

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 006**

51 Int. Cl.:

**G01B 5/30** (2006.01)

**G01B 1/00** (2006.01)

**G01L 5/00** (2006.01)

**G01D 5/347** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2019** **E 19152693 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020** **EP 3543643**

54 Título: **Unidad constructiva para detectar deformaciones y aerogenerador con una unidad constructiva de este tipo**

30 Prioridad:

**21.03.2018 DE 102018204349**

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

**16.02.2021**

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)  
Dr.-Johannes-Heidenhain-Str. 5  
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**SEVINC, ALPER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 806 006 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

Unidad constructiva para detectar deformaciones y aerogenerador con una unidad constructiva de este tipo

### 5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a una unidad constructiva para detectar deformaciones de un componente, por ejemplo, una pala de rotor de un aerogenerador, así como a 1 aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 8.

10 Las palas del rotor de los aerogeneradores están expuestas a una amplia variedad de fuerzas, que naturalmente conducen a la deformación, en particular a deformaciones torsionales de las palas del rotor. En cualquier caso, la extensión de las deformaciones de las palas del rotor en un aerogenerador es difícil de predecir, por eso se están haciendo esfuerzos para registrarlos como valores reales.

15 Con respecto a la predicción del daño por fatiga, puede ser ventajoso generar información en base a las deformaciones o cargas medidas retrospectivamente sobre una carga acumulada en la pala del rotor en un momento deseado. Por lo tanto, la disponibilidad de tales valores de carga es importante con respecto a las cargas máximas a corto plazo o al daño por fatiga esperado. Además, conociendo las deformaciones reales o las cargas reales, se puede optimizar el control del aerogenerador, por ejemplo, ajustando el ángulo de inclinación.

20 Una pala de rotor a menudo tiene una estructura de soporte interna que sirve para reforzar mecánicamente el revestimiento exterior de la pala del rotor, de modo que la estructura de soporte se deforma junto con el revestimiento exterior, de forma particular bajo sollicitación de torsión.

### 25 ESTADO DE LA TÉCNICA

A partir del documento US 7059822 B2 se conoce una unidad constructiva para detectar deformaciones de una pala de rotor de un aerogenerador, en la que un dispositivo de medición está sujeto a un elemento de bastidor en la pala de rotor.

30 En el documento de publicación del solicitante DE 10 2013 223 780 A1 se describe un equipo de medición para determinar elongaciones de una pala de rotor. El equipo de medición dispone de un brazo, y cualquier elongación que se produzca puede determinarse mediante el acoplamiento mecánico de un equipo de medición de ángulo cuyo eje de rotación está orientado ortogonalmente al brazo.

35 Se conoce un dispositivo de detección de par a partir de la solicitud de patente publicada DE 100 03 738 A1, que tiene dos discos de codificación que se pueden girar uno respecto al otro, deformando un elemento de torsión cuando se introduce un par.

### 40 SUMARIO DE LA INVENCION

La invención tiene por objeto proporcionar una unidad constructiva para detectar deformaciones de un componente, como una pala de rotor de un aerogenerador, que es comparativamente simple y funciona con precisión.

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante una unidad constructiva con las características de la reivindicación 1.

45 En consecuencia, la unidad constructiva comprende una estructura de soporte y un dispositivo de medición. El dispositivo de medición presenta un primer acoplamiento compensador, una varilla y un dispositivo de medición de ángulo. El primer acoplamiento compensador está diseñado de forma no giratoria y la varilla presenta un eje longitudinal. El dispositivo de medición de ángulo comprende un primer grupo de componentes y un segundo grupo de componentes, estando dispuesto el primer grupo de componentes giratorio alrededor del eje longitudinal con respecto al segundo grupo de componentes. El dispositivo de medición de ángulo está diseñado de tal manera que se pueda medir una posición angular relativa de los dos grupos de componentes entre sí. A este respecto el primer acoplamiento compensador está conectado directa o indirectamente a la estructura de soporte de forma no giratoria. Además, la varilla está conectada directa o indirectamente de manera no giratoria al primer acoplamiento compensador. Además, el primer grupo de componentes está conectado de forma no giratoria a la varilla y el

50

55

segundo grupo de componentes está conectado de forma no giratoria a la estructura de soporte, de modo que la medición de la posición angular relativa de los dos grupos de componentes entre sí puede determinar una torsión o deformación torsional de la estructura de soporte causada por la carga mecánica sobre el eje longitudinal.

