

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 948**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2015 PCT/EP2015/068043**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2016 WO16020431**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 15745495 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3177827**

54 Título: **Pala de turbina eólica provista de un dispositivo montado en superficie**

30 Prioridad:

**05.08.2014 EP 14179829  
31.10.2014 GB 201419389**

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

**21.10.2019**

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**LEHMANN MADSEN, KRISTIAN;  
HØEG, JESPER;  
KILDEGAARD, CASPER y  
HAUGE PEDERSEN, STEVEN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 727 948 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**

Pala de turbina eólica provista de un dispositivo montado en superficie

**Campo técnico**

5 La invención se refiere a una pala de turbina eólica provista de un dispositivo montado en superficie y a un método para unir un dispositivo a una superficie de una pala de turbina eólica.

**Antecedentes de la técnica**

10 Idealmente, una pala de turbina eólica del tipo aerodinámico tiene una forma similar al perfil de un ala de avión, en la que la anchura del plano de cuerda de la pala, así como la primera derivada del mismo, aumenta continuamente con la disminución de la distancia desde el buje. Esto da como resultado que la pala sea idealmente, en comparación, amplía en las proximidades del buje. Esto da como resultado de nuevo problemas a la hora de montar la pala en el buje y, además, esto provoca grandes cargas durante la operación de la pala, tales como cargas de tormenta, debido a la gran área superficial de la pala.

15 Por lo tanto, a lo largo de los años, la construcción de palas se ha desarrollado hacia una forma, en la que la pala consiste en una región de raíz más cercana al buje, comprendiendo una región de superficie aerodinámica un perfil de generación de sustentación más alejado del buje y una región de transición entre la región de raíz y la región de superficie aerodinámica. La región de superficie aerodinámica tiene una forma ideal o casi ideal de la pala con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce las cargas de tormenta y la hace más fácil y más segura para montar la pala en el buje. El diámetro de la región de raíz es preferentemente constante a lo largo de toda la región de raíz. Debido a la sección transversal circular, la región de raíz no contribuye a la producción de energía de la turbina eólica y, de hecho, rebaja esto un poco por el arrastre. Como sugiere el nombre, la región de transición tiene una forma que cambia gradualmente desde la forma circular de la región de raíz hasta el perfil aerodinámico de la región de superficie aerodinámica. Típicamente, la anchura de la pala en la región de transición aumenta sustancialmente de modo lineal con el aumento de la distancia desde el buje.

25 Como, por ejemplo, las palas para turbinas eólicas se han vuelto más y más grandes con el tiempo y ahora pueden tener más de 60 metros de largo, la demanda de rendimiento aerodinámico optimizado ha aumentado. Las palas de las turbinas eólicas están diseñadas para tener una vida útil operativa de al menos 20 años. Por lo tanto, incluso pequeños cambios en el rendimiento general de la pala pueden, a lo largo de la vida útil de una pala de turbina eólica, acumularse hasta un alto aumento en las ganancias financieras, lo que supera los costes de fabricación adicionales relacionados con tales cambios. Durante muchos años, las áreas de enfoque para la investigación se han dirigido hacia la mejora de la región de superficie aerodinámica de la pala, pero durante los últimos años, cada vez más se ha centrado la atención en mejorar también el rendimiento aerodinámico de las regiones de raíz y de transición de la pala.

El documento US2012/0151769 describe el uso de generadores de vórtice para la pala de una turbina eólica.

35 El documento WO2007/065434 divulga una pala en donde la región de la raíz está provista de indentaciones y/o proyecciones para disminuir el arrastre desde esta parte de la pala.

El documento WO2007/045244 divulga una pala, en donde la región de raíz y la región de transición están diseñadas de modo que tengan al menos dos perfiles aerodinámicos separados para aumentar la sustentación de estas regiones.

40 El documento WO0208600 describe una turbina eólica, donde la salida de la turbina eólica aumenta al proporcionar a la sección raíz de una turbina eólica un elemento que está diseñado de tal manera que el conjunto que consiste en el elemento y la sección raíz puede absorber la energía eólica y aumentar la eficiencia general de la turbina eólica.

45 El documento WO2007/118581 divulga una pala, donde la parte interior de la pala está provista de un dispositivo de guía de flujo en el lado de presión de la pala para aumentar el rendimiento aerodinámico de la pala al aumentar la sustentación. Sin embargo, el diseño propuesto es muy rígido debido a la sección transversal de forma triangular y, en consecuencia, el dispositivo de guía de flujo tiene una tendencia a separarse de la superficie de la pala, cuando la pala se pliega.

50 El documento WO2011/042527 divulga una pala de turbina eólica provista de una pluralidad de partes de dispositivo de guía de flujo unidas al lado de presión de la pala. Las partes de guía de flujo que se extienden longitudinalmente se agrupan conjuntamente para formar un primer grupo de dispositivos de guía de flujo en la región de transición de la pala. La construcción modular del dispositivo de guía de flujo hace que la construcción sea más flexible y reduce las fuerzas de desprendimiento en los extremos de las partes del dispositivo de guía de flujo. Sin embargo, las partes del dispositivo de guía de flujo están diseñadas con una parte de base y un elemento con forma de placa sobresaliente,

y las cargas aún se transfieren en gran medida al elemento con forma de placa, cuando la pala se pliega.

Adicionalmente, los métodos del estado de la técnica para unir dispositivos a la superficie de una pala de turbina eólica son tediosos y complicados. Las técnicas de unión de superficie anteriores han requerido la molienda de *gelcoat* para revelar el material de fibra para la fijación, aplicación de adhesivo, posicionamiento del dispositivo, retirada del exceso de adhesivo y, finalmente, un tratamiento posterior, como la pintura, para fines visuales de superficie, implicando así un gran número de etapas y herramientas para llevar a cabo el método.

### Sumario de la invención

Es un objeto de la invención obtener una nueva pala y un nuevo método para unir dispositivos a la superficie de una pala de turbina eólica y que supere o mejore al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

De acuerdo con un primer aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde donde se extiende la pala de la turbina eólica sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, teniendo la pala de turbina eólica una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal. La pala de la turbina eólica comprende además: un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde un dispositivo montado en superficie está unido a una superficie de la pala de la turbina eólica, en donde el dispositivo montado en superficie está unido a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de al menos una primera parte de unión, que está conectada a una parte del dispositivo montado en superficie. La parte de unión comprende un alojamiento flexible que forma una cavidad entre al menos el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica, y la cavidad se llena con un adhesivo que proporciona una fijación adhesiva a la superficie de la pala de la turbina eólica.

Equivalentemente, el primer aspecto de la invención proporciona un dispositivo de guía de flujo, que está adaptado para ser fijado a la superficie de una pala de turbina eólica, a través de al menos una primera parte de unión, en donde la parte de unión comprende un alojamiento flexible que está adaptado para formar una cavidad entre al menos el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica, estando adaptada la cavidad para llenarse con un adhesivo que proporciona una fijación adhesiva a la superficie de la pala de la turbina eólica.

Esto proporciona una realización ventajosa particular con una unión relativamente discreta o suave a la superficie de la pala, de manera que las cargas de la pala, por ejemplo, a partir de la plegadura de la pala o la ovalización de la carcasa de la pala, no se transfieran al propio dispositivo montado en superficie. De este modo, la unión en partes discretas del dispositivo montado en superficie proporciona una realización, que es menos probable que se dañe o se desuna de la superficie de la pala. Adicionalmente, La parte de unión con una cavidad de pegamento también proporciona un método simple particular para unir el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala. Dado que el alojamiento de la parte de unión es flexible, la parte de unión puede adaptarse a la curvatura de la superficie de la pala, por ejemplo, aplicando presión a la parte de unión. De ese modo, la unión proporciona un método simple para ajustar los complementos a la superficie de la pala sin la necesidad de accesorios y la preparación prolongada de la superficie de la pala. En consecuencia, un trabajador puede unir más rápidamente el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala.

El adhesivo es preferentemente un adhesivo endurecido o curado.

Está claro que el dispositivo montado en superficie está unido preferentemente a una superficie externa de la pala de turbina eólica. Sin embargo, También puede ser una superficie interna de la pala de la turbina eólica.

Se ve que el alojamiento de la parte de unión forma un moldeador de pegamento o una zapata de pegamento, que se puede usar para unir complementos a la superficie de la pala. El alojamiento o la parte de unión pueden estar provistas de espaciadores de pegamento, por ejemplo, formados como protuberancias que se extienden desde el techo de la cavidad para garantizar un espesor controlado de la fijación adhesiva.

La cavidad de pegamento puede formarse entre el alojamiento flexible, la superficie de la pala de la turbina eólica y una parte del dispositivo montado en la superficie. También se puede proporcionar como un zócalo separado para el montaje por tornillo del dispositivo montado en superficie en la superficie de la pala.

La parte de unión está conectada preferentemente a una parte proximal del dispositivo montado en superficie. La parte proximal del dispositivo montado en superficie es la parte, que se encuentra más cerca de la superficie de la pala y, por así decirlo, está unida a la superficie de la pala. Sin embargo, utilizando las partes de sujeción, está claro que puede haber un espaciado entre la parte proximal del dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala.

El adhesivo puede ser, por ejemplo, a base de poliuretano (PU), a base de epoxi o metil metacrilato (MMA).

Está claro que el dispositivo montado en superficie también comprende una parte distal, que es la parte más alejada de la superficie de la pala y la parte de UNIÓN.

5 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención también proporciona: una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde donde se extiende la pala de la turbina eólica sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, teniendo la pala de la turbina eólica una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, comprendiendo además la pala de turbina eólica: un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud  
10 de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde un dispositivo montado en superficie está unido a una superficie de la pala de la turbina eólica, caracterizado por que el dispositivo montado en superficie está unido a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de tres partes de unión, que están conectadas a partes del dispositivo montado en superficie y que unen el dispositivo montado en superficie a tres áreas discretas en la superficie de la pala, en donde las tres áreas discretas, cuando se ven en una vista superior, están dispuestas en un triángulo.  
15

Equivalentemente, el segundo aspecto proporciona un dispositivo de guía de flujo, que está adaptado para ser fijado a la superficie de una pala de turbina eólica, a través de tres partes de unión, que están conectadas a partes del dispositivo montado en superficie y que están adaptadas para unir el dispositivo montado en superficie a tres áreas discretas en la superficie de la pala, en donde las tres partes de unión, cuando se ven en una vista superior, están  
20 dispuestas en un triángulo.

Esto proporciona una forma particularmente sencilla de unir complementos en la superficie de una pala de turbina eólica, ya que la unión de tres puntos siempre podrá hacer contacto con la superficie de la pala a pesar de tener una curvatura compleja, en comparación con, por ejemplo, un dispositivo que tiene cuatro partes de unión, tres partes de unión en línea o una gran superficie de fijación a lo largo de toda la extensión del dispositivo, donde puede ser difícil  
25 dejar que todas (o la totalidad de las partes) de la unión entren en contacto con la pala. De ese modo, la unión proporciona un método simple para ajustar los complementos a la superficie de la pala sin la necesidad de accesorios y la preparación prolongada de la superficie de la pala. En consecuencia, un trabajador puede unir más rápidamente el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala.

