

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 211**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2019** **E 19167473 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2023** **EP 3719297**

54 Título: **Viga para una pala de turbina eólica y método de fabricación para la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.03.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**HENRICHSEN, SOEREN RANDRUP y
NIELSEN, MOGENS**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 936 211 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

Viga para una pala de turbina eólica y método de fabricación para la misma

- 5 Viga para una pala de turbina eólica, pala de turbina eólica, turbina eólica, método para fabricar una viga para una pala de turbina eólica y método para fabricar una pala de turbina eólica.

10 La presente invención se refiere a una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica, en que la viga está realizada de un material compuesto que comprende una matriz y un refuerzo. La presente invención se refiere además a una pala de turbina eólica para una turbina eólica y a una turbina eólica. Además, la presente invención se refiere a un método para fabricar una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica y a un método para fabricar una pala de turbina eólica de una turbina eólica.

15 Las palas de turbina eólica deben poder convertir de manera eficiente el viento en el movimiento giratorio de las palas de turbina eólica, de modo que la energía del viento pueda convertirse en movimiento mecánico rotatorio de un rotor al que están unidas las palas de turbina eólica. Es preferible usar materiales que tengan un módulo específico alto (módulo de elasticidad por densidad de masa de un material), también conocido como razón de la rigidez con respecto al peso, en las palas de turbina eólica para abordar la ley cuadrático-cúbica que rige el escalado de las palas de turbina eólica. Por tanto, en las palas de turbina eólica se usan comúnmente materiales compuestos tales como plástico reforzado con fibras de carbono que tienen un módulo específico alto. Tales materiales compuestos de módulo específico alto normalmente son más caros y más exigentes cuando se disponen en palas de turbina eólica en comparación con materiales que tienen un módulo específico más bajo. Por tanto, estos materiales compuestos de módulo específico alto, tal como el plástico reforzado con fibras de carbono, se usan para reforzar la pala de turbina eólica, que por lo demás está realizada de materiales compuestos económicos, tal como el plástico reforzado con fibras de vidrio. Por ejemplo, el plástico reforzado con fibras de vidrio relativamente económico puede usarse para la carcasa de la pala de turbina eólica y el plástico reforzado con fibras de carbono relativamente caro puede usarse para las tapas de larguero de la pala de turbina eólica. Debido a su alta rigidez, los materiales compuestos que tienen un módulo específico alto contribuyen en gran medida a la rigidez general de la pala de turbina eólica. Además, normalmente los materiales compuestos que tienen un módulo específico alto se proporcionan como vigas que tienen una anchura estrecha, en particular en comparación con la anchura de la carcasa realizada del material compuesto que tiene un módulo específico relativamente más bajo. De ese modo, las cargas aplicadas a la pala de turbina eólica durante el funcionamiento de la turbina eólica se concentran en gran medida en la viga estrecha realizada del material compuesto que tiene un módulo específico alto y desde allí se liberan al material compuesto que tiene el módulo específico relativamente más bajo y la superficie más grande, tal como la carcasa de la pala de turbina eólica. Por ejemplo, las vigas realizadas de plástico reforzado con fibras de carbono pueden soportar hasta tres veces la tensión que puede soportar una carcasa realizada de plástico reforzado con fibras de vidrio de una pala de turbina eólica. Cuando se libera la carga desde la viga a la carcasa o a otro componente de la pala de turbina eólica, al que está unida la viga, las cargas lineales aplicadas desde los extremos longitudinales de la viga a la carcasa o al otro componente de la pala de turbina eólica son muy altas y pueden provocar la falla de la pala de turbina eólica.

45 El documento WO 2006/002621 A1 describe una pala de turbina eólica que comprende dos secciones de pala de turbina eólica que incluyen una o más estructuras de refuerzo, estando los extremos de dichas estructuras de refuerzo conectados en una junta de conexión, en la que dichos extremos incluyen superficies de conexión correspondientes, siendo la una o más dimensiones relevantes de dichas superficies mayores que las dimensiones de las superficies transversales de las estructuras de refuerzo en dichos extremos, y en la que una o más de dichas dimensiones relevantes de dicha junta de conexión está ampliada en relación con la estructura de refuerzo adyacente.

50 El documento WO 2010/135737 A1 describe un sistema para ensamblar segmentos en el sentido de la envergadura de una pala de turbina eólica que tiene un primer dispositivo de transporte, un segundo dispositivo de transporte y una estructura de guía portada por al menos uno de los dispositivos de transporte primero y segundo.

55 Por este motivo, existe la necesidad de una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica que pueda liberar la carga desde la viga a una carcasa u otro componente de la pala de turbina eólica sin riesgo de falla de la pala de turbina eólica y existe la necesidad de un método de fabricación para una viga de este tipo. Además, también existe la necesidad de una pala de turbina eólica, incluyendo un método de fabricación de la misma, y una turbina eólica que sean menos susceptibles de tener fallas.

60 Este problema se resuelve mediante el contenido de las reivindicaciones. Por tanto, este objeto se resuelve mediante una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica según la reivindicación independiente 1, una pala de turbina eólica según la reivindicación dependiente 9, una turbina eólica según la reivindicación dependiente 11, un método para fabricar una viga para una pala de turbina eólica según la reivindicación independiente 12 y un método para fabricar una pala de turbina eólica según la reivindicación dependiente 13. Detalles adicionales de la invención se desarrollan a partir de otras reivindicaciones, así como a partir de la descripción y los dibujos. De ese modo, las características y los detalles descritos en relación con la viga de la invención se aplican en relación con la

pala de turbina eólica de la invención, la turbina eólica de la invención, el método para fabricar una viga según la invención y el método para fabricar una pala de turbina eólica según la invención y viceversa, de modo que en lo que se refiere a la divulgación de los aspectos individuales de la invención, se hace referencia o pueden hacerse referencia entre sí.