60 En una configuración adicional de la invención, la varilla está hecha de un material que comprende plástico, de forma particular el plástico puede estar reforzado con fibras.

El segundo grupo de componentes del dispositivo de medición de ángulo tiene ventajosamente un segundo acoplamiento compensador, estando conectado el segundo acoplamiento compensador de forma no giratoria a la estructura de soporte.

65 De acuerdo con un perfeccionamiento de la invención, el dispositivo de medición de ángulo tiene un cuerpo de

escala y un elemento para escanear el cuerpo de escala. El cuerpo de escala se puede diseñar en forma de anillo y luego se observa geométricamente como un cilindro hueco con laterales circunferenciales. Los laterales pueden presentar una altura baja, de modo que el cuerpo de escala está diseñado como un disco anular con caras frontales anulares alineadas paralelas entre sí, que también se pueden denominar caras de base o de cubierta. La escala angular o la codificación angular se pueden aplicar a una de las caras frontales.

El escalado angular se puede aplicar al lateral, especialmente cuando el cuerpo de escala está diseñado de manera que los laterales tengan una altura comparativamente mayor, es decir, en el caso de un cuerpo de escala de medición más bien en forma de tambor. Sin embargo, el cuerpo de escala también puede diseñarse como una cinta métrica, que está unida, por ejemplo, a los laterales de un cuerpo cilíndrico o al interior de un cuerpo cilíndrico.

Además, el cuerpo de escala se puede configurar de modo que se escale solo en un rango angular limitado, es decir, no se extienda más de 360°, sino que solo tenga un segmento angular como rango de medición. La extensión angular del cuerpo de escala puede coincidir con el rango de medición máximo o el ángulo de giro.

El elemento para escanear el cuerpo de escala está ventajosamente diseñado para ser fotosensible o sensible a la luz. En consecuencia dicho escaneo se basa en un principio óptico.

Alternativamente, el escaneo puede basarse en un principio inductivo o magnético.

El dispositivo de medición de ángulo puede en particular entregar señales de posición digitales y/o señales que se han generado al diferenciar las señales de posición una o más veces según el tiempo. Las señales en cuestión pueden transmitirse de forma puramente digital y en serie, de modo que es posible un procesamiento comparativamente simple de las señales, por ejemplo, para la integración en un control altamente dinámico.

El dispositivo de medición de ángulo tiene ventajosamente un cuerpo de escala con una codificación absoluta, de modo que el dispositivo de medición de ángulo puede medir la posición angular relativa entre el primer y el segundo grupo de componentes como una cantidad absoluta (en contraste con una medición incremental). De esta manera, la deformación absoluta de la pala del rotor se puede medir en cualquier momento. Esto es particularmente ventajoso para la comprobación de los procesos de asentamiento en la estructura de la pala del rotor.

La unidad constructiva presenta ventajosamente una pluralidad de dispositivos de medición que están dispuestos desplazados entre sí en particular a lo largo del eje longitudinal o están alineados a lo largo del eje longitudinal.

Otro aspecto de la invención se refiere a un aerogenerador con una pala de rotor, que tiene una unidad constructiva de acuerdo con la invención.

La varilla está montada ventajosamente en la pala del rotor de tal manera que está orientada en la dirección longitudinal de la pala del rotor.

En una configuración adicional de la invención, la varilla tiene el mismo coeficiente de expansión térmica que la pala del rotor.

Otras configuraciones ventajosas de la invención se pueden encontrar en las reivindicaciones dependientes.