30 De acuerdo con un tercer aspecto, la invención también proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde donde se extiende la pala de la turbina eólica sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, teniendo la pala de la turbina eólica una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, comprendiendo además la pala de turbina eólica: un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud  
35 de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde un dispositivo montado en superficie está unido a una superficie de la pala de la turbina eólica, en donde el dispositivo montado en superficie en una dirección longitudinal está curvado, **caracterizado por que** un radio de curvatura longitudinal del dispositivo montado en superficie varía desde una parte proximal del dispositivo montado en superficie hasta una parte distal del dispositivo montado en superficie.

40 Equivalentemente, el tercer aspecto de la invención proporciona un dispositivo de guía de flujo, que está adaptado para ser fijado a la superficie de una pala de turbina eólica, en donde el dispositivo de guía de flujo está curvado en una dirección longitudinal del dispositivo, y en donde el radio de curvatura longitudinal del dispositivo varía desde una parte proximal del dispositivo hasta una parte distal del dispositivo.

45 Al variar el radio de curvatura del dispositivo montado en superficie, es posible variar la rigidez del dispositivo desde la parte proximal a la parte distal del dispositivo y/o controlar mejor la transferencia de cargas desde la pala y hacia el propio dispositivo.

El primero, El segundo y tercer aspecto pueden combinarse de cualquier manera. A continuación se describen varias formas de realización, que son aplicables a los tres aspectos y en realizaciones particulares que combinan los tres aspectos.

50 De acuerdo con una realización ventajosa, el alojamiento flexible está hecho de un primer material y el dispositivo de montaje en superficie está hecho de un segundo material, en donde una dureza del primer material es más pequeña que la dureza del segundo material. Como alternativa, el primer material es más suave que el segundo material. En general, el alojamiento debe ser más flexible que el dispositivo montado en superficie.

El alojamiento flexible puede estar hecho, por ejemplo, de un material elastómero. Adicionalmente, el alojamiento es preferentemente de paredes relativamente delgadas.

5 De acuerdo con una realización ventajosa, la parte de unión se estrecha desde una parte proximal hasta una parte distal de la parte de unión, por ejemplo, en forma de campana, en forma cónica, o en forma troncocónica. En consecuencia, la parte de unión está conformada para tener un área de superficie más grande en una parte proximal a la superficie de la pala que una parte distal a la parte de la pala, por lo que la parte de unión evita un efecto de muesca en la superficie de la pala y en su lugar proporciona una transición gradual de las cargas transferidas desde la pala al dispositivo montado en superficie. Preferentemente, la parte de unión también se estrecha según se ve en una vista lateral, de modo que la altura de la parte de unión vaya hacia cero y proporcione un efecto de muesca mínimo.

10 La parte de unión está formada ventajosamente de modo que una sección transversal de la vista superior del dispositivo de unión sea sustancialmente circular. De acuerdo con otra realización ventajosa, la parte de unión es sustancialmente ovalada.

15 En consecuencia, el dispositivo de unión puede tener una forma similar a una ventosa flexible, que admite la superficie de la pala. La cavidad formada entre la ventosa y la superficie de la pala se llena con un adhesivo, que se endurece o se cura.

El alojamiento de la parte de unión puede estar hecho ventajosamente de caucho o poliuretano, u otro material polimérico adecuado.

20 En otra realización ventajosa, la parte de unión se conecta al dispositivo montado en superficie mediante una fijación adhesiva o se moldea en el dispositivo montado en superficie. En consecuencia, la parte de unión puede estar pegada al dispositivo montado en superficie. También es posible moldear la parte de unión en el dispositivo montado en superficie, por ejemplo, mediante moldeo por inyección.

25 El dispositivo montado en superficie o la parte de unión también pueden estar provistos de un agarre o similar, lo que puede facilitar un manejo más fácil para un trabajador que une el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala al permitir que el trabajador presione más fácilmente el alojamiento flexible contra la superficie de la pala. Esto resulta particularmente ventajoso, si el dispositivo está montado en el sitio en el campo.

En una realización ventajosa, el dispositivo montado en superficie puede estar hecho de un material polimérico, como un poliuretano, opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, tal como fibras de vidrio o fibras de carbono.

30 En una realización ventajosa particular, el dispositivo montado en superficie está hecho de un material de poliuretano (PUR), opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, y la parte de unión también está hecha de un material de poliuretano (PUR). En consecuencia, se garantiza que la parte de unión y el dispositivo sean compatibles y proporcionen una conexión sólida. Las dos partes pueden estar formadas integralmente, o las partes pueden estar, por ejemplo, moldeadas por inyección en dos etapas. Mediante el uso de material de PUR, resulta bastante más sencillo variar la dureza y la rigidez de las partes, por lo que la parte de unión puede hacerse relativamente flexible y el dispositivo montado en superficie puede hacerse más rígido. Se puede lograr un efecto similar fabricando el dispositivo de unión y/o el dispositivo montado en superficie en un material termoplástico, lo que es particularmente relevante para la fabricación de alto volumen. De acuerdo con una realización preferente, el dispositivo montado en superficie no está reforzado con fibra. De este modo, el dispositivo puede estar hecho, por ejemplo, de PUR u otro material polimérico solamente, lo que proporciona un dispositivo, que es más sencillo y barato de fabricar.

40 En una realización ventajosa, la parte de unión comprende un labio circunferencial para unirse a la superficie de la pala de la turbina eólica. El labio circunferencial forma de este modo la parte inferior o proximal del dispositivo de unión y la cavidad de pegamento formada entre el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica.

45 El labio circunferencial puede tener una superficie de unión sustancialmente plana para montarse en la pala. Como alternativa, el labio circunferencial puede tener una superficie de unión inclinada de modo que la superficie de unión admita la superficie de la pala de la turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de turbina eólica.

50 El labio circunferencial puede estar provisto de un adhesivo, tal como una cinta adhesiva, por ejemplo, una cinta adhesiva doble sensible a la presión, para proporcionar un accesorio preliminar a la superficie de la pala. De este modo, el adhesivo proporciona una selladura a la superficie de la pala y proporciona la cavidad de pegamento, que se rellena luego con un adhesivo y se endurece o se cura. La cinta puede estar provista de un revestimiento, que se retira después de que el alojamiento flexible se haya colocado encajado en la superficie de la pala. En otra realización, se proporciona una unión preliminar atornillando o remachando la parte de unión en la superficie de la pala como una fijación durante el proceso de llenado de adhesión.

De acuerdo con una realización preferente, el dispositivo montado en superficie es un dispositivo de guía de flujo, como un dispositivo deflector o un *flap* Gurney. De ese modo, se ve que el dispositivo es un dispositivo, que cambia la aerodinámica de una parte de la pala de turbina eólica. Sin embargo, el dispositivo también puede ser un elemento de borde de salida, tal como una placa que comprende un borde de salida dentado.

- 5 De acuerdo con otra realización preferente, el dispositivo montado en superficie comprende un elemento en forma de placa, que sobresale desde la superficie de la pala de la turbina eólica. A continuación, al referirse al dispositivo de montaje en superficie, esto puede, como tal, ser una referencia al elemento en forma de placa del dispositivo montado en superficie.

- 10 El dispositivo montado en superficie puede estar orientado de modo que se extienda sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala, es decir, la dirección longitudinal del dispositivo montado en superficie está orientada sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala. Por "sustancialmente en la dirección longitudinal" se entiende que la dirección longitudinal del dispositivo montado en superficie forma un ángulo de 30 grados o menos con la dirección longitudinal de la pala, ventajosamente 20 grados o menos, e incluso más ventajosamente 10 grados o menos.

- 15 De acuerdo con otra realización preferente, el dispositivo montado en superficie está dispuesto en el lado de presión de la pala. El dispositivo montado en superficie, por ejemplo, un dispositivo de guía de flujo, puede, por ejemplo, posicionarse en el borde de salida y formar un *flap* Gurney. Sin embargo, de acuerdo con una realización preferente, el dispositivo montado en superficie es un dispositivo deflector, que está dispuesto en una distancia desde el borde de salida de la pala, por ejemplo, en una posición entre una posición de espesor máximo del perfil de la pala y el borde de salida de la pala. En consecuencia, el dispositivo montado en superficie puede estar dispuesto para generar una separación del flujo de aire desde el lado de presión de la pala en un punto entre el dispositivo montado en superficie y el borde de salida de la pala, cuando la pala impacta en este el flujo de aire incidente. En consecuencia, El dispositivo de montaje en superficie o el dispositivo de guía de flujo facilita una acumulación de presión entre el dispositivo y el borde de salida y, por lo tanto, una mayor sustentación.

- 25 En una realización ventajosa, el dispositivo montado en superficie está curvado en una dirección longitudinal del dispositivo. Un diseño de este tipo tiene la ventaja de que el dispositivo montado en superficie puede estirarse ligeramente en la dirección longitudinal, por ejemplo, cuando la pala se pliega o la carcasa de la pala se ovaliza. Está claro que es el elemento en forma de placa el que puede curvarse en la dirección longitudinal.

- 30 En una realización ventajosa particular, un radio de curvatura longitudinal del dispositivo montado en superficie varía desde una parte proximal del dispositivo montado en superficie hasta una parte distal del dispositivo montado en superficie. El radio de curvatura puede aumentar, por ejemplo, desde la parte proximal hasta la parte distal del dispositivo montado en superficie. Esto proporciona una realización simple, donde la parte distal del dispositivo puede hacerse más rígida que la parte proximal. En consecuencia, la parte proximal puede adaptarse mejor a la plegadura de la pala, mientras que la parte distal puede resistir mejor la presión del viento y facilitar una acumulación de presión.
- 35 La curvatura del radio de la parte distal puede, por ejemplo, aproximarse a infinito, en cuyo caso la parte distal del dispositivo es recta. En una realización alternativa, el radio de curvatura disminuye desde la parte proximal a la parte distal del dispositivo montado en superficie. El dispositivo montado en superficie puede formarse, por ejemplo, como parte de una forma troncocónica.

- 40 En una realización particularmente ventajosa, El dispositivo montado en superficie está reforzado con una estructura de rejilla o nervadura. La estructura de rejilla o nervadura puede proporcionarse, por ejemplo, como protuberancias superficiales. Las nervaduras pueden estar dispuestas, por ejemplo, a lo largo de las dos partes de extremo del elemento en forma de placa, y extendiéndose una nervadura a lo largo de una parte distal del elemento en forma de placa. Además o como alternativa, el elemento en forma de placa puede estar provisto de costillas transversales que se extienden desde cerca de una parte distal y parte de extremo y hacia una parte proximal e intermedia del elemento en forma de placa. Esto proporciona una fuerte estructura de nervadura triangular que agrega resistencia al elemento en forma de placa. El diseño de la nervadura o la rejilla se puede moldear fácilmente junto con el elemento en forma de placa, en particular si el elemento en forma de placa se forma a partir de PUR.