5

Según un primer aspecto de la invención, el problema se resuelve mediante una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica, en que la viga está realizada de un material compuesto que comprende una matriz y un refuerzo, en que la viga comprende al menos una sección de extremo longitudinal rebajada en la que la viga comprende al menos un rebaje longitudinal dispuesto en una dirección longitudinal o sustancialmente en una dirección longitudinal de la viga que se extiende desde una sección media longitudinal de la viga hasta un extremo longitudinal de la viga, de modo que el al menos un rebaje longitudinal separa la viga en porciones de viga longitudinales adyacentes, en que las porciones de viga longitudinales están unidas a la sección media longitudinal, en que al menos una de la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada tiene la forma de un abanico.

10

15

La viga según la invención puede usarse en cualquier aplicación técnica, siendo la aplicación preferible una pala de turbina eólica (también conocida como pala de rotor) de una turbina eólica. La viga comprende múltiples porciones de viga longitudinales en su al menos una sección de extremo longitudinal rebajada, en que las cargas lineales desde la viga pueden transferirse de manera favorable a través de las porciones de viga longitudinales. De ese modo, cuando se libera la carga de las porciones de viga longitudinales en lugar de una viga sin rebaje, puede reducirse el riesgo de falla de la carcasa o el componente de la pala de turbina eólica, al que está unido la viga. Además, la viga según la invención es muy flexible debido al menos al un rebaje longitudinal y de ese modo tiene altas capacidades de torsión, lo que significa que puede someterse a torsión en un alto grado sin fallas. Además, la viga de la invención puede fabricarse de manera muy rentable.

20

25

El abanico puede describirse como un trapecoide modificado que tiene dos lados no paralelos y dos lados paralelos, siendo la modificación que uno de los lados paralelos es un sitio redondeado. En particular, la longitud del lado redondeado puede ser mayor que la longitud de su lado paralelo. De ese modo, el área para transmitir la carga lineal desde la viga a un componente unido a la misma aumenta en un gran margen, proporcionando eficazmente mejores capacidades de transferencia de carga de la viga.

30

La viga tiene una dirección longitudinal en la dirección de su longitud, una dirección de anchura en la dirección de su anchura y una dirección de grosor en la dirección de su grosor. La dirección longitudinal es a lo largo de un eje longitudinal, la dirección de anchura es a lo largo de un eje de anchura y la dirección de grosor es a lo largo de un eje de grosor de la viga. La longitud de la viga es mayor que su anchura y grosor. La anchura de la viga es mayor que su grosor. En particular, las porciones de viga longitudinales tienen una longitud mayor que la anchura y el grosor de las porciones de viga longitudinales. La dirección sustancialmente longitudinal de la viga comprende la dirección longitudinal de la viga y desviaciones de dirección con respecto a la dirección longitudinal de un ángulo de desviación formado entre el eje longitudinal y el eje de anchura de hasta 20°, en particular de hasta 10°.

35

40

En particular, la sección media longitudinal es una porción de la viga que no incluye la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada. Por ejemplo, cuando la viga está dotada de dos secciones de extremo longitudinales rebajadas, la sección media longitudinal se proporciona entre las dos secciones de extremo longitudinales rebajadas. Por ejemplo, cuando la viga está dotada de solo una sección de extremo longitudinal rebajada, la sección media está realizada de toda la porción de la viga que no comprende la sección de extremo longitudinal rebajada, es decir una sección de la viga desde la sección de extremo longitudinal rebajada hasta el extremo longitudinal de la viga que es opuesto al extremo longitudinal de la porción de extremo longitudinal rebajada. En particular, la sección media longitudinal es una porción de la viga que comprende un centro de la viga, estando el centro en una parte media de la longitud de la viga. Que las porciones de viga longitudinales están unidas a la sección media longitudinal significa, dicho de otro modo, que las porciones de viga longitudinales se mantienen unidas por la sección media longitudinal.

50

En particular, la longitud del al menos un rebaje longitudinal en una dirección de grosor de la viga es al menos el grosor de la viga. Esto significa que el al menos un rebaje longitudinal se proporciona a lo largo de todo el grosor de la viga en esa ubicación. Por ejemplo, el rebaje longitudinal también puede denominarse una ranura longitudinal y la porción de extremo longitudinal rebajada puede denominarse una porción de extremo longitudinal ranurada. Dicho de otro modo, el rebaje o ranura longitudinal tiene lados abiertos hacia superficies opuestas de la viga. Estas superficies opuestas de la viga están dispuestas de manera ortogonal con respecto a la dirección de grosor de la viga. El al menos un rebaje longitudinal tiene una longitud más corta que la longitud de la viga en la dirección longitudinal de la viga. Cada uno del al menos un rebaje longitudinal puede tener una longitud igual o sustancialmente igual en comparación con los demás. Una longitud sustancialmente igual significa que puede ser posible una desviación de hasta el 10%, en particular el 5% en la longitud de los rebajes longitudinales con respecto a cualquier otro rebaje longitudinal. Al menos uno del al menos un rebaje longitudinal puede tener una forma plana. De ese modo, las porciones de viga longitudinales pueden tener una forma plana. Las porciones de viga longitudinales pueden diseñarse adicionalmente como tiras de viga longitudinales. Al menos uno del al menos un rebaje longitudinal puede tener una anchura, que se define como la distancia entre porciones de viga longitudinales adyacentes, de 1 mm a 1000 mm, en particular de 2 mm a 200 mm y más particularmente de 5 mm a 50 mm.