Otras características y ventajas de la invención quedarán claras en la siguiente descripción de un modo de realización con referencia a las Figuras.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra una vista esquemática de una pala de rotor con una unidad constructiva para detectar deformaciones, la Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una unidad constructiva con una estructura de soporte y un dispositivo de medición para detectar deformaciones de una pala de rotor, la Figura 3 es una vista en sección de un dispositivo de medición de ángulo como parte del dispositivo de medición.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

En la Figura 1 muestra una pala de rotor 3 de un aerogenerador, que en el ejemplo de realización presentado es parte de un aerogenerador con un eje horizontal, que de forma particular presenta un total de tres palas de rotor 3. La pala del rotor 3 tiene una estructura de soporte 1, que está montada para la estabilización mecánica dentro de la pala del rotor 3 y sirve para endurecer la pala del rotor 3. La estructura de soporte 1 tiene un mamparo 1.3, que representa una pared limítrofe al cubo del aerogenerador.

Un dispositivo de medición 2 para detectar deformaciones de la pala del rotor 3 está montado en la estructura de soporte 1, en correspondencia a la vista según la Figura 2, sin que se muestre por completo en la representación una pared de la estructura de soporte 1 para una mejor ilustración. Para poder hacer una declaración sobre la

deformación de la pala del rotor 3, es ventajoso que una pluralidad de tales dispositivos de medición 2 para detectar deformaciones estén montados en la estructura de soporte 1, como se muestra en la Figura 2. Para montar un dispositivo de medición respectivo 2, la estructura de soporte 1 presenta una primera brida 1.1 y una segunda brida 1.2.

5 El dispositivo de medición 2 comprende un primer acoplamiento compensador 2.1, una varilla 2.2 con un eje longitudinal A y un dispositivo de medición de ángulo 2.3, que también puede denominarse codificador rotatorio.

10 En el ejemplo de realización presentado, el primer acoplamiento compensador 2.1 está diseñado como un acoplamiento de fuelle metálico. Alternativamente, aquí también se puede usar un acoplamiento de membrana, por ejemplo. En cualquier caso, el primer acoplamiento compensador 2.1 compensa los movimientos axiales y las desalineaciones (desplazamiento radial y angular) entre la varilla 2.2 y la estructura de soporte 1, pero es torsionalmente rígido. El primer acoplamiento compensador 2.1 se puede unir rígidamente a la primera brida 1.1 de la estructura de soporte 1.

15 La varilla 2.2, como la pala del rotor 3, está hecha de plástico reforzado con fibra de vidrio y presenta el eje longitudinal A, que está orientado en la dirección x paralela al eje longitudinal de la pala del rotor 3. La varilla 2.2 también tiene un primer punto de conexión que está conectado de forma no giratoria al primer acoplamiento compensador 2.1.

20 El dispositivo de medición del ángulo 2.3 está conectado a la estructura de soporte 1 en la segunda brida 1.2. De acuerdo con la Figura 3 el dispositivo de medición de ángulo 2.3 mostrado comprende un primer grupo de componentes 2.31 y un segundo grupo de componentes 2.32. El primer grupo de componentes 2.31 tiene un eje 2.311, que en el modo de realización ejemplo presentado está diseñado como un eje hueco continuo, de modo que la varilla 2.2 puede recibirse en él. El eje 2.311 también presenta un tramo en el que un cuerpo de escala 2.314 está unido, por ejemplo, mediante un adhesivo, firmemente y solo con pequeñas desviaciones de tolerancia centralmente con respecto al eje longitudinal A. El cuerpo de escala 2.314 se compone en el ejemplo de realización presentado de vidrio está diseñado en forma de anillo. Naturalmente presenta dos caras frontales, aplicándose sobre una de las caras frontales un escalado angular. El escalado angular puede diseñarse, por ejemplo, como una división incremental con líneas de escala orientadas radialmente, aunque también se puede proporcionar un código absoluto adicionalmente o como alternativa.

25 Se proporciona un elemento de sujeción 2.312 en el eje 2.311, con cuya ayuda la varilla 2.2 está conectada al eje 2.311 de una manera de sujeción no giratoria, de modo que cuando la varilla 2.2 gira, se puede generar un movimiento pivotante del eje 2.311. El elemento de sujeción 2.312 puede asignarse al primer grupo de componentes 2.31. La varilla 2.2 está conectada en consecuencia en su segundo punto de conexión al dispositivo de medición de ángulo 2.3, en particular al primer grupo de componentes 2.31 o al eje 2.311 del dispositivo de medición de ángulo 2.3.

