de calentamiento durante aproximadamente tres horas.
8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, antes de realizar la
 etapa de curado, la etapa de aplicar un vacío al menos en la zona de la al menos una capa de fibra (13).
- 40 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el adhesivo (10)
 comprende una capa preimpregnada.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende la etapa de envolver la capa preimpregnada
45 alrededor de la segunda parte de adhesión (9).
11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de ahusar
 al menos parcialmente la parte de adhesión (8) del primer segmento de larguero (2) y/o la parte de adhesión (9) del
 segundo elemento de larguero (3).
- 50 12. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de proporcionar
 la al menos una capa de fibra (13) comprende la etapa de formar la capa de fibra (13) con una parte más gruesa
 (14) en la zona de unión (11) de las partes de adhesión solapadas (8, 9) que fuera de la zona de unión (11).
13. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa de
55 prefabricación del primer y/o segundo segmentos de larguero (2, 3) con un material compuesto y curarlos.

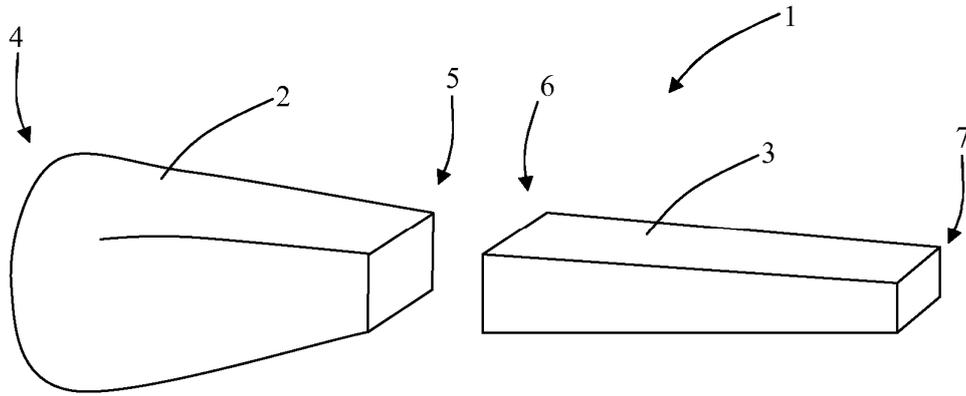


Fig. 1

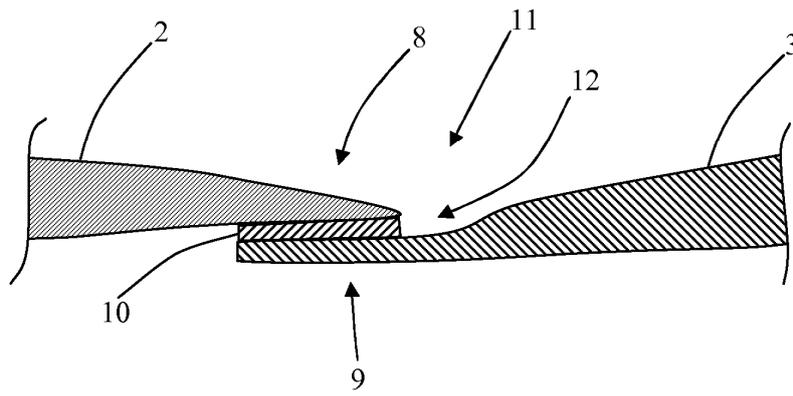


Fig. 2

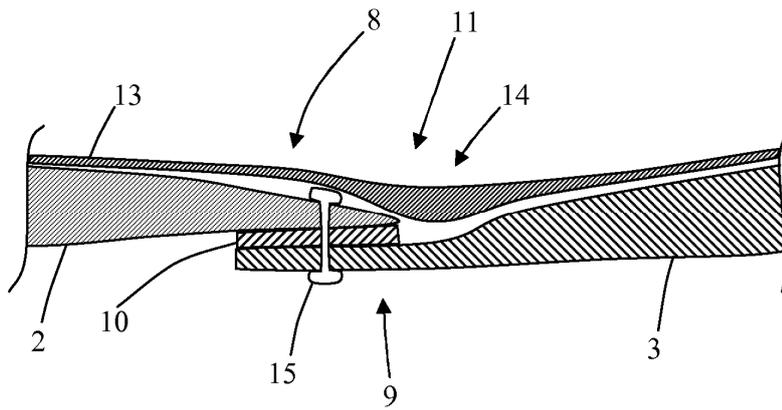


Fig. 3

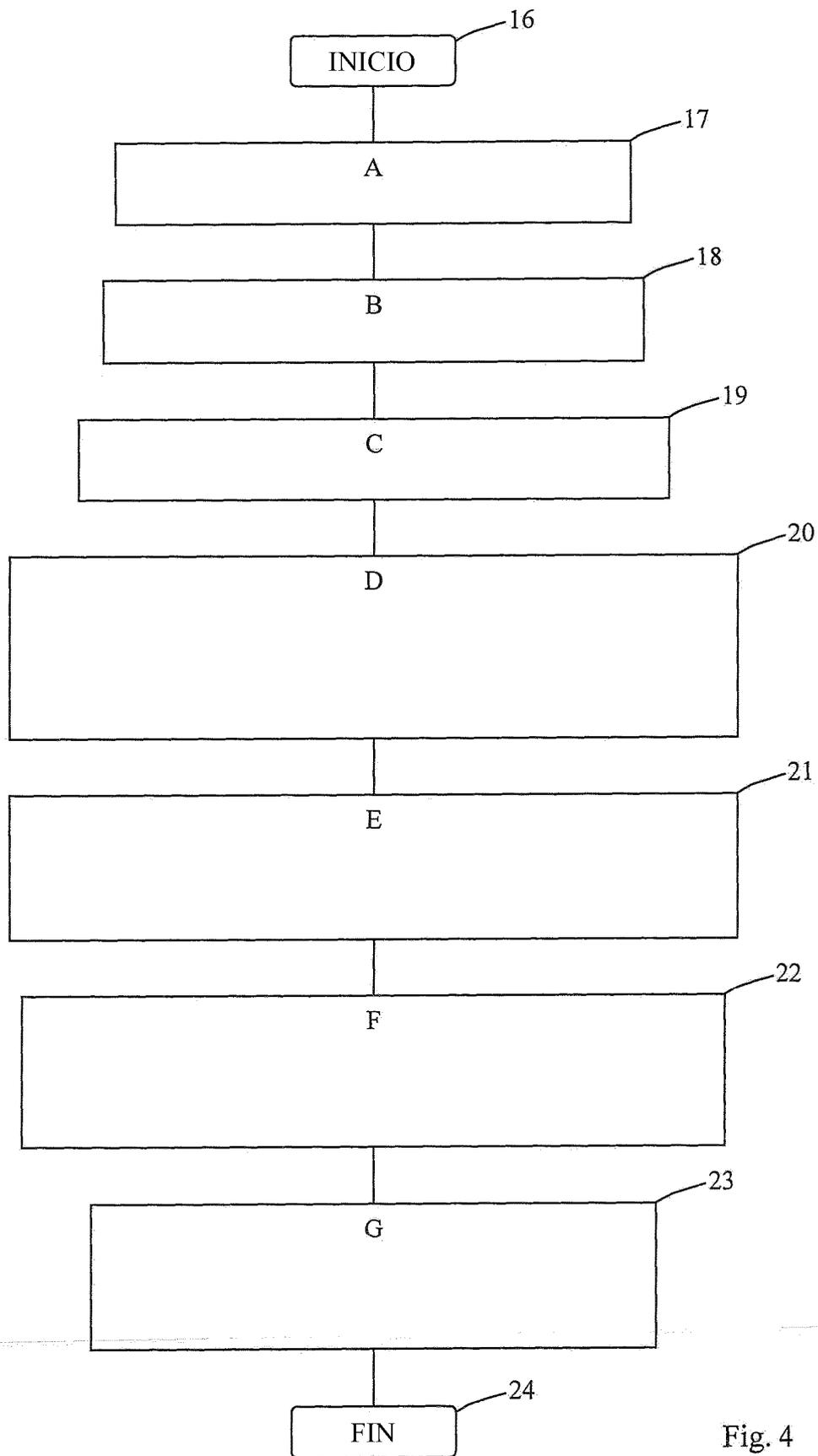


Fig. 4