55

60

65

5 La viga puede definirse como una estructura alargada que tiene alta resistencia a la tracción. La viga puede denominarse alternativamente una tira, una banda, un material laminado o una barra, por ejemplo. Tales vigas o tiras pueden apilarse una encima de otra para aumentar adicionalmente la resistencia a la tracción y hacer que la viga o la tira sea flexible frente a la carga de torsión.

10 La viga puede estar realizada de al menos un elemento sometido a pultrusión. La viga puede estar realizada además de al menos dos elementos sometidos a pultrusión, que se conectan, en particular se adhieren, entre sí. La conexión puede establecerse mediante moldeo de resina, por ejemplo. Los al menos dos elementos sometidos a pultrusión pueden disponerse uno encima del otro o uno al lado del otro. En este caso, el al menos un rebaje longitudinal puede proporcionarse en ambos elementos sometidos a pultrusión como un rebaje longitudinal. La viga puede estar realizada además de al menos cuatro elementos sometidos a pultrusión, que se conectan entre sí. Al menos dos de los al menos cuatro elementos sometidos a pultrusión pueden disponerse uno al lado del otro, disponiéndose cada uno de los al menos otros dos de los al menos cuatro elementos sometidos a pultrusión encima de cada uno de los dos de los al menos cuatro elementos sometidos a pultrusión. En este caso, el al menos un rebaje longitudinal puede proporcionarse en al menos dos elementos sometidos a pultrusión como un rebaje longitudinal.

20 Preferiblemente, la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada de la viga comprende al menos dos rebajes longitudinales dispuestos en la dirección longitudinal de la viga, por lo que los al menos dos rebajes longitudinales separan la viga en porciones de viga longitudinales adyacentes. Preferiblemente, al menos dos de los al menos dos rebajes longitudinales y más preferiblemente todos los rebajes longitudinales se disponen paralelos entre sí en la dirección longitudinal de la viga. De ese modo, hay al menos tres porciones de viga longitudinales adyacentes paralelas, por lo que las capacidades de transferencia de carga aumentan adicionalmente.

25 Más preferiblemente, la viga comprende al menos tres rebajes longitudinales dispuestos en la dirección longitudinal de la viga, por lo que los al menos tres rebajes longitudinales separan la viga en porciones de viga longitudinales adyacentes. De ese modo, hay al menos cuatro porciones de viga longitudinales adyacentes paralelas, por lo que las capacidades de transferencia de carga aumentan adicionalmente. Se prefiere adicionalmente que la cantidad de rebajes longitudinales esté en el intervalo de 3 a 50, preferiblemente de 4 a 40 y más preferiblemente de 5 a 30.

30 En una realización preferida de la invención, al menos uno del al menos un rebaje longitudinal está dispuesto con una inclinación con respecto a una dirección de grosor de la viga, por lo que la dirección de grosor es transversal a la dirección longitudinal de la viga y una dirección de anchura de la viga. La dirección de grosor puede ser en particular ortogonal a la dirección longitudinal de la viga y ortogonal a la dirección de anchura de la viga. Un ángulo de rebaje de la inclinación formada entre la dirección de grosor y el rebaje longitudinal puede estar en el intervalo de 1° a 60°, en particular de 5° a 60° y más particularmente de 10° a 60°. El ángulo de rebaje puede corresponder a un ángulo de corte de un corte mediante el cual se introduce el rebaje longitudinal en la viga. De ese modo, se aumenta la superficie de la porción de viga longitudinal junto a los rebajes longitudinales. Por tanto, se proporciona más superficie a través de la cual pueden transmitirse las cargas lineales y las capacidades de transferencia de carga de la porción de extremo longitudinal rebajada aumentan eficazmente.

40 En una realización preferida adicional de la invención, al menos una de las porciones de viga longitudinales puede tener una sección transversal cuadrilátera, en particular una sección transversal de paralelogramo y más particularmente una sección transversal rectangular. De ese modo, se facilita la alineación de las porciones de viga longitudinales entre sí y se mejora su capacidad de liberar cargas.

45 Aún en otra realización preferida de la invención, al menos dos porciones de viga longitudinales adyacentes están dispuestas para superponerse parcialmente entre sí. Esto puede realizarse extendiendo las porciones de viga longitudinales en la dirección de anchura de la viga. De ese modo, se transmiten eficazmente las cargas lineales entre las porciones de viga longitudinales, de modo que las cargas lineales se extienden y son menos perjudiciales cuando se aplican a un componente al que está unido la viga, tal como una carcasa de una pala de turbina eólica. Se prefiere adicionalmente que una zona de superposición de las porciones de viga longitudinales adyacentes superpuestas disminuya a lo largo de una dirección longitudinal de las porciones de viga longitudinales. En particular, la zona de superposición de las porciones de viga longitudinales adyacentes superpuestas es mayor cerca de la sección media longitudinal de la viga en comparación con una zona de superposición cerca de un extremo longitudinal de la viga. De ese modo, las cargas lineales realizan una transición suave hacia el extremo longitudinal de la viga.

50 En otra realización preferida de la invención, al menos una de la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada presenta una sección decreciente en la dirección de grosor de la viga. El ángulo de sección decreciente puede estar en el intervalo de 0,3° a 5°, en particular de 0,5° a 3° y más particularmente de 0,6° a 2°, por ejemplo. El ángulo de sección decreciente de la sección decreciente está definido entre la superficie superior de la sección media longitudinal y la superficie superior de sección decreciente de la sección de extremo longitudinal rebajada. De ese modo, las cargas lineales se transmiten no solo en una dirección de anchura de la viga a lo largo de las porciones de viga longitudinales, sino también en una dirección de grosor de la viga, mejorando eficazmente las capacidades de transferencia de carga de la viga.