- 50 El elemento en forma de placa no está provisto ventajosamente de una nervadura a lo largo de la parte proximal del elemento en forma de placa, ya que esto evitaría que el elemento en forma de placa admitiera la plegadura de la pala o su ovalización. De ese modo, la superficie de la pala como tal proporciona el tercer lado (con longitud variable) de un triángulo que proporciona rigidez al elemento en forma de placa.

- 55 Por lo general, se ve que la invención de acuerdo con un cuarto aspecto proporciona un dispositivo de guía de flujo que comprende un elemento en forma de placa, que está reforzado con una estructura de nervadura, por ejemplo, de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores. Esto proporciona la posibilidad de fabricar el elemento en forma de placa en un material polimérico sin la necesidad de reforzar la estructura con fibra.

## ES 2 727 948 T3

El espesor del deflector es ventajosamente 0,5-10 mm, por ejemplo, alrededor de 1-3 mm. El espesor de la estructura de nervadura o rejilla es ventajosamente de 5-50 mm, por ejemplo, alrededor de 15 mm.

La longitud longitudinal del dispositivo montado en superficie es ventajosamente 20-150 cm, o 25-120 cm. La altura del dispositivo montado en superficie es ventajosamente de 3-50 cm.

- 5 La dureza del alojamiento flexible es ventajosamente 20-75 en la escala Shore A, por ejemplo, alrededor de 55 en la escala Shore A. La dureza del dispositivo montado en superficie es ventajosamente 45-100 en la escala Shore D, por ejemplo, alrededor de 75 en la escala Shore D. El labio del dispositivo de unión tiene ventajosamente una dimensión externa máxima, como un diámetro exterior, de 1-15 cm, o 2-10 cm. De este modo, la parte proximal del dispositivo de unión puede tener esta dimensión externa máxima. En una realización, el dispositivo montado en la superficie está conectado a la parte de unión de tal manera que un espaciado entre la parte proximal del dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala de la turbina eólica está en el intervalo de 1-20 mm, por ejemplo, alrededor de 10 mm.

El elemento en forma de placa se puede hacer con una flexibilidad que permita que el elemento en forma de placa se desvíe a altas velocidades del viento y, por lo tanto, reduzca las cargas en la pala.

- 15 En otra realización, el dispositivo montado en superficie puede estar angulado hacia el borde de ataque de la pala para proporcionar una bolsa entre el dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala, mirando dicha bolsa hacia el borde de ataque de la pala. Esto proporciona un dispositivo deflector, lo que facilita una acumulación de presión tanto delante como detrás del dispositivo deflector, aumentando aún más de este modo la sustentación.

- 20 El dispositivo montado en superficie (o elemento en forma de placa) está curvado ventajosamente hacia el borde de ataque de la pala, proporcionando así también la bolsa entre el dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala. Con un elemento flexible en forma de placa, este diseño también permite que el dispositivo montado en superficie se contraiga o presione contra la superficie de la pala, por ejemplo, mediante el uso de correas, ya que el dispositivo será flexible en una dirección hacia el borde de ataque de la pala y rígido en la dirección del flujo entrante. Esto puede ser ventajoso para fines de transporte.

- 25 El dispositivo montado en superficie puede, por ejemplo, tener un ángulo de 5-45 grados, o de 10-40 grados, por ejemplo, alrededor de 25 grados, en comparación con una superficie normal en el punto de unión. Sin embargo, en principio, el dispositivo montado en la superficie también puede sobresalir sustancialmente normal a la superficie de la pala o estar angulado hacia el borde de salida de la pala.

- 30 En una realización ventajosa, la pala de la turbina eólica está provista de una pluralidad de dispositivos montados en superficie. La pluralidad de dispositivos montados en la superficie puede, por ejemplo, estar dispuesta como partes del dispositivo de guía de flujo que se extienden longitudinalmente, que se agrupan conjuntamente para formar un primer grupo de dispositivos de guía de flujo.

- 35 La pluralidad de dispositivos montados en superficie puede estar provista ventajosamente en extensiones longitudinales sustancialmente mutuas entre sí. En consecuencia, los dispositivos de guía de flujo pueden estar dispuestos yuxtapuestos con un pequeño espaciado entre ellos o de modo que los extremos de los dispositivos yuxtapuestos se apoyen entre sí sustancialmente. Los dispositivos de guía de flujo también pueden estar dispuestos ligeramente solapados en la dirección longitudinal.

- 40 Los dispositivos de guía de flujo pueden disponerse con un espaciado longitudinal entre las partes de guía de flujo. El espaciado longitudinal puede estar, por ejemplo, en un intervalo entre 5 mm y 50 mm, o entre 5 mm y 40 mm, o entre 5 mm y 30 mm, por ejemplo, alrededor de 10 mm. En una realización, el espaciado entre las partes de guía de flujo adyacentes se cierra con un cuerpo flexible, por ejemplo, hecho de un material de caucho.

- 45 De este modo, el primer grupo de dispositivos de guía de flujo puede comprender partes separadas o modulares, en particular en la dirección longitudinal de la pala. La construcción modular hace que la construcción sea más flexible y reduce las fuerzas de desprendimiento en los extremos de las partes del dispositivo de guía de flujo. De este modo, las partes modulares tienen una menor tendencia a desprenderse de la superficie de la pala.

- 50 La extensión longitudinal significa que las partes del dispositivo de guía de flujo se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala. De este modo, las partes del dispositivo tiene típicamente un primer lado (el más cercano al borde de ataque) y un segundo lado (el más cercano al borde de salida), así como un primer extremo longitudinal (el más cercano al extremo de la raíz) y un segundo extremo longitudinal (el más cercano al extremo de la punta).

Ventajosamente, el primer lado mira sustancialmente hacia el borde de ataque de la pala.

5 El dispositivo de guía de flujo está preferentemente unido permanentemente a la superficie de la pala de la turbina eólica y no puede controlarse activamente. De este modo, La orientación de la superficie frontal no es ajustable. También, se reconoce que el dispositivo de guía de flujo se utiliza para aumentar la sustentación y el rendimiento de energía. De este modo, el dispositivo de guía de flujo puede, como alternativa, denotarse como un dispositivo de alta sustentación.

10 Por flujo incidente se entiende las condiciones de entrada en una sección de la pala durante el uso normal de la pala, es decir, rotación en un rotor de turbina eólica. De este modo, El flujo entrante es el flujo de entrada formado por la resultante de la velocidad del viento axial y el componente de rotación, tal como lo ve la sección local de la pala. Por flujo en aproximación se entiende el flujo que incide en el dispositivo de guía de flujo, es decir, el flujo local en el lado de presión de la pala que se encuentra e impacta en el dispositivo de guía de flujo.

De acuerdo con una realización, las partes del dispositivo de guía de flujo son partes del dispositivo deflector. De nuevo, debe señalarse que las partes son preferentemente no ajustables y están dispuestas para aumentar la sustentación de la pala de la turbina eólica y, por lo tanto, el rendimiento energético de la turbina eólica. En consecuencia, las partes del deflector no se utilizan para fines de desprendimiento.

15 De acuerdo con una realización ventajosa, las partes del dispositivo de guía de flujo comprenden elementos planos o en forma de placa que sobresalen del perfil. De ese modo, se proporciona un diseño particularmente simple de las partes del dispositivo de guía de flujo. Asimismo, este diseño es mucho más flexible que el típico diseño en forma de cuña, que es muy rígido. De este modo, el diseño plano tiene una menor tendencia a tener altas cargas conjuntas, lo que en el peor de los casos puede hacer que las partes del dispositivo de guía de flujo se desprendan de la superficie de la pala de la turbina eólica.

20 De acuerdo con una realización ventajosa, las partes del dispositivo de guía de flujo forman en conjunto un primer lado sustancialmente continuo que mira hacia el borde de ataque de la pala, de modo que las partes del dispositivo de guía de flujo forman un dispositivo de guía de flujo, que está dispuesto y adaptado para formar un flujo de aire separado entre el dispositivo de guía de incandescencia y el borde de salida de la pala.

25 De acuerdo con una realización ventajosa, las partes del dispositivo de guía de flujo están conformadas para tener una superficie de flujo de entrada con un punto de inicio orientado hacia el borde de ataque de la pala y un punto final orientado hacia el borde de salida de la pala, aumentando la distancia entre la superficie de flujo de entrada y el contorno perfilado desde el punto de inicio hasta el punto final. De este modo, las partes del dispositivo de guía de flujo pueden tener un perfil sustancialmente en forma de cuña o en forma triangular. Sin embargo, la superficie de flujo de entrada también puede ser proporcionada por un elemento plano orientado hacia atrás o hacia el borde de salida de la pala. El ángulo de la superficie de flujo de entrada y la altura superficial de un punto distal de la superficie de entrada pueden corresponder ventajosamente a los descritos en las solicitudes de patente europea WO2010066500 y WO2010066501, respectivamente, por el presente solicitante.

35 De acuerdo con una realización ventajosa, el dispositivo de guía de flujo de la pala tiene una superficie frontal que mira hacia el flujo de aire en aproximación y tiene un punto proximal ubicado en el contorno perfilado y un punto distal ubicado a una distancia (es decir, con un espaciado) del contorno perfilado de la pala, en donde el contorno perfilado tiene una superficie normal en el punto proximal, y en donde la superficie frontal del dispositivo de guía de flujo comprende al menos una primera parte, que está angulada hacia un flujo de aire en aproximación, de modo que una línea media o tangente promedio a dicha primera porción forma un primer ángulo con la normal de la superficie mayor a 0 grados.

40 En consecuencia, la superficie frontal del dispositivo de guía de flujo, vista desde el punto proximal, está angulada hacia el flujo de aire en aproximación y, por lo tanto, también hacia el borde de ataque de la pala. De este modo, cuando en el contorno perfilado de la pala impacta el flujo de aire incidente, el dispositivo de guía de flujo crea una bolsa de aire delante de la superficie frontal, que aumenta la presión local delante del dispositivo de guía de flujo, y que guía el flujo de aire alrededor del dispositivo de guía de flujo. Adicionalmente, El dispositivo de guía de flujo funciona como una obstrucción del flujo en el lado de presión del perfil. Aguas abajo del dispositivo de guía de flujo, es decir, típicamente entre el dispositivo de guía de flujo y el borde de salida de la pala, se produce una separación del flujo de aire. Esta obstrucción da como resultado una mayor presión después del dispositivo de guía de flujo, es decir, entre el dispositivo de guía de flujo y el borde de salida de la pala de la turbina eólica, debido a una desunión del flujo. De este modo, la presión aumenta tanto delante como detrás del dispositivo de guía de flujo, lo que a su vez aumenta significativamente la sustentación en esta sección de la pala en los ángulos de entrada de flujo gobernantes para esta sección. Una estimación realista de la mejora potencial del rendimiento es del 1-2 % del rendimiento energético anual en comparación con las palas de turbinas eólicas convencionales sin tales dispositivos de guía de flujo.