35 Según la Figura 3, el eje 2.311 está soportado de forma giratoria dentro de un cuerpo 2.323, que debe asignarse al segundo grupo de componentes 2.32, por medio de dos rodamientos de rodillos 2.33. También se asignará al segundo grupo de componentes 2.32 una fuente de luz 2.322, que por ejemplo comprende un LED y una lente colimadora, de modo que la fuente de luz 2.322 emite luz colimada. Esta luz atraviesa el cuerpo de escala 2.314 o su escalado angular y se modula de acuerdo con la posición angular entre el primer grupo de componentes 2.31 y el segundo grupo de componentes 2.32 o el eje 2.311 y el cuerpo 2.323. La luz modulada es barrida por un escáner 2.324, que está conectado al cuerpo 2.323. Los detectores sensibles a la luz o fotosensibles correspondientes se encuentran en el escáner 2.324 diseñado como una placa de circuito impreso ensamblada. Entre otras cosas, el escáner 2.324 también incluye comprende componentes electrónicos para dar forma a la señal, por ejemplo para amplificación y digitalización, de las señales de escaneo suministradas por los detectores.

40 Una carcasa 2.321 está montada en torno al escáner 2.324 para que, entre otras cosas, la fuente de luz 2.322, el cuerpo de escala 2.314 y el escáner 2.324 estén protegidos contra las influencias ambientales. Un segundo acoplamiento compensador 2.325 está unido al cuerpo 2.323. En el ejemplo de realización presentado, el segundo acoplamiento compensador 2.325 está hecho de chapa y en particular se produce como un componente estampado y doblado de una sola pieza. Este segundo acoplamiento compensador 2.325 se usa para la fijación de manera no giratoria del dispositivo de medición de ángulo 2.3 a la segunda brida 1.2 de la estructura de soporte 1. El segundo acoplamiento compensador 2.325 compensa los movimientos axiales y las desalineaciones (desalineación radial y angular) entre el dispositivo de medición del ángulo 2.3 y la estructura de soporte 1 y es torsionalmente rígido.

45 Se establece una conexión eléctrica entre el dispositivo de medición de ángulo 2.3 y la electrónica posterior a través de un cable de conexión, no mostrado en las Figuras, que está conectado a un enchufe, de modo que las señales eléctricas y la energía eléctrica pueden transmitirse entre la electrónica posterior y el dispositivo de medición de ángulo 2.3.

50 El dispositivo de medición de ángulo 2.3 puede así determinar la posición angular relativa entre el primer grupo de componentes 2.31 y el segundo grupo de componentes 2.32 o entre el eje 2.311 y la varilla 2.2. Tales dispositivos

de medición de ángulo 2.3 también se denominan a menudo codificadores rotativos.

5 Durante el funcionamiento del aerogenerador las palas del rotor 3 se deforman por su propio peso y por cargas aerodinámicas. De forma particular, las cargas aplicadas pueden conducir a movimientos de torsión de la pala del rotor 3 en torno al eje longitudinal A. La estructura de soporte 1 se deforma por estos movimientos de torsión, con el resultado de que la varilla 2.2 gira con respecto a la segunda brida 1.2. El dispositivo de medición de ángulo 2.3 detecta esta rotación con un ángulo comparativamente pequeño (en el ejemplo de realización presentado la rotación máxima es de aproximadamente 120 minutos de ángulo) y se emiten las señales correspondientes. Por lo tanto, el primer grupo de componentes 2.31 solo gira u oscila en relación con el segundo grupo de componentes 2.32 en un rango angular pequeño.

10 Como se muestra en la Figura 2, el dispositivo de medición 2 para detectar deformaciones de la pala del rotor 3 también puede diseñarse con una varilla 2.2 que es guiada a través de una pluralidad de dispositivos de medición de ángulo 2.3 o ejes 2.311. Esta variante también prevé el uso de uno o más primeros acoplamientos compensadores 2.1.

Los dispositivos de medición del ángulo 2.3 alineados en la dirección del eje longitudinal A pueden usarse para determinar la rotación o torsión de la pala del rotor 3 para varias secciones.