5 En una realización preferida de la invención, el refuerzo del material compuesto comprende fibras unidireccionales dispuestas en la dirección longitudinal de la viga. En particular, el refuerzo del material compuesto es una pluralidad de fibras unidireccionales. La rigidez de la viga se mantiene así en gran medida aunque comprenda el al menos un rebaje longitudinal, porque el al menos un rebaje longitudinal no corta transversalmente las fibras del refuerzo. Por tanto, las fibras unidireccionales discurren a lo largo de o en paralelo al menos un rebaje longitudinal de la viga.

10 En una realización preferida adicional de la invención, el material compuesto es un plástico reforzado con fibras, en particular un plástico reforzado con fibras de carbono. Los plásticos reforzados con fibras, en particular plástico reforzado con fibras de carbono, tienen una razón de rigidez con respecto a peso particularmente alta y por tanto pueden usarse preferiblemente cuando se aplican cargas altas a la viga y la viga transfiere estas cargas a otros componentes. Plásticos reforzados con fibras adicionales para su uso en la viga pueden ser plástico reforzado con fibras de vidrio y plástico reforzado con fibras de aramida, por ejemplo. En un plástico reforzado con fibras de carbono, las fibras de carbono son el refuerzo y una resina polimérica, tal como la resina epoxídica, es la matriz. Un plástico reforzado con fibras de carbono puede comprender fibras adicionales tales como fibras de vidrio o fibras de aramida como refuerzo. Sin embargo, es preferible que el plástico reforzado con fibras de carbono comprenda predominantemente fibras de carbono como refuerzo. Alternativamente, como material compuesto de la viga, puede usarse madera compuesta, material compuesto de matriz cerámica o un material compuesto de matriz metálica.

20 Aún en otra realización preferida de la invención, al menos uno del al menos un rebaje longitudinal tiene una longitud del 2% al 40%, en particular del 3% al 35% y más particularmente del 4% al 20% de una longitud de la viga. Por consiguiente, al menos una de la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada puede tener una longitud del 2% al 40%, en particular del 3% al 35% y más particularmente del 4% al 20% de la longitud de la viga. En particular, la longitud de la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada puede ser igual a la longitud del al menos un rebaje longitudinal proporcionado en el mismo. La viga puede tener exactamente dos secciones de extremo longitudinales rebajadas proporcionadas en los extremos longitudinales de la viga. Además, la sección media longitudinal de la viga puede tener una longitud del 20% al 96%, en particular del 30% al 94% y más particularmente del 60% al 92% de la longitud de la viga. De ese modo, la viga está dotada de altas capacidades de transferencia de carga a lo largo de una gran longitud de la viga, mientras que todavía proporciona suficiente rigidez e integridad estructural.

35 Según un segundo aspecto de la invención, se trata de una pala de turbina eólica de una turbina eólica, comprendiendo la pala de turbina eólica una carcasa y un larguero, por lo que la carcasa y/o el larguero comprenden la viga según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

40 En una realización preferida de la invención, la viga está unida a la carcasa y/o el larguero que comprende la viga está dispuesto en la pala de turbina eólica en el borde de salida o dentro de una distancia de hasta el 30%, en particular el 20% y más particularmente el 10% de la anchura de la pala de turbina eólica desde el borde de salida. En este caso, las altas capacidades de torsión y las capacidades de transferencia de carga de la viga se facilitan particularmente bien.

Según un tercer aspecto de la invención, se trata de una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica según la invención.

45 Según un cuarto aspecto de la invención, se trata de un método para fabricar una viga para una pala de turbina eólica de una turbina eólica, en que la viga está realizada de un material compuesto que comprende una matriz y un refuerzo, comprendiendo el método la etapa de cortar al menos un rebaje longitudinal en una dirección longitudinal o sustancialmente en una dirección longitudinal de la viga desde una sección media longitudinal de la viga hasta un extremo longitudinal de la viga, de modo que la viga comprende al menos una sección de extremo longitudinal rebajada y el al menos un rebaje longitudinal separa la viga en porciones de viga longitudinales adyacentes, en que las porciones de viga longitudinales están unidas a la sección media longitudinal. El corte puede realizarse mecánicamente o por medio de un láser, por ejemplo. El método comprende además la etapa de extender las porciones de viga longitudinales en la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada en una dirección de anchura de la viga, que es transversal a la dirección longitudinal de la viga y una dirección de grosor de la viga, de modo que al menos dos porciones de viga longitudinales adyacentes se superponen parcialmente entre sí y/o al menos una de la al menos una sección de extremo longitudinal rebajada está conformada como un abanico.

60 Según un quinto aspecto de la invención, se trata de un método para fabricar una pala de turbina eólica de una turbina eólica, en el que la pala de turbina eólica comprende una carcasa y un larguero y el método comprende el método de fabricar una viga según la invención, en que las porciones de viga longitudinales adyacentes se conectan a la carcasa, comprendiendo la carcasa un material compuesto que tiene una razón de rigidez con respecto a peso menor que el material compuesto de las porciones de viga longitudinales.

65 Se desprenden ventajas, características y detalles adicionales de la invención a partir de la siguiente descripción, en la que con referencia a los dibujos, figuras 1 a 6, se describen en detalle realizaciones de la presente invención. En los dibujos, se muestra esquemáticamente:

la figura 1 es una vista lateral de una realización de una turbina eólica según la invención,

la figura 2 es una vista en sección a lo largo de un plano transversal de una realización de una pala de turbina eólica según la invención y de la turbina eólica de la figura 1,

la figura 3 es una a vista en perspectiva lateral de una primera realización de una viga según la invención,

la figura 4 es una vista en perspectiva lateral de una segunda realización de una viga según la invención

la figura 5 es una vista en sección a lo largo de un plano transversal de la viga de la figura 4, y

la figura 6 es una vista en perspectiva lateral de la viga de la figura 4, en la que las porciones de viga longitudinales están extendidas.