55 Los términos tangente promedio o línea media aquí significan que la primera porción de la superficie frontal en promedio está angulada hacia el flujo en aproximación. Esto corresponde a un ajuste lineal a la primera porción de la superficie frontal del dispositivo de guía de flujo que se encuentra angulada hacia el flujo en aproximación y el borde

de ataque de la pala.

La primera porción angulada hacia delante también da como resultado una tangente al perfil y la tangente o línea media a la primera porción de la superficie frontal, formando un ángulo inferior a 90 grados.

5 A partir de las definiciones, está claro que la superficie frontal puede comprender una segunda porción, que no está angulada hacia el flujo en aproximación y el borde de ataque de la pala.

10 De acuerdo con una realización ventajosa, el primer ángulo es de al menos 5 grados, o al menos 10 grados, o al menos 15 grados. El primer ángulo puede ser incluso de al menos 20 grados o al menos 25 grados o al menos 30 grados. Los ángulos más altos proporcionan más eficientemente la bolsa de aire y también pueden disminuir el arrastre, ya que la superficie frontal no tiene que sobresalir tanto de la superficie para proporcionar la acumulación de presión delante del dispositivo de guía de flujo. Por otro lado, incluso ángulos más altos hacen que la altura efectiva del dispositivo de guía de flujo sea más pequeña.

De acuerdo con otra realización ventajosa, La superficie frontal es cóncava. La superficie frontal del dispositivo de guía de flujo puede guiar el flujo de aire a través de la superficie cóncava y, de este modo, contribuir más a formar una zona de recirculación delante del dispositivo de guía de flujo.

15 De acuerdo con otra realización ventajosa más, la pluralidad de partes del dispositivo de guía de flujo que se extienden longitudinalmente comprende partes individuales del dispositivo de guía de flujo, que se superponen, al menos parcialmente, en la dirección longitudinal de la pala. De este modo, las partes individuales del dispositivo de guía de flujo se desplazan individualmente en la dirección transversal de la pala. En consecuencia, un primer extremo de un primer dispositivo de guía de flujo se extiende más allá de la posición radial de un segundo extremo de una segunda parte del dispositivo de guía de flujo.

20 En una realización, las partes individuales del dispositivo de guía de flujo son sustancialmente rectas en la dirección longitudinal. En otra realización, las partes individuales del dispositivo de guía de flujo están curvadas en la dirección longitudinal. Por ejemplo, cada segunda parte del dispositivo de guía de flujo puede ser convexa y las otras, cóncavas. Esto también se puede combinar con el diseño parcialmente superpuesto.

25 De acuerdo con otra realización ventajosa más, el primer grupo de dispositivos de guía de flujo tiene un diseño corrugado en la dirección longitudinal, ventajosamente al menos un punto distal de un elemento en forma de placa. El diseño puede, por ejemplo, ser ondulado en la dirección longitudinal y comprender partes de dispositivo de guía de flujo alternas que sean cóncavas y convexas, respectivamente. Como alternativa, Se puede usar un diseño en forma de trapecio. Estos diseños tienen la ventaja de que las partes del dispositivo de guía de flujo se pueden estirar ligeramente en la dirección longitudinal, cuando la pala se pliega. Las partes individuales del dispositivo de guía de flujo también pueden estar corrugadas.

30 Preferentemente, el grupo de dispositivos de guía de flujo se forma como un dispositivo que se extiende longitudinalmente. De acuerdo con una realización ventajosa, El grupo de dispositivos de guía de flujo se extiende a lo largo de al menos el 5 % de una extensión longitudinal de la pala de la turbina eólica. Una vez más, la extensión longitudinal del grupo de dispositivos de guía de flujo puede ser al menos del 7 %, 10 %, 15 %, o incluso 20 % de la extensión o longitud longitudinal de la pala.

35 De acuerdo con otra realización, el grupo de dispositivos de guía de flujo que se extiende longitudinalmente se extiende a lo largo de al menos 1 metro de la pala, o al menos 2 metros, o al menos 3 metros, o al menos 4 metros, o al menos 5 metros, o al menos 6 metros, o incluso al menos 8 o 10 metros de la pala de turbina eólica.

40 La pala de la turbina eólica o al menos una carcasa aerodinámica de la turbina eólica puede estar hecha ventajosamente de una estructura compuesta, tal como una matriz polimérica reforzada con un material de refuerzo de fibra, tal como fibras de vidrio o fibras de carbono. La resina puede ser una resina termoestable, como el epoxi, viniléster, poliéster. La resina también puede ser un termoplástico, como el nailon, PVC, ABS, polipropileno o polietileno. Una vez más, la resina puede ser un termoplástico termoestable, tal como PBT cíclico o PET. El dispositivo de guía de flujo también puede estar hecho de tales materiales compuestos. El material de matriz polimérica también puede ser una resina de poliuretano.

45 La pala de la turbina eólica se puede hacer con un larguero de soporte de carga y una carcasa aerodinámica unida a dicho larguero. Como alternativa, la estructura de soporte de carga puede integrarse en la carcasa de la pala con cordones de larguero (también llamados laminados principales) integrados en la carcasa de la pala y las almas en l intermedias unidas entre los cordones del larguero.

50 En una realización, el contorno perfilado se divide en una región de raíz que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más cercano al centro, teniendo una región de superficie aerodinámica un perfil de generación de sustentación

más alejado del buje y una región de transición entre la región de raíz y la región de superficie aerodinámica, teniendo la región de transición un perfil que cambia gradualmente en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la región de raíz hasta el perfil que genera la sustentación de la región de superficie aerodinámica. El dispositivo montado en superficie puede proporcionarse ventajosamente en la región de transición de la pala.

5 De acuerdo con una realización particular ventajosa, el dispositivo de guía de flujo está dispuesto en la región de transición del contorno perfilado, preferentemente en el lado de presión de la pala. El dispositivo puede aumentar la sustentación en la región de transición y, por lo tanto, contribuir al rendimiento energético. Ventajosamente, el dispositivo de guía de flujo se extiende sustancialmente a lo largo de toda una extensión longitudinal de la región de transición, contribuyendo de este modo al aumento de la sustentación a lo largo de toda la región de transición.

10 Una vez más, el dispositivo de guía de flujo puede extenderse ventajosamente en la región de superficie aerodinámica. Esto agregará sustentación a la región de superficie aerodinámica y, por lo tanto, aumentará el rendimiento de energía anual. En principio, también puede extenderse a la región de raíz. También, el dispositivo de guía de flujo puede estar dispuesto solo en la región de raíz, o solo en la región de superficie aerodinámica.

15 En una realización preferente, el dispositivo montado en superficie está unido a la superficie de la pala a través de tres partes de unión, en donde una primera parte de unión está conectada cerca de un primer extremo del dispositivo montado en superficie, una segunda parte de unión está conectada cerca de un segundo extremo del dispositivo montado en superficie, y una tercera parte de unión está conectada en una parte intermedia del dispositivo montado en superficie. Las tres partes adjuntas pueden, cuando se ven en una vista superior, estar dispuestas en un triángulo en la superficie de la pala de la turbina eólica. El triángulo puede tener un ángulo agudo de al menos 5 grados, o al menos 10 grados.

En una realización ventajosa, la parte de unión o el alojamiento flexible está hecha de una cinta adhesiva doble. Esto proporciona un método simple particular para formar la forma de la parte de unión y la cavidad que se ha de rellenar con el adhesivo, lo que forma la fijación adhesiva.

25 En consecuencia, la cinta adhesiva doble puede, en una realización, formar una parte circunferencial entre la superficie de la pala de la turbina eólica y el dispositivo montado en la superficie, y además formar una cavidad entre la cinta adhesiva doble, la superficie de la pala de la turbina eólica y una parte del dispositivo montado en la superficie.

30 En una realización ventajosa, La cinta adhesiva doble comprende una capa de material compresible. Esto proporciona un alojamiento viscoelástico. El material compresible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un espesor de al menos 0,5 mm y, preferentemente, de al menos 1 mm. Además, la cinta adhesiva puede tener un espesor máximo de 10 mm, o máximo de 7 mm, o máximo de 5 mm. En consecuencia, se puede formar una cavidad que tiene una altura de 0,5 mm a 10 mm, por ejemplo, que tenga una altura de 1 mm a 5 mm.

De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende una serie de palas, preferentemente dos o tres, de acuerdo con cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente.

35 El primer aspecto de la invención también proporciona un método para unir un dispositivo montado en superficie a una superficie de una pala de turbina eólica, en donde la pala de la turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en donde la pala de la turbina eólica comprende además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde el método comprende las etapas de:

- a) proporcionar la pala de la turbina eólica,
- b) probando un dispositivo montado en superficie para montarse en la superficie de la pala, teniendo el dispositivo montado en superficie al menos una parte de unión conectada a una parte del dispositivo montado en superficie, en donde la parte de unión comprende un alojamiento flexible adaptado para formar una cavidad entre al menos el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica,
- c) posicionar la parte de unión en una primera área discreta de la superficie de la pala para que se forme una cavidad entre al menos el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica,
- d) inyectar un adhesivo o resina en la cavidad, y
- 50 e) curar o endurecer el adhesivo o la resina para que el dispositivo se una a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de una unión adhesiva.

El método que implica una parte de unión con una cavidad de pegamento también proporciona un método simple particular para unir el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala.