20 El dispositivo de medición 2 para detectar deformaciones de la pala del rotor 3 está naturalmente expuesto a grandes fluctuaciones de temperatura en un aerogenerador. Sin embargo, el dispositivo de medición 2 expuesto anteriormente para detectar deformaciones permite alcanzar precisiones de medición extremadamente altas incluso en estas condiciones ambientales adversas. Por un lado, esto se debe al hecho de que la expansión térmica del cuerpo de escala 2.314 apenas juega un papel debido a la detección de posiciones angulares (las distancias entre las líneas de escala y su ancho varían con la temperatura, pero no la posición angular). Por otro lado, la varilla 2.2 y la pala del rotor 3 están hechas del mismo material, de modo que ambas tienen el mismo comportamiento de expansión térmica. Finalmente, la carcasa 2.321, en forma de maceta, eléctricamente conductora proporciona una protección óptima, en particular para el dispositivo de escaneo 2.324 y la electrónica asociada, contra sobretensiones, por ejemplo en tormentas eléctricas.

30 Las señales que puede emitir el dispositivo de medición de ángulo 2.3 son ventajosamente totalmente digitales, de modo que la electrónica posterior mencionada anteriormente puede procesar las señales de todos los dispositivos de medición 2 para detectar deformaciones de las palas del rotor sin más digitalización. Por un lado, esto garantiza una transmisión de señal más segura respecto a interferencias externas, por otro lado, las señales pueden procesarse de manera relativamente fácil, de modo que las deformaciones medidas en un circuito de control, por ejemplo, pueden usarse para el control (separado) del ángulo de inclinación para cada pala de rotor 3.

**REIVINDICACIONES**

1. Unidad constructiva que comprende una estructura de soporte (1) y un dispositivo de medición (2), presentando el dispositivo de medición (2)
- 5           - un primer acoplamiento compensador (2.1),  
               - una varilla (2.2) y  
               - un dispositivo de medición de ángulo (2.3), en el que  
 el primer acoplamiento compensador (2.1) está diseñado de forma giratoria, la varilla (2.2) tiene un eje longitudinal (A) y el dispositivo de medición del ángulo (2.3) comprende un primer grupo de componentes (2.31) y un segundo grupo de componentes (2.32), estando dispuesto el primer grupo de componentes (2.31) relativo al segundo grupo de componentes (2.32) para que pueda girar alrededor del eje longitudinal (A) y el dispositivo de medición de ángulo (2.3) está diseñado de tal manera que se puede medir una posición angular relativa de los dos grupos de componentes (2.31, 2.32) entre sí, en donde  
 10           el primer acoplamiento compensador (2.1) está conectado a la estructura de soporte (1) de forma no giratoria, la varilla (2.2) está conectada de forma no giratoria al primer acoplamiento compensador (2.1),  
 15           el primer grupo de componentes (2.31) de forma no giratoria a la varilla (2.2) y  
               el segundo grupo de componentes (2.32) está conectado a la estructura de soporte (1) de forma no giratoria, de modo que se pueda determinar una torsión de la estructura de soporte (1) causada por la carga mecánica en torno al eje longitudinal (A) midiendo la posición angular relativa de los dos grupos componentes (2.31, 2.32) entre sí.
2. Unidad constructiva de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la varilla (2.2) está hecha de un material que comprende plástico.
- 25   3. Unidad constructiva de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el plástico está reforzado con fibras.
4. Unidad constructiva de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo grupo de componentes (2.32) del dispositivo de medición de ángulo (2.3) presenta un segundo acoplamiento de compensación (2.325), estando conectado el segundo acoplamiento de compensación (2.325) a la estructura de soporte (1) de forma no giratoria.
- 30   5. Unidad constructiva de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que el dispositivo de medición de ángulo (2.3) presenta un cuerpo de escala (2.314) y un elemento (2.324) para escanear el cuerpo de escala (2.314).
- 35   6. Unidad constructiva de acuerdo con la reivindicación 5, en la que el elemento (2.324) para escanear el cuerpo de escala (2.314) es fotosensible.
7. Unidad constructiva de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que la unidad constructiva presenta varios dispositivos de medición (2), que están dispuestos de forma particular desplazados a lo largo del eje longitudinal (A).
- 40   8. Aerogenerador con una pala de rotor (3), que presenta una unidad constructiva de acuerdo con la reivindicación 1.
- 45   9. Aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la varilla (2.2) está orientada en la dirección longitudinal (x) de la pala del rotor (3).
- 50   10. Aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 o 9, en la que la varilla (2.2) presenta el mismo coeficiente de expansión térmica que la pala del rotor (3).