Los mismos objetos en las figuras 1 a 6 se denominan con el mismo número de referencia. Si hay más de un objeto del mismo tipo en una de las figuras, los objetos se numeran en orden ascendente, estando separado el orden ascendente del objeto de su número de referencia por un punto. Las dimensiones específicas de las características y partes en las figuras son a modo de ejemplo y pueden ampliarse únicamente para facilitar la referencia.

La figura 1 es una vista lateral de una realización de una turbina 1 eólica según la invención. La turbina 1 eólica está dotada de tres palas 10.1, 10.2, 10.3 de turbina eólica unidas a un buje 4 de la turbina 1 eólica, que está conectado a una góndola 3 de la turbina 1 eólica, estando soportada la góndola 3 en un mástil 2 de la turbina 1 eólica.

La figura 2 es una vista en sección a lo largo del plano transversal de la línea II-II representada en la figura 1 de la pala 10 de turbina eólica de la turbina 1 eólica de la figura 1. La pala 10 de turbina eólica tiene un borde 11 de salida y un borde 12 de ataque. La pala 10 de turbina eólica comprende una carcasa 20 y un larguero 30. El larguero 30 comprende dos tapas 31.1, 31.2 de larguero. Las dos tapas 31.1, 31.2 de larguero están orientadas una hacia la otra y están conectadas entre sí por medio de un alma 32 de larguero. La tapa 31.1 de larguero comprende una pila de cinco vigas 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5 apiladas una encima de otra. La tapa 31.2 de larguero comprende una pila de cinco vigas 40.6, 40.7, 40.8, 40.9, 40.10 adicionales apiladas una encima de otra. Aún otra viga 40.11 está dispuesta dentro de la carcasa a una distancia del 5% de la anchura de la pala 10 de turbina eólica desde el borde 11 de salida de la pala 10 de turbina eólica.

La figura 3 es una vista en perspectiva lateral de una primera realización de una viga 40 según la invención. Una viga 40 de este tipo puede usarse como una, varias o todas las vigas 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5, 40.6, 40.7, 40.8, 40.9, 40.1, 40.11 en la pala 10 de turbina eólica de la figura 2. En esta realización particular, la viga 40 es un elemento sometido a pultrusión realizado de plástico reforzado con fibras de carbono.

La viga 40 tiene una sección 43 media longitudinal, una primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada y una segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada. La sección 43 media longitudinal está dispuesta entre la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada y la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada. La primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada se extiende hasta un primer extremo 46 longitudinal de la viga 40 y la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada se extiende hasta un segundo extremo 47 longitudinal de la viga 40. La longitud de la viga 40 es la suma de la longitud L_{43} de la sección 43 media longitudinal, la longitud L_{44} de la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada y la longitud L_{45} de la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada medidas en una dirección longitudinal L de la viga 40. La viga 40 tiene además una anchura W_{40} medida en una dirección de anchura W de la viga 40 y un grosor T_{40} medido en una dirección de grosor T de la viga 40, tal como se observa mejor en la figura 5. La anchura W_{40} de la viga 40 es constante en la sección media longitudinal. Además, la anchura W_{40} de la viga 40 es constante en la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada y la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada. El grosor T_{40} también es constante en la sección 43 media longitudinal. Sin embargo, la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada y la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada presentan una sección decreciente en su grosor T_{40} . En particular, la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada presenta una sección decreciente en grosor con un ángulo de sección decreciente β_1 y la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada tiene una sección decreciente en grosor con un ángulo de sección decreciente β_2 . Los ángulos de sección decreciente β_1 , β_2 pueden ser iguales o diferentes entre sí.

Cuatro rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4 longitudinales se extienden paralelos entre sí en la dirección longitudinal L de la viga 40 en un primer extremo 46 longitudinal de la viga 40. Los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4 longitudinales forman de ese modo la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada. Los cuatro rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4 longitudinales separan la viga 40 en cinco porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5 de viga longitudinales adyacentes. Los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4 longitudinales y las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5 de viga longitudinales tienen el grosor de sección decreciente T_{40} de la viga 40. Las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4 de viga longitudinales están unidas entre sí por medio de la sección 43 media longitudinal de la viga 40, que está conectada a la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada. La sección 43 media longitudinal no tiene ninguno de los rebajes 41

longitudinales.

5 Cuatro rebajes 41.5, 41.6, 41.7, 41.8 longitudinales adicionales están dispuestos paralelos entre sí en la dirección longitudinal L de la viga 40 en el segundo extremo 47 longitudinal de la viga 40. Los rebajes 41.5, 41.6, 41.7, 41.8 longitudinales forman de ese modo la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada. Los cuatro rebajes 41.5, 41.6, 41.7, 41.8 longitudinales separan la viga 40 en cinco porciones 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10 de viga longitudinales adyacentes. Los rebajes 41.5, 41.6, 41.7, 41.8 longitudinales y las porciones 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10 de viga longitudinales tienen el grosor de sección decreciente T40 de la viga 40. Las porciones 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10 de viga longitudinales están unidas entre sí por medio de la sección 43 media longitudinal de la viga 40, que también está conectada a la segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada.

15 La figura 4 es una vista en perspectiva lateral de una porción de una segunda realización de una viga 40 según la invención. Diez rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales están dispuestos paralelos entre sí en la dirección longitudinal de la viga 40, por lo que los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales separan la viga 40 en once porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 42.11 de viga longitudinales adyacentes. Los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales y las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 42.11 de viga longitudinales tienen el grosor de sección decreciente T40 de la viga 40 en su ubicación respectiva. Los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales están dispuestos en la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada que tiene el primer extremo 46 longitudinal. El segundo extremo 47 longitudinal de la viga 40 no se muestra en esta figura. Puede tener una segunda sección 45 de extremo longitudinal rebajada correspondiente o similar a la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada. Las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 42.11 de viga longitudinales están unidas entre sí por medio de la sección 43 media longitudinal de la viga 40, que está conectada a la primera sección 44 de rebaje longitudinal.