- 5 Dado que el alojamiento de la parte de unión es flexible, la parte de sujeción se adapta a la curvatura de la superficie de la pala, por ejemplo, aplicando presión a la parte de unión. La posición exacta del dispositivo también puede ajustarse finamente moviendo cuidadosamente las partes de unión para obtener la posición deseada. Por lo general, el nuevo método de unión proporciona un método simple para encajar los complementos en la superficie de la pala sin necesidad de accesorios y una preparación prolongada de la superficie de la pala. Adicionalmente, el alojamiento flexible también actúa como moldeador de pegamento y tope de pegamento, lo que alivia la posterior necesidad de operaciones de acabado, tales como la retirada del exceso de adhesivo. En consecuencia, un trabajador puede unir más rápidamente el dispositivo montado en superficie a la superficie de la pala que con las técnicas de la técnica anterior.
- 10 La cavidad puede formarse presionando la parte de unión contra la superficie de la pala.
- 15 La parte de unión está preferentemente conectada previamente al dispositivo, es decir, pegando o moldeando la parte de unión en el dispositivo. La parte de conexión está conectada preferentemente a una parte proximal del dispositivo montado en superficie. La parte proximal del dispositivo montado en superficie es la parte, que se encuentra más cerca de la superficie de la pala y, por así decirlo, está unida a la superficie de la pala. Sin embargo, utilizando las partes de sujeción, está claro que puede haber un espaciado entre la parte proximal del dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala. Sin embargo, en principio, El dispositivo de unión puede conectarse en una realización alternativa al dispositivo como parte de las etapas de llenado y endurecimiento de pegamento de las etapas d) y e).
- 20 Está claro que el dispositivo montado en superficie está unido preferentemente a una superficie externa de la pala de turbina eólica. Sin embargo, También puede ser una superficie interna de la pala de la turbina eólica.
- 25 En una realización, la primera área discreta de la pala de la turbina eólica se desengrasa antes de la etapa a, por ejemplo, a través de una frotación a base de alcohol. De ese modo, se garantiza que se puede proporcionar una fijación adhesiva eficaz a la superficie de la pala. El desengrase se lleva a cabo ventajosamente en un *gelcoat* de la pala de la turbina eólica. Sin embargo, en comparación con los métodos de unión anteriores, no es necesario moler el *gelcoat* para revelar material de fibra para la fijación.
- 30 En una realización preferente, la parte de unión comprende un labio circunferencial para unirse a la superficie de la pala de la turbina eólica. El labio circunferencial forma de este modo la parte inferior o proximal del dispositivo de unión y se sella a la superficie de la pala, formando de ese modo la cavidad de pegamento entre el alojamiento y la superficie de la pala de la turbina eólica. El labio circunferencial puede tener una superficie de unión sustancialmente plana para montarse en la pala. El labio circunferencial puede tener, como alternativa, una superficie de unión inclinada de modo que la superficie de unión se adapte a la superficie de la pala de la turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de turbina eólica.
- 35 El labio circunferencial puede estar provisto de un adhesivo, tal como una cinta adhesiva, por ejemplo, una cinta adhesiva doble sensible a la presión, para proporcionar un accesorio preliminar a la superficie de la pala. Esto es particularmente útil para la actualización *in situ* de complementos a la superficie de la pala.
- 40 De este modo, la cinta proporciona una selladura a la superficie de la pala y proporciona la cavidad de pegamento, que se rellena luego con un adhesivo y se endurece o se cura. La unión preliminar puede garantizar que la parte de unión no se mueva durante la etapa de inyección y, además, evita que el adhesivo se escape de los lados del dispositivo de unión durante la etapa de inyección. Esto resulta particularmente ventajoso, ya que la inyección de adhesivo puede llevarse a cabo sin evacuación previa de la cavidad, y por que la inyección de adhesivo puede acumular presión en la cavidad.
- 45 La cinta puede estar provista de un revestimiento. El revestimiento está provisto ventajosamente de una pestaña para que el revestimiento pueda sacarse del labio. De este modo, el labio de la parte de unión puede presionarse contra la superficie de la pala. Una vez que el dispositivo y la parte de unión se encuentran en la posición correcta, se retira el revestimiento, por lo que el labio se une de manera preliminar a la superficie de la pala de la turbina eólica, y después de lo cual se puede realizar la inyección de adhesivo en la cavidad.
- 50 En una realización alternativa, se aplican unas gotas de adhesivo en el labio del alojamiento flexible. El elemento de fijación aún se puede mover a lo largo de la superficie de la pala y una vez que se encuentra la posición deseada, el labio simplemente se presiona contra la superficie de la pala hasta que el adhesivo se endurece al menos parcialmente y proporciona una unión preliminar a la superficie de la pala.
- En otra realización, la parte de unión es anterior a la etapa d) fijada mecánicamente a la superficie de la pala de la turbina eólica, por ejemplo, a través de un tornillo conectado a través de la parte de unión y a un agujero de alineación formado en la superficie de la pala de la turbina eólica. Los medios de fijación mecánica, por ejemplo, el tornillo, pueden retirarse después de la inyección y curado del adhesivo. El agujero del tornillo se puede llenar entonces con un sellante.

5 En otra realización, se realiza un tratamiento de microambiente en la cavidad antes de la etapa d). El tratamiento de microambiente puede elegirse, por ejemplo, del grupo de evacuación de la cavidad, calentar la cavidad, o una desgasificación, por ejemplo, a través del llenado de la cavidad con nitrógeno. De ese modo, la cavidad puede secarse antes de la etapa de inyección, lo que puede mejorar aún más la fijación adhesiva, ya que se retira la humedad antes de la inyección.

También es posible colocar la parte de unión en la pala de la superficie mediante el uso de un accesorio para mantener la parte de unión en su lugar, mientras que el adhesivo se inyecta en la cavidad. Esta realización es particularmente útil, si los complementos se montan en la superficie de la pala en la fábrica.

10 En una realización ventajosa, el alojamiento flexible está provisto de un orificio desde la cavidad hasta un exterior. De ese modo, el gas o el aire pueden escapar de la cavidad durante la etapa de inyección. Preferentemente, el orificio es relativamente pequeño. El orificio puede proporcionarse ventajosamente cerca de una parte distal del alojamiento flexible, por lo que el adhesivo o la resina relleno/a en la cavidad empuja el aire hacia la parte superior de la cavidad. También es posible aplicar succión al orificio. El orificio también puede proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salirse del agujero, La inyección del adhesivo se puede detener.

15 El alojamiento flexible también puede estar hecho de un material al menos parcialmente transparente, de tal manera que el proceso de llenado puede supervisarse fácilmente.

20 La cavidad se puede conectar a un depósito o cámara de adhesivo durante el curado o endurecimiento en la etapa e). De este modo, Si el adhesivo se encoge durante el endurecimiento, se introducirá adhesivo líquido adicional en la cavidad y se llenarán los huecos. El adhesivo del depósito, por supuesto, debe endurecerse en una etapa posterior al adhesivo en la cavidad, de manera que el adhesivo líquido no sea atraído en la dirección incorrecta.

25 En un primer aspecto adicional de la invención, la parte de unión o el alojamiento flexible de la parte de unión está hecha de cinta adhesiva doble, en donde la cinta adhesiva doble está dispuesta para formar una parte circunferencial y para formar una cavidad formada parcialmente por la cinta adhesiva doble, la superficie de la pala y una parte del dispositivo montado en superficie.

30 En otras palabras, el primer aspecto adicional también proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde donde se extiende la pala de la turbina eólica sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, teniendo la pala de la turbina eólica una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, comprendiendo además la pala de turbina eólica:

- un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde
- 35 - un dispositivo montado en superficie está unido a una superficie de la pala de la turbina eólica, en donde
- el dispositivo montado en superficie está unido a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de al menos una primera parte de unión, que está conectada a una parte del dispositivo montado en superficie, en donde
- la parte de unión comprende un alojamiento flexible hecho de una cinta adhesiva doble que forma una cavidad entre al menos el alojamiento, la superficie de la pala de la turbina eólica, y una parte del dispositivo montado en la superficie, y en donde
- 40 - la cavidad se llena con un adhesivo que proporciona una fijación adhesiva a la superficie de la pala de la turbina eólica.

De forma similar a las realizaciones anteriores, la cinta adhesiva doble puede formar una parte circunferencial, como un labio, del alojamiento flexible.

45 La parte circunferencial puede tener una pequeña abertura, de manera que pueda proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salirse del agujero, La inyección del adhesivo se puede detener.

50 En una realización ventajosa, La cinta adhesiva doble comprende una capa de material compresible. Esto proporciona un alojamiento viscoelástico. El material compresible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un espesor de al menos 0,5 mm y, preferentemente, de al menos 1 mm. Además, la cinta adhesiva puede tener un espesor máximo de 10 mm, o máximo de 7 mm, o máximo de 5 mm. En consecuencia, se puede formar una cavidad que tiene una altura de 0,5 mm a 10 mm, por ejemplo, que tenga una altura de 1 mm a 5 mm.

En un segundo aspecto adicional, la invención proporciona un método para unir un dispositivo montado en superficie a una superficie de una pala de turbina eólica, en donde la pala de la turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en donde la pala de la turbina eólica comprende además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde el método comprende las etapas de:

- 5 a) proporcionar la pala de la turbina eólica,
- b) colocar una cinta adhesiva doble en la superficie de la pala de la turbina eólica para formar una parte
- 10 circunferencial de una parte de unión
- c) disponer un dispositivo para montarse en la superficie de la pala en la cinta adhesiva doble de modo que se forme una cavidad de una parte de unión entre al menos la cinta adhesiva doble, la superficie de la pala de la turbina eólica y una parte del dispositivo,
- d) inyectar un adhesivo o resina en la cavidad, y
- 15 e) curar o endurecer el adhesivo o la resina para que el dispositivo se una a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de una unión adhesiva.

Se reconoce que la cinta adhesiva doble puede estar dispuesta directamente sobre la superficie de la pala de la turbina eólica y que el dispositivo se coloca luego sobre la cinta adhesiva doble para formar la cavidad, o como alternativa, que la cinta adhesiva doble la cinta adhesiva puede estar dispuesta en el dispositivo y el dispositivo con la cinta adhesiva doble se coloca luego en la superficie de la pala de la turbina eólica para formar la cavidad.

#### Breve descripción de las figuras

La invención se explica en detalle a continuación con referencia a las realizaciones mostradas en los dibujos, en los que

la figura 1 muestra una turbina eólica,

25 la figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala de turbina eólica provista de partes de dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención, vista en perspectiva,

la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico,

la Figura 4 muestra una vista superior de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

30 la figura 5 muestra varias vistas de un dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención y provisto de partes de unión de acuerdo con la invención,

la figura 6 muestra dos realizaciones de una parte proximal de un dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención con una parte de unión de acuerdo con la invención,

la figura 7 muestra vistas en sección transversal de dos realizaciones de partes de unión de acuerdo con la invención,

la figura 8 ilustra una etapa de inyección de adhesivo de un método de acuerdo con la invención,

35 la figura 9 muestra un grupo de dispositivos de guía de flujo,

la figura 10 muestra una primera realización de partes superiores de un grupo de dispositivos de guía de flujo,

la figura 11 muestra una segunda realización de partes superiores de un grupo de dispositivos de guía de flujo,

la figura 12 muestra una tercera realización de partes superiores de un grupo de dispositivos de guía de flujo,

la figura 13 muestra una cuarta realización de partes superiores de un grupo de dispositivos de guía de flujo,

40 la figura 14 muestra una quinta realización de partes superiores de un grupo de dispositivos de guía de flujo,

la figura 15 muestra una vista superior de una pala de turbina eólica provista de paneles de borde de salida dentado,

la figura 16 muestra una vista superior de un panel de borde de salida dentado provisto de una parte de unión de acuerdo con la invención,

la figura 17 muestra una vista superior de un panel de borde de salida dentado provisto de tres partes de unión de acuerdo con la invención,

la figura 18 muestra una vista superior de una primera realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de unión está hecha de cinta adhesiva doble,

5 la figura 19 muestra una vista superior de una segunda realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de unión está hecha de cinta adhesiva doble,

la figura 20 muestra una vista superior de una parte de una pala con un área preparada para la disposición de dispositivos montados en superficie,

10 la figura 21 muestra una plantilla para taladrar agujeros de alineación en el área preparada para la disposición de dispositivos montados en superficie,

la figura 22 muestra áreas preparadas para el montaje de las partes de unión de los dispositivos montados en superficie, y

la figura 23 muestra una realización adicional de una parte proximal de un dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención con una parte de unión de acuerdo con la invención.