Fig. 1

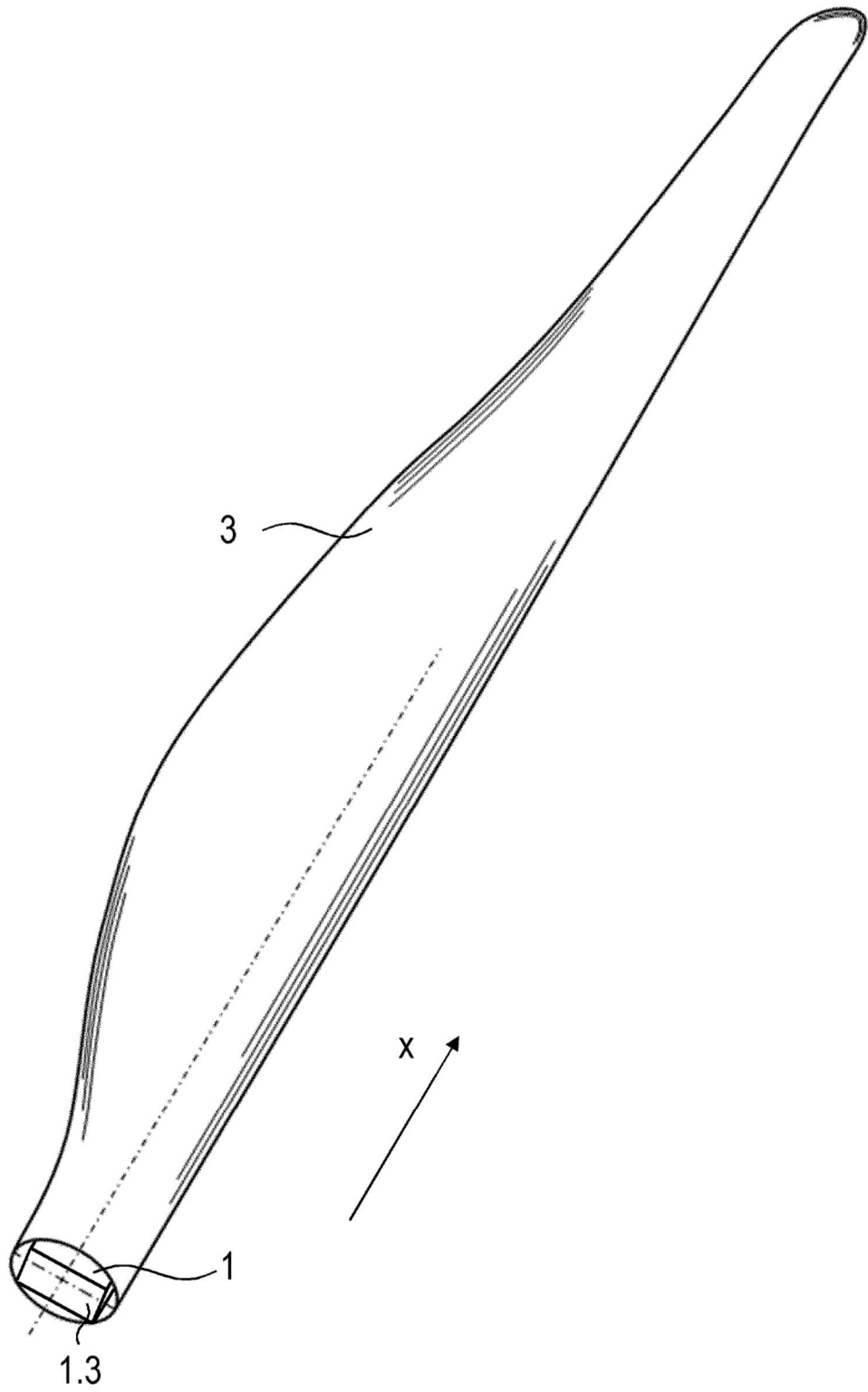






Fig. 3