25 La figura 5 es una vista en sección a lo largo de la línea V-V de la viga 40 de la figura 4. En este caso, se indican los cortes 48.1, 48.2, 48.3, 48.4, 48.5, 48.6, 48.7, 48.8, 48.9, 48.10 a través de la viga 40 mediante los cuales los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales separan las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 42.11 de viga longitudinales entre sí. Los cortes 48.1, 48.2, 48.3, 48.4, 48.5, 48.6, 48.7, 48.8, 48.9, 48.10 se introducen en la viga 40 con un ángulo de corte constante α . El ángulo de corte α es un ángulo entre una línea de los cortes 48, en este caso el corte 48.1, y una dirección de grosor T en la que puede medirse el grosor T40 de la viga 40. La dirección de grosor es perpendicular a una superficie superior de la viga 40. Los rebajes 41.1, 41.2, 41.3, 41.4, 41.5, 41.6, 41.7, 41.8, 41.9, 41.10 longitudinales están dispuestos de ese modo con una inclinación con respecto a la dirección de grosor de la viga 40. El ángulo de rebaje de la inclinación corresponde al ángulo de corte α . Cada corte individual o múltiples cortes de los cortes 48.1, 48.2, 48.3, 48.4, 48.5, 48.6, 48.7, 48.8, 48.9, 48.10 pueden tener un ángulo de corte α diferente. Además, es posible que las líneas de corte en la viga 40 se crucen entre sí.

40 La figura 6 es una vista en perspectiva lateral de la viga 40 de la figura 4, en la que las porciones 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 42.11 de viga longitudinales se han extendido en la dirección de anchura W de la viga 40 tal como se indica por las flechas. Como resultado, la primera sección 44 de extremo longitudinal rebajada tiene la forma de un abanico.

45

REIVINDICACIONES

1. Viga (40) para una pala (10) de turbina eólica de una turbina (1) eólica, en que la viga (40) está realizada de un material compuesto que comprende una matriz y un refuerzo, en que la viga (40) comprende al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada en la que la viga (40) comprende al menos un rebaje (41) longitudinal dispuesto en una dirección longitudinal (L) o sustancialmente en una dirección longitudinal (L) de la viga (40) que se extiende desde una sección (43) media longitudinal de la viga (40) hasta un extremo (46, 47) longitudinal de la viga (40), de modo que el al menos un rebaje (41) longitudinal separa la viga (40) en porciones (42) de viga longitudinales adyacentes, en que las porciones (42) de viga longitudinales están unidas a la sección (43) media longitudinal,
 5
 10
 caracterizada porque al menos una de la al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada tiene la forma de un abanico.
- 15 2. Viga (40) según la reivindicación 1,
 caracterizada porque al menos uno del al menos un rebaje (41) longitudinal está dispuesto con una inclinación con respecto a una dirección de grosor de la viga (40), en que la dirección de grosor (T) es transversal a la dirección longitudinal (L) de la viga (40) y una dirección de anchura (W) de la viga (40).
 20
3. Viga (40) según la reivindicación 1 ó 2,
 caracterizada porque al menos una de las porciones (42) de viga longitudinales tiene una sección transversal cuadrilátera, en particular una sección transversal de paralelogramo y más particularmente una sección transversal rectangular.
 25
4. Viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque al menos dos porciones (42) de viga longitudinales adyacentes están dispuestas para superponerse parcialmente entre sí.
 30
5. Viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque al menos una de la al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada presenta una sección decreciente en la dirección de grosor (T) de la viga (40).
 35
6. Viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque el refuerzo del material compuesto comprende fibras unidireccionales dispuestas en la dirección longitudinal (L) de la viga (40).
 40
7. Viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque el material compuesto es un plástico reforzado con fibras, en particular un plástico reforzado con fibras de carbono.
 45
8. Viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque al menos uno del al menos un rebaje (41) longitudinal tiene una longitud (L₄₁) del 2% al 40% de una longitud (L₄₀) de la viga (40).
 50
9. Pala (10) de turbina eólica de una turbina (1) eólica, comprendiendo la pala (10) de turbina eólica una carcasa (20) y un larguero (30), en que la carcasa (20) y/o el larguero (30) comprenden la viga (40) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
 55
10. Pala (10) de turbina eólica según la reivindicación 9,
 caracterizada porque la viga (40) está unida a la carcasa (20) y/o el larguero (30) que comprende la viga (40) está dispuesto en la pala (10) de turbina eólica en el borde (11) de salida o dentro de una distancia de hasta el 30% de la anchura de la pala (10) de turbina eólica desde el borde (11) de salida.
 60
11. Turbina (1) eólica que comprende la pala (10) de turbina eólica según la reivindicación 9 ó 10.
12. Método para fabricar una viga (40) para una pala (10) de turbina eólica de una turbina (1) eólica, en que la viga (40) está realizada de un material compuesto que comprende una matriz y un refuerzo, comprendiendo el método la etapa de cortar al menos un rebaje (41) longitudinal en una dirección longitudinal (L) o
 65