## 15 Descripción detallada de la invención

La figura 1 ilustra una turbina eólica a contraviento moderna y convencional de acuerdo con el llamado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje del rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo cada una una raíz 16 de pala más cercana al buje y una punta 14 de pala más alejada del buje 8.

20 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representado con los diversos parámetros, que se utilizan normalmente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente mira hacia el lado de barlovento y el lado de sotavento, respectivamente. El perfil aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud  $c$  de cuerda que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil aerodinámico 50 tiene un espesor  $t$ , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El espesor  $t$  del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico viene dada por una línea de curvatura 62, que es una línea media a través del perfil aerodinámico 50. La línea media se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde de ataque 56 hasta el borde de salida 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia de la cuerda 60 se denomina curvatura  $f$ . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros llamados la curvatura superior y la curvatura inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

35 La Figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica de acuerdo con la invención. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región de superficie aerodinámica 34 o perfilada más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de superficie aerodinámica 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que mira en la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala se monta sobre el buje, y un borde de salida 20 que mira en la dirección opuesta del borde de ataque 18.

40 La región de superficie aerodinámica 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace que sea más fácil y más seguro montar la pala 10 al buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 es típicamente constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición 42 que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica 40 de la región de raíz 30 hasta el perfil aerodinámico 50 de la región de superficie aerodinámica 34. La anchura de la región de transición 32 suele aumentar sustancialmente de modo lineal con el aumento de la distancia  $r$  desde el buje.

La región de superficie aerodinámica 34 tiene un perfil aerodinámico 50 con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con el aumento de la distancia  $r$  desde el buje.

50 Las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, dado que la pala puede estar retorcida y/o curvada (es decir, doblada de antemano), proporcionando así al plano de la cuerda una

trayectoria retorcida y/o curvada, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.

5 La pala 10 de turbina eólica según la invención está provista de varios dispositivos montados en superficie en forma de partes 70 de dispositivo de guía de flujo, que se agrupan conjuntamente y sobresalen del lado de presión de la pala en al menos la región de transición 32 de la pala para formar un grupo 95 de dispositivos de guía de flujo como se muestra en la vista superior en la figura 4. Sin embargo, ventajosamente, las partes 70 del dispositivo de guía de flujo también pueden extenderse en la región de superficie aerodinámica 34 y/o la región de raíz 30 de la pala.

10 Las figuras 5a-e muestran una parte 70 del dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención, que está adaptado para funcionar como un deflector y se une a la superficie de una pala de turbina eólica, por ejemplo, tal como se muestra en las figuras 2 y 4. La figura 5a muestra una vista inferior, la figura 5b muestra una vista lateral, la figura 5c muestra una vista posterior, la figura 5d muestra una vista en perspectiva que muestra la parte posterior, y la figura 5e muestra otra vista en perspectiva que muestra la parte frontal de la parte 70 del dispositivo de guía de flujo.

15 Se ve que la parte 70 del dispositivo de guía de flujo comprende un elemento 71 en forma de placa que sobresale de la superficie de la pala, cuando la parte 70 del dispositivo de guía de flujo está montada en la superficie de la pala, lo que proporciona una obstrucción al flujo entrante. El elemento en forma de placa 71 comprende una superficie frontal 72, que mira hacia el borde de ataque 18 de la pala 10 y, por lo tanto, hacia el flujo entrante, y una superficie posterior 73, que mira hacia el borde de salida 20 de la pala 10 y, por lo tanto, se aleja del flujo entrante.

20 El elemento en forma de placa 71 comprende una parte proximal 74 o parte inferior, la cual, cuando la parte 70 del dispositivo de guía de flujo está montada en la superficie de la pala, está ubicada más cerca de la superficie de la pala, y una parte distal 75 o parte superior, que se encuentra más alejada de la superficie de la pala. El elemento en forma de placa 71 está curvado en la dirección longitudinal o sentido longitudinal y tiene una primera curvatura de radio en la parte proximal 74 del elemento en forma de placa 71 y una segunda curvatura de radio en la parte distal 75 del elemento en forma de placa.

25 En la realización mostrada, el elemento en forma de placa 70 forma parte de la superficie exterior de un elemento troncocónico y, de este modo, el segundo radio de curvatura es más pequeño que la primera curvatura de radio. Sin embargo, en una realización alternativa, la segunda curvatura del radio es mayor que la primera curvatura del radio, que puede proporcionar una estructura más rígida a la parte distal 75 del elemento en forma de placa 71. El segundo radio de curvatura puede, por ejemplo, acercarse a infinito, en cuyo caso, la parte distal 75 del elemento en forma de placa 71 es recta. En otra realización más, el radio de curvatura puede ser constante desde la parte proximal 74 a la parte distal 75 del elemento en forma de placa.

30 El elemento en forma de placa 71 está más angulado hacia delante hacia el borde de ataque de la pala para proporcionar una bolsa entre el elemento en forma de placa 71 y la superficie de la pala, mirando dicha bolsa hacia el borde de ataque de la pala. Dado que el elemento en forma de placa 71 está curvado hacia el borde de ataque de la pala (es decir, es cóncavo como se ve desde el borde de ataque de la pala), esto también se atribuye a la formación de la bolsa entre el dispositivo montado en superficie y la superficie de la pala. Con un elemento flexible en forma de placa 71, este diseño también permite que el diseño montado en superficie se contraiga o presione contra la superficie de la pala, lo que puede ser ventajoso para fines de transporte.

35 La parte 70 del dispositivo de guía de flujo comprende tres partes de unión 77, que se utilizan para unir la parte 70 del dispositivo de guía de flujo a la superficie de la pala. Cada una de las partes de unión 77 se estrecha desde una parte proximal a una parte distal de la parte de unión 77, de modo que la parte proximal tiene un área superficial mayor que la parte distal. La parte de unión puede ser, por ejemplo, sustancialmente en forma de campana, forma cónica o troncocónica. Esto minimiza los efectos de muesca en la superficie de las palas y proporciona una transición gradual de las cargas transferidas desde la pala 10 a la parte de dispositivo de guía de flujo 70, cuando la pala se pliega o la carcasa de la pala se ovaliza. Como se ve en la figura 5c, la parte de unión 77 preferentemente también se estrecha en la vista lateral, de modo que la altura de la parte de unión 77 se aproxima a cero en una circunferencia, minimizando así el efecto de muesca.

40 La parte de unión 77 incluye además un alojamiento flexible 80, que forma una cavidad entre al menos el alojamiento flexible 80 y la superficie de la pala de la turbina eólica. Una parte de la parte de unión 77 puede moldearse como una primera pieza junto con el elemento con forma de placa 71, y el alojamiento flexible 80 puede moldearse sobre esta primera parte. Como alternativa, el alojamiento flexible puede estar pegado y/o conectado mecánicamente a la primera pieza.

45 La parte 70 del dispositivo de guía de flujo se puede unir a tres áreas discretas en la superficie de la pala, en donde las tres áreas discretas, cuando se ven en una vista superior, están dispuestas en un triángulo, como se ve por ejemplo en la figura 5a. Esto proporciona una forma particularmente sencilla de unir complementos en la superficie de una pala de turbina eólica, ya que el accesorio de tres puntos siempre podrá contactar la superficie de la pala a pesar de tener

una curvatura compleja. El triángulo puede tener un ángulo agudo de al menos 5 grados, o al menos 10 grados.

5 El elemento en forma de placa 71 puede, como se ve en las figuras 5a y 5e, reforzarse adicionalmente con una estructura de rejilla o nervadura 76. Las nervaduras pueden estar dispuestas, por ejemplo, a lo largo de las dos partes de extremo del elemento con forma de placa 71, y con una nervadura que se extiende a lo largo de una parte distal del elemento con forma de placa. Además o como alternativa, el elemento en forma de placa puede estar provisto de costillas transversales que se extienden desde cerca de una parte distal y parte de extremo y hasta una parte proximal e intermedia del elemento en forma de placa 71. Esto proporciona una fuerte estructura de nervadura triangular que agrega resistencia al elemento con forma de placa 71. El diseño de nervadura o rejilla puede moldearse fácilmente junto con el elemento en forma de placa 71. La estructura de rejilla o nervadura puede proporcionarse, por ejemplo, como protuberancias superficiales.

15 La parte 70 del dispositivo de guía de flujo puede estar provista además de un agarre o similar, por ejemplo, proporcionado en la parte de unión 77 como se muestra en la figura 5e. Este agarre 78 puede facilitar un manejo más fácil para un trabajador que une la parte 70 del dispositivo de guía de flujo, que puede usar el agarre para presionar mejor el alojamiento flexible contra la superficie de la pala. Esto resulta ventajoso en particular, si las partes 70 del dispositivo de guía de flujo están montadas en el sitio.

20 El espesor  $t_s$  del elemento en forma de placa 71 es ventajosamente 0,5-10 mm, por ejemplo, alrededor de 1,5-3 mm. El espesor  $t_r$  de la estructura de nervadura o de rejilla 76 es ventajosamente 5-50 mm. La longitud longitudinal  $l$  del dispositivo montado en superficie es ventajosamente 20-150 cm, o 25-120 cm. La altura  $h$  del dispositivo montado en superficie es ventajosamente de 3-50 cm. El elemento en forma de placa 71 está conectado preferentemente a la parte de unión 77 de manera que la separación entre la parte proximal 74 del elemento en forma de placa 71 y la superficie de la pala de la turbina eólica está en el intervalo de 1-20 mm, por ejemplo, alrededor de 10 mm.

25 El dispositivo de guía de flujo 70 y la parte de unión 77 pueden estar hechos de material de poliuretano (PUR) o un polímero termoplástico, opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, y la parte de unión también está hecha de poliuretano (PUR) o material termoplástico. La dureza del alojamiento flexible 80 es ventajosamente 20-75 en la escala Shore A, por ejemplo, alrededor de 55 en la escala Shore A. La dureza del elemento en forma de placa 71 es ventajosamente 45-100 en la escala Shore D, por ejemplo, alrededor de 75 en la escala Shore D.

Las figuras 6a y 6b muestran vistas en sección transversal detalladas de una primera realización y una segunda realización de una parte de dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención y provistas de partes de unión de acuerdo con la invención.

30 La figura 6a muestra una primera realización de la parte 70 del dispositivo de guía de flujo y la parte de unión 77. Se ve que una sección estrechada de la parte de unión 77 y el elemento en forma de placa están formados integralmente, por ejemplo, como un elemento moldeado. El alojamiento flexible 80 está conectado a un rebaje 83 de la sección estrechada de la parte de unión 77. El alojamiento flexible puede pegarse o moldearse en la sección estrechada. El alojamiento flexible 80 comprende un labio circunferencial 82, que está sellado contra la superficie de la pala de turbina eólica. Esto proporciona una cavidad de pegamento 81, que se forma entre la superficie de la pala, el alojamiento flexible 80 y una parte inferior de la sección estrechada de la parte 70 del dispositivo de guía de flujo. Se proporciona un orificio o agujero 79 a través de la parte de unión 77 y que puede comunicarse con la cavidad de pegamento 81 de tal manera que se puede llenar un adhesivo en la cavidad 81 a través del orificio 79. El alojamiento flexible comprende además un agujero de ventilación 88, por lo que el gas o el aire pueden escapar de la cavidad 81 durante una etapa de inyectar un adhesivo en la cavidad. El agujero de ventilación 88 también puede proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salirse del agujero, La inyección del adhesivo se puede detener.

45 La figura 6b muestra una segunda realización de una parte del dispositivo de guía de flujo 70' y una parte de unión 77', donde los números similares se refieren a partes similares de la primera realización. Por lo tanto, solo se describe la diferencia entre las dos realizaciones. La segunda realización difiere de la primera realización en que el alojamiento flexible encierra una parte inferior de la sección estrechada 77' o el elemento en forma de placa 70', de manera que la cavidad de pegamento 81' se forme entre el alojamiento flexible 80 y la superficie de la pala solamente.

50 El labio 82 del dispositivo de unión 77 tiene ventajosamente una dimensión externa máxima, como un diámetro exterior, de 1-15 cm, o 2-10 cm. De este modo, La parte proximal del dispositivo de unión 77 puede tener esta dimensión externa máxima.

55 De acuerdo con una realización mostrada en la figura 7a, el labio circunferencial 82 puede comprender una superficie de unión sustancialmente plana 84 para montarse en la pala. La superficie de unión puede estar provista de una cinta adhesiva doble sensible a la presión 85 para proporcionar una unión preliminar a la superficie de la pala. La cinta 85 puede estar provista de un revestimiento 86, que se retira antes de encajar el alojamiento flexible 80 en la superficie de la pala. El revestimiento 86 está provisto ventajosamente de una pestaña para que el revestimiento 86 pueda

sacarse del labio 82. De este modo, el labio 82 del alojamiento flexible 80 puede presionarse contra la superficie de la pala. Una vez que el dispositivo 70 y la parte de unión 77 se ubiquen en la posición correcta, el revestimiento 86 se retira, por lo que el labio 82 se sella de forma preliminar a la superficie de la pala de la turbina eólica y proporciona la cavidad de cola 81 y después de lo cual se puede realizar la inyección de adhesivo en la cavidad 81.

5 De acuerdo con otra realización mostrada en la figura 7b, un labio circunferencial 182 del alojamiento flexible tiene una superficie de unión inclinada 184. De forma similar a la realización mostrada en la figura 7a, la superficie de unión puede estar provista de una cinta adhesiva doble sensible a la presión 185 para proporcionar una unión preliminar a la superficie de la pala, que a su vez está provista de un revestimiento 186. La inclinación de la superficie de unión 184 se adapta a la superficie de la pala de la turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de  
10 turbina eólica, que se ilustra con las flechas mostradas en la figura 7b.

La figura 8 ilustra una etapa en un método para unir un dispositivo montado en superficie a la superficie de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención. El método comprende una primera etapa de proporcionar la pala de la turbina eólica y una segunda etapa para proveer al dispositivo montado en superficie de una parte de unión de acuerdo con la invención, por ejemplo, una de las dos realizaciones mostradas en la figura 6. En una tercera etapa, la parte de  
15 unión del dispositivo montado en superficie se coloca en una primera área discreta de la superficie de la pala, de manera que se forma una cavidad entre al menos el alojamiento y la superficie de la pala de turbina eólica. En una cuarta etapa, ilustrada en la figura 8, un adhesivo o resina 91 se llena en la cavidad de pegamento. Una vez que la cavidad de pegamento 81 se ha llenado con el adhesivo, la inyección se detiene después de lo cual el adhesivo 91 en una quinta etapa se cura o se endurece de manera que el dispositivo montado en la superficie 70 se adhiere a la  
20 superficie de la pala de la turbina eólica a través de una fijación adhesiva.

El adhesivo 91 se inyecta en la cavidad de pegamento 81 a través del orificio 79, por ejemplo, a través de una jeringa o un mezclador estático. El agujero de ventilación 88 está ubicado preferentemente en una parte proximal del alojamiento flexible, de manera que el adhesivo 91 que se introduce en la cavidad 81 llegue al agujero de ventilación 88 en último lugar. De ese modo, el agujero de ventilación 88 también se puede usar para una inspección visual para  
25 verificar si la cavidad se ha llenado. Como alternativa o adicionalmente, el alojamiento flexible puede fabricarse en un material al menos parcialmente transparente, de tal manera que el proceso de llenado puede supervisarse.

La cavidad 81 puede permanecer conectada a un depósito o cámara 90 de adhesivo durante el curado o endurecimiento en la quinta etapa. De este modo, si el adhesivo 91 se contrae durante el endurecimiento, se atraerá adhesivo líquido adicional en la cavidad y se llenarán los huecos. El adhesivo 91 del depósito 90 debería, por supuesto, endurecerse en una etapa posterior al adhesivo en la cavidad, de manera que el adhesivo líquido no sea atraído en la  
30 dirección incorrecta.

El adhesivo 90 puede ser, por ejemplo, a base de poliuretano (PU), a base de epoxi o metil metacrilato (MMA). También puede ser un híbrido entre los diversos materiales, tal como un PU polimerizable mezclado en un MMA.

En otra realización, se realiza un tratamiento de microambiente en la cavidad antes de la cuarta etapa. El tratamiento de microambiente puede elegirse, por ejemplo, del grupo de evacuar de la cavidad, calentar la cavidad, o una desgasificación, por ejemplo, a través del llenado de la cavidad con nitrógeno. De ese modo, la cavidad puede secarse antes de la etapa de inyección, lo que puede mejorar aún más la fijación adhesiva, ya que se retira la humedad antes de la inyección. Esto se puede llevar a cabo mediante la unión de la herramienta adecuada al orificio 79 o al agujero de ventilación 88.  
35

Por ejemplo, tal como se muestra en las figuras 2 y 4, los dispositivos montados en superficie son ventajosamente dispositivos de guía de flujo, por ejemplo, en forma de dispositivos deflectores, que se agrupan conjuntamente para formar un grupo de dispositivos de guía de flujo. La construcción modular de este grupo hace que la construcción sea más flexible y reduce las fuerzas de desprendimiento en los extremos de las partes del dispositivo de guía de flujo. Las partes individuales del dispositivo de guía de flujo están dispuestas preferentemente de modo que las direcciones a lo largo de las partes estén orientadas sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala.  
40 45

La figura 9 muestra una vista posterior de una primera realización de un grupo de dispositivos de guía de flujo. Como puede verse, el grupo comprende una serie de partes de dispositivos de guía de flujo individuales 170, que están separados mutuamente por espacios 181. Los espacios 181 entre las partes 170 del dispositivo de guía de flujo adyacente pueden, por ejemplo, estar entre 5 mm y 30 mm. De acuerdo con otra realización (no mostrada), las partes del dispositivo de guía de flujo se apoyan entre sí.  
50

La figura 10 muestra las partes 170 del dispositivo de guía de flujo vistas desde arriba, aquí se representan como una parte proximal de un elemento en forma de placa. En la realización mostrada, los espacios 181 entre las partes 170 del dispositivo de guía de flujo adyacente están cerrados por elementos intermedios 196 hechos de un material flexible, como caucho. En esta realización particular, los elementos intermedios 179 están unidos a una superficie frontal de los elementos en forma de placa 170. Esto puede proporcionar una superficie frontal continua para el grupo de  
55

dispositivos de guía de flujo. Sin embargo, de acuerdo con una realización preferente, el diseño no comprende ningún elemento intermedio (correspondiente a la realización mostrada en la figura 9).

5 La figura 11 muestra una segunda realización de partes de dispositivo de guía de flujo 270 de acuerdo con la invención. En esta realización, los espacios también están cerrados por elementos intermedios 296 hechos de un material flexible, como caucho. En esta realización, las partes intermedias llenan todo el espacio entre las partes 270 del dispositivo de guía de flujo y se unen tanto a la superficie frontal como a la superficie posterior de las partes 270 del dispositivo de guía de flujo.

10 La figura 12 muestra una vista esquemática de una tercera realización de partes de dispositivo de guía de flujo 370 de acuerdo con la invención, visto desde arriba. En esta realización, las partes del dispositivo de guía de flujo están dispuestas alternativamente delante y detrás de otras partes del dispositivo de guía de flujo, de tal manera que las partes del dispositivo de guía de flujo forman una superficie frontal casi continua.

15 La figura 13 muestra una vista esquemática de una cuarta realización de partes de dispositivo de guía de flujo 470 de acuerdo con la invención, visto desde arriba. Se puede ver que las partes 470 del dispositivo de guía de flujo están escalonadas en la dirección longitudinal. La superficie posterior de una parte del dispositivo de guía de flujo puede apoyarse en la superficie delantera de una segunda parte del dispositivo de guía de flujo, o puede haber un pequeño espacio en la dirección transversal de la pala.

20 La figura 14 muestra una vista esquemática de una quinta realización de las partes 570 del dispositivo de guía de flujo de acuerdo con la invención, visto desde arriba, que es similar a la tercera realización con la excepción de que las partes 570 del dispositivo de guía de flujo son alternativamente convexas y cóncavas en la dirección longitudinal. En la realización mostrada, Dos partes del dispositivo de guía de flujo están dispuestas unas detrás de las otras. Sin embargo, también pueden estar dispuestos ventajosamente delante de las otras partes del dispositivo de guía de flujo, obteniendo así un diseño general ligeramente diferente. Si las partes del dispositivo de guía de flujo están anguladas hacia adelante para formar una bolsa entre el elemento en forma de placa y la superficie de la pala, está claro que se necesitan dos tipos diferentes de partes de dispositivo de guía de flujo.

25 La invención se ha descrito hasta ahora en relación con dispositivos montados en superficie en forma de dispositivos deflectores. Sin embargo, Las partes de unión y el método de acuerdo con el método también pueden usarse para unir otros tipos de dispositivos de guía de flujo a la superficie de una pala de turbina eólica, por ejemplo, los paneles de borde de salida dentados o los *flaps* Gurney.