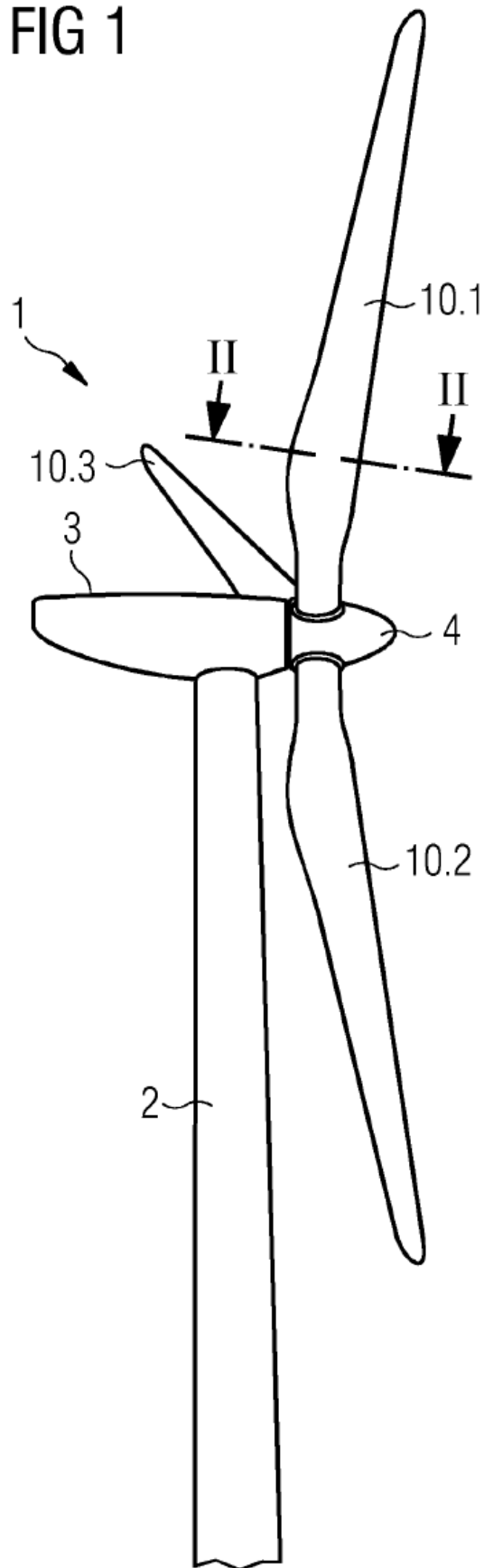
5 sustancialmente en una dirección longitudinal (L) de la viga (40) desde una sección (43) media longitudinal de la viga (40) hasta un extremo (46, 47) longitudinal de la viga (40), de modo que la viga (40) comprende al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada y el al menos un rebaje (41) longitudinal separa la viga (40) en porciones (42) de viga longitudinales adyacentes, en que las porciones (42) de viga longitudinales están unidas a la sección (43) media longitudinal,

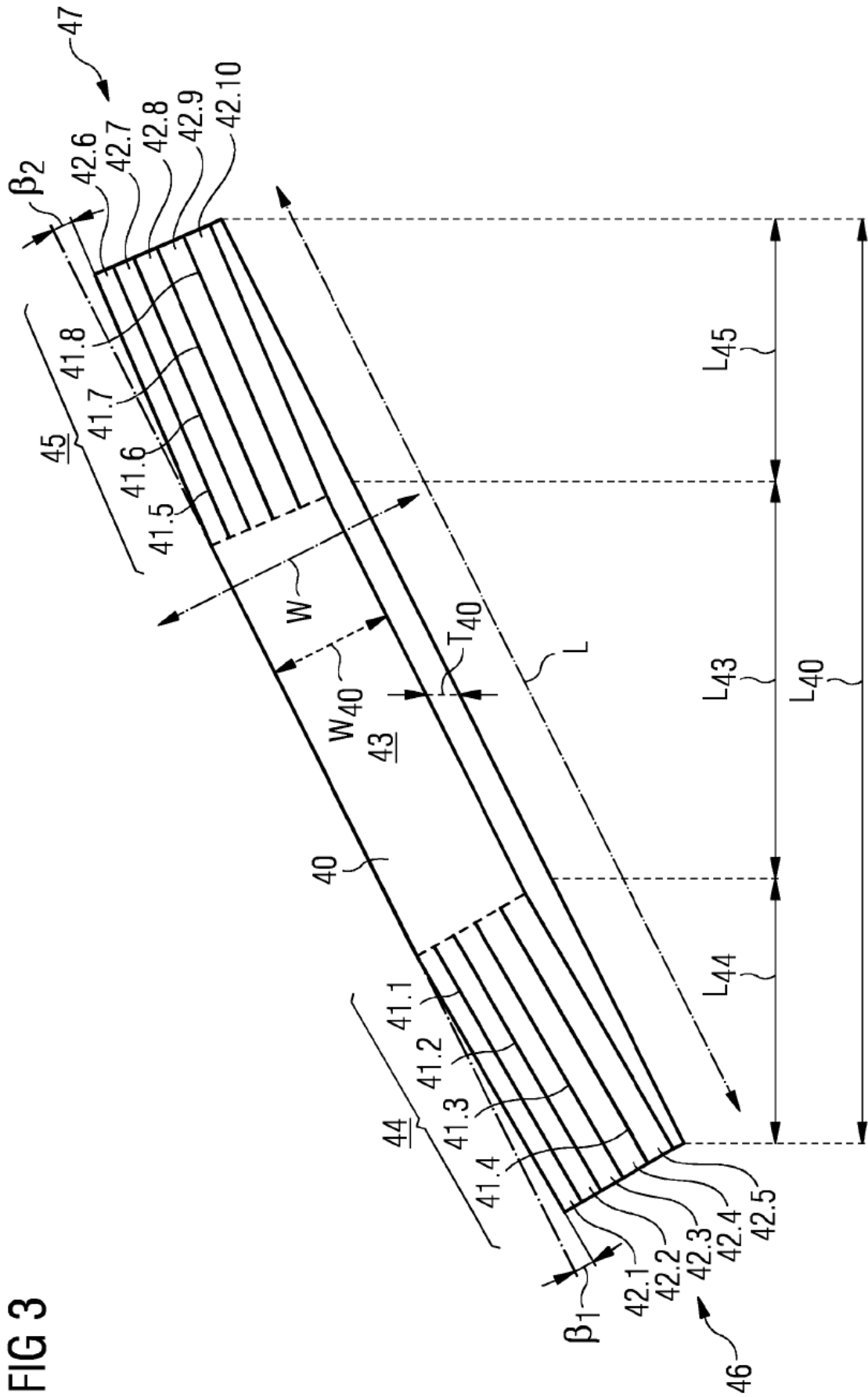
10 caracterizado porque el método comprende además la etapa de extender las porciones (42) de viga longitudinales en la al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada en una dirección de anchura (W) de la viga (40), que es transversal a la dirección longitudinal (L) de la viga (40) y una dirección de grosor (T) de la viga (40), de modo que al menos dos porciones (42) de viga longitudinales adyacentes se superponen parcialmente entre sí y/o al menos una de la al menos una sección (44, 45) de extremo longitudinal rebajada está conformada como un abanico.

15 13. Método para fabricar una pala (10) de turbina eólica de una turbina (1) eólica, en el que la pala (10) de turbina eólica comprende una carcasa (20) y un larguero (30) y el método comprende el método de fabricar una viga (40) según el método de la reivindicación 12, en que las porciones (42) de viga longitudinales adyacentes están conectadas a la carcasa (20), comprendiendo la carcasa (20) un material compuesto que tiene una razón de rigidez con respecto a peso menor que el material compuesto de las porciones (42) de viga longitudinales.

20

FIG 1





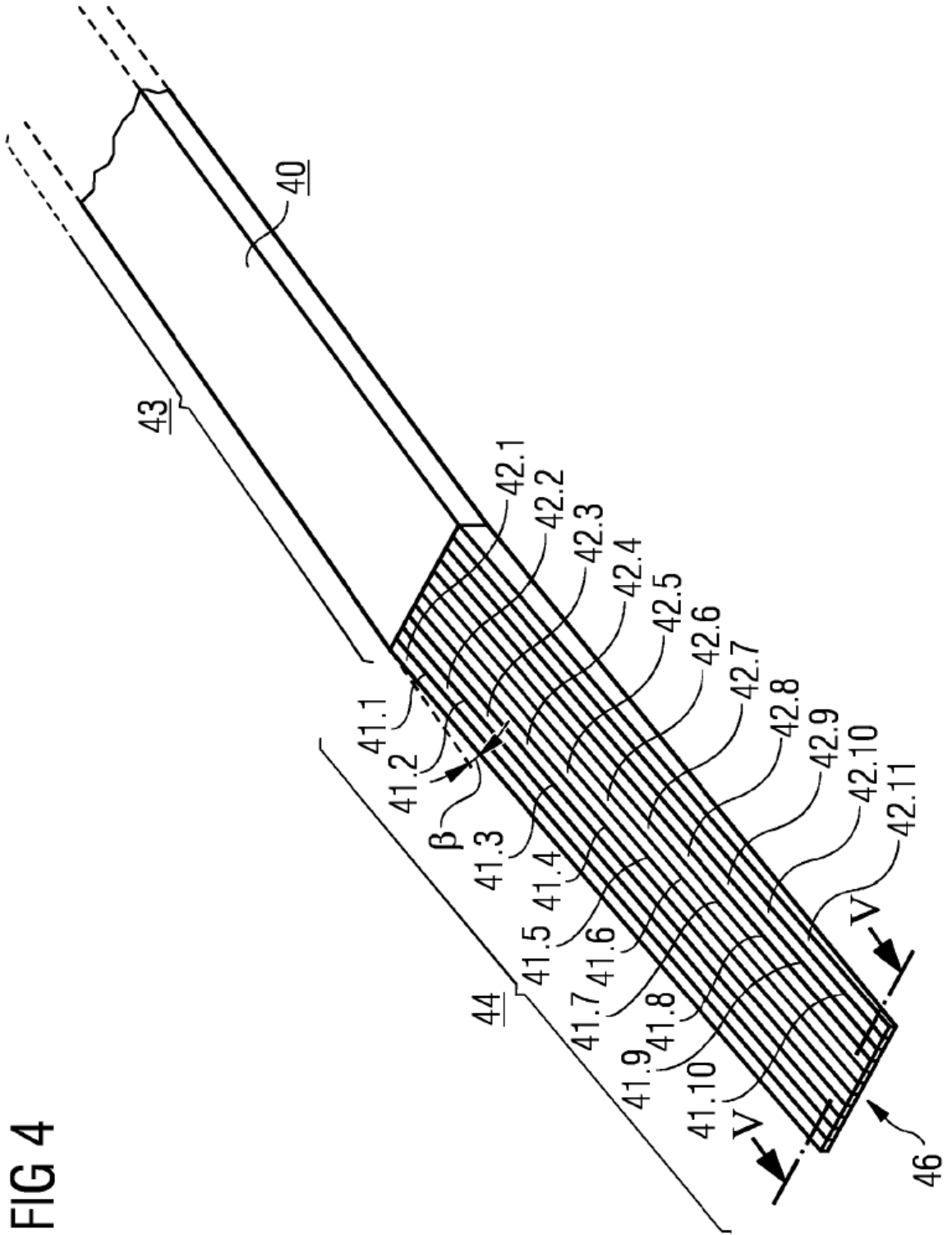


FIG 5