30 La figura 15 muestra una realización de este tipo de una pala 610 de turbina eólica, que está provista de una pluralidad de paneles 670 de borde de salida dentado, que están dispuestos en el borde de salida de la pala cerca de la punta de la pala. Como se ve en la figura 16, el panel 670 de borde de salida dentado puede estar provisto de una parte de unión, que comprende un alojamiento flexible 681, que forma una cavidad de pegamento 681 entre el panel 670 y la superficie de la pala. El panel 670 se adhiere adhesivamente a la pala llenando la cavidad de pegamento con un adhesivo y dejando que el adhesivo se cure o endurezca.

35 La figura 17 muestra una realización alternativa de un panel 770 de borde de salida dentado, que está provisto de tres partes de unión, comprendiendo cada una un alojamiento flexible 780 y formando una cavidad de pegamento 681 entre el panel 770 y la superficie de la pala. Las tres partes adjuntas pueden, visto en una vista superior, estar dispuestas en un triángulo.

40 En las realizaciones anteriores, el alojamiento flexible se describe como un elemento prefabricado. Sin embargo, la parte de unión o el alojamiento flexible está hecha/o de una cinta adhesiva doble o similar. A continuación, tales realizaciones se ejemplifican para la unión de un panel de borde de salida dentado. Sin embargo, El alojamiento flexible hecho de cinta adhesiva doble se puede usar para cualquier dispositivo montado en superficie, tal como dispositivos deflectores o similares.

45 La figura 18 muestra una vista superior de una primera realización de un panel 870 de borde de salida dentado, donde el alojamiento flexible 880 de una parte de unión está hecho de cinta adhesiva doble. La cinta adhesiva doble se puede aplicar a la superficie de la pala de la turbina eólica (no se muestra) como partes separadas 880a, 880b, 880c, 880d, las cuales están dispuestas de manera que formen una parte circunferencial. Una vez que el panel 870 de borde de salida dentado se coloca encima de la cinta adhesiva doble, una cavidad 881 se forma entre la superficie de la pala de la turbina eólica, la cinta adhesiva doble y el panel 870 del borde de salida dentado. El adhesivo líquido se puede inyectar en la cavidad 881, por ejemplo, a través de un orificio 879 en el panel 879 del borde de salida dentado, y el adhesivo se propaga (ilustrado con líneas de contorno 893) a través de la cavidad 881.

50 Las partes de la cinta adhesiva doble 880a, 880b, 880c, 880d pueden disponerse de modo que se proporcione una pequeña abertura 888 en la parte circunferencial, de modo que pueda proporcionarse una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salirse del agujero, La inyección del adhesivo

se puede detener.

5 La figura 19 muestra una vista superior de una segunda realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de unión está hecha de cinta adhesiva doble. La cinta adhesiva doble se puede aplicar a la superficie de la pala de la turbina eólica (no se muestra) como partes separadas 980a, 980b, 980c, 980d, las cuales están dispuestas de manera que formen una parte circunferencial. Una vez que el panel 970 de borde de salida dentado se coloca encima de la cinta adhesiva doble, una cavidad 981 se forma entre la superficie de la pala de la turbina eólica, la cinta adhesiva doble y el panel 970 del borde de salida dentado. Las partes de cinta adhesiva doble 980a, 980b, 980c, 980d están dispuestas de manera que se proporciona una abertura 979 en la parte circunferencial. El adhesivo líquido puede inyectarse luego a través de dicha abertura 979 ilustrada con líneas de contorno 993.

10 El adhesivo líquido se puede inyectar en la cavidad 881, por ejemplo, a través de un orificio 879 en el panel 879 del borde de salida dentado, y el adhesivo se propaga (ilustrado con líneas de contorno 893) a través de la cavidad 881.

15 Las partes de la cinta adhesiva doble 980a, 980b, 980c, 980d puede disponerse adicionalmente de manera que se proporcione una segunda abertura pequeña 988 en un lado opuesto de la parte circunferencial, de modo que pueda proporcionarse una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salirse del agujero, La inyección del adhesivo se puede detener.

En una realización ventajosa, La cinta adhesiva doble comprende una capa de material compresible. Esto proporciona un alojamiento viscoelástico. El material compresible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un espesor de al menos 0,5 mm y, preferentemente, de al menos 1 mm. En consecuencia, se puede proporcionar una cavidad que tiene una altura de, por ejemplo, 1 mm a 5 mm.

20 Las figuras 20-23 ilustran varias etapas en otra realización para unir dispositivos montados en superficie, tales como partes del deflector, a la superficie de una pala de turbina eólica. Si bien, de acuerdo con la invención, no es estrictamente necesario retirar el *gelcoat* para proporcionar una unión adecuada para las partes de unión, esto puede, en algunas circunstancias, mejorar la fijación. En una primera etapa mostrada en la figura 20, un área 1065 en la superficie de la pala puede prepararse para la disposición y el montaje de dispositivos montados en superficie. Esto puede llevarse a cabo retirando el *gelcoat* en el área 1065. Como alternativa, el alojamiento de la pala puede fabricarse con un área vacía de *gelcoat*.

25

En una etapa posterior ilustrada en la figura 21, una plantilla para taladrar agujeros de alineación 1067 está dispuesta en el área 1065 preparada para la disposición de los dispositivos montados en superficie.

30 En una etapa posterior ilustrada en la figura 22, una pluralidad de parches 1068 están alineados en la parte superior de los agujeros de alineación 1067. Los parches 1068 pueden estar provistos de un pasador para su disposición en los agujeros de alineación. Los parches 1068 se pueden disponer mediante el uso de una herramienta especial, que ha prealineado la orientación de los parches 1068.

35 En una etapa posterior, no ilustrada, se aplica un *gelcoat* al área preparada 1065 y encima de los parches 1068. Después de que el *gelcoat* haya curado, los parches 1068 pueden retirarse, dejando así una pluralidad de áreas sin *gelcoat* en la superficie de la pala de la turbina eólica.

En una etapa posterior, no ilustrada, los dispositivos montados en superficie están dispuestos de tal manera que el alojamiento flexible y la parte de unión están dispuestos en la parte superior de las áreas libres de *gelcoat* 1068.

40 La parte de unión de los dispositivos montados en superficie puede fijarse mecánicamente a la superficie de la pala mediante el uso de un tornillo unido a través de la parte de unión y se atornilla en los agujeros de alineación 1067 en la superficie de la pala.

45 Tal realización se muestra en la figura 23, en donde un número de referencia similar se refiere a partes similares de las realizaciones mostradas en las figuras 6a y 6b. Por lo tanto, solo se describe la diferencia entre la realización de la figura 23 y la figura 6a. La realización difiere en tener un orificio 1087 para un tornillo, y la parte de unión está unida preliminarmente a la superficie de la pala a través de un tornillo (no mostrado) insertado a través del orificio 1087 y atornillado en los agujeros de alineación 1067 formados en la superficie de la pala. Los agujeros de alineación, por ejemplo, tienen una profundidad de 20 mm.

Después de que el adhesivo se haya inyectado en la cavidad 1081 y se haya curado, el tornillo puede retirarse. El agujero restante se puede llenar con un sellante.

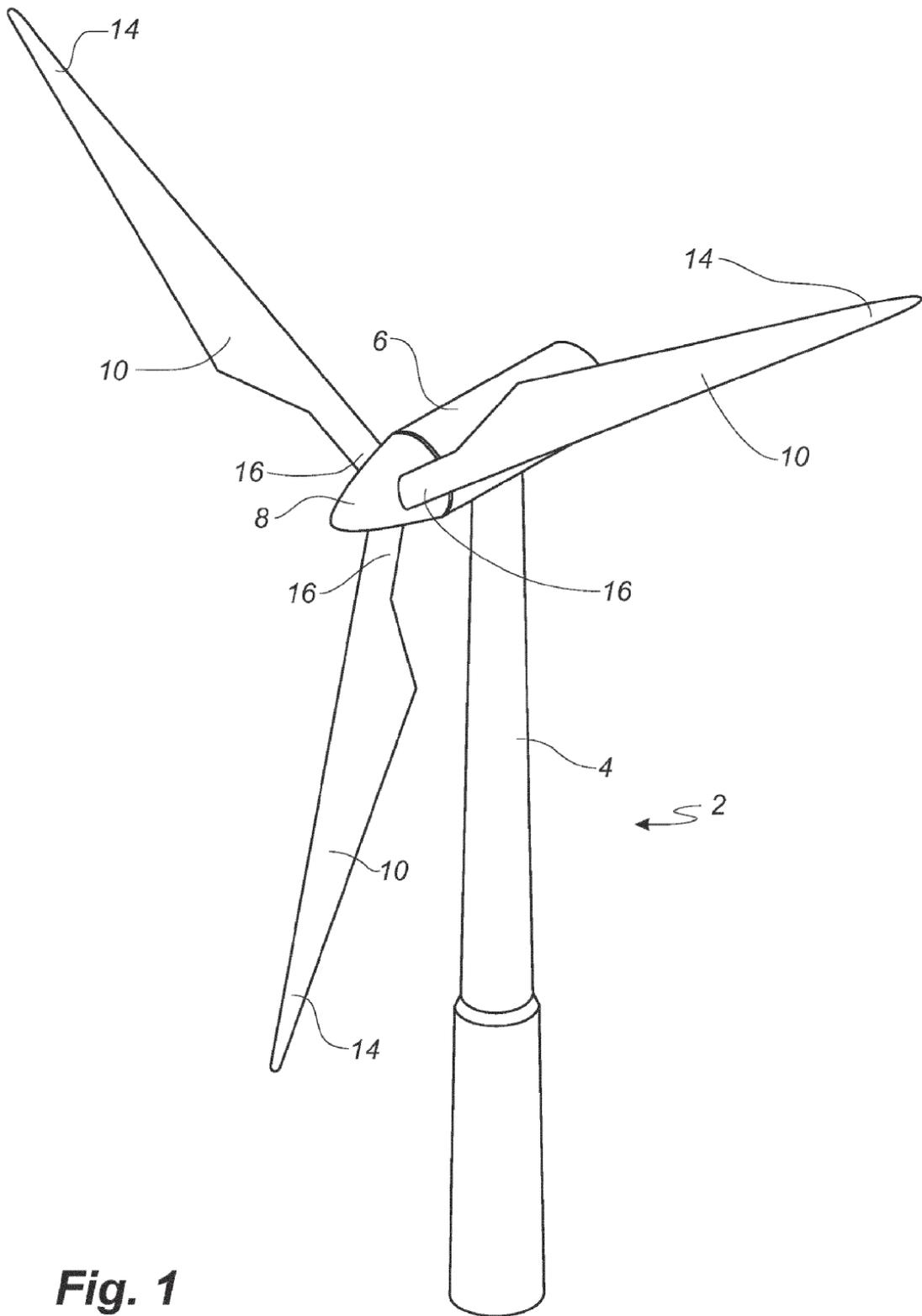
50 La invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferentes. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a la realización ilustrada, y se pueden llevar a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

Lista de números de referencia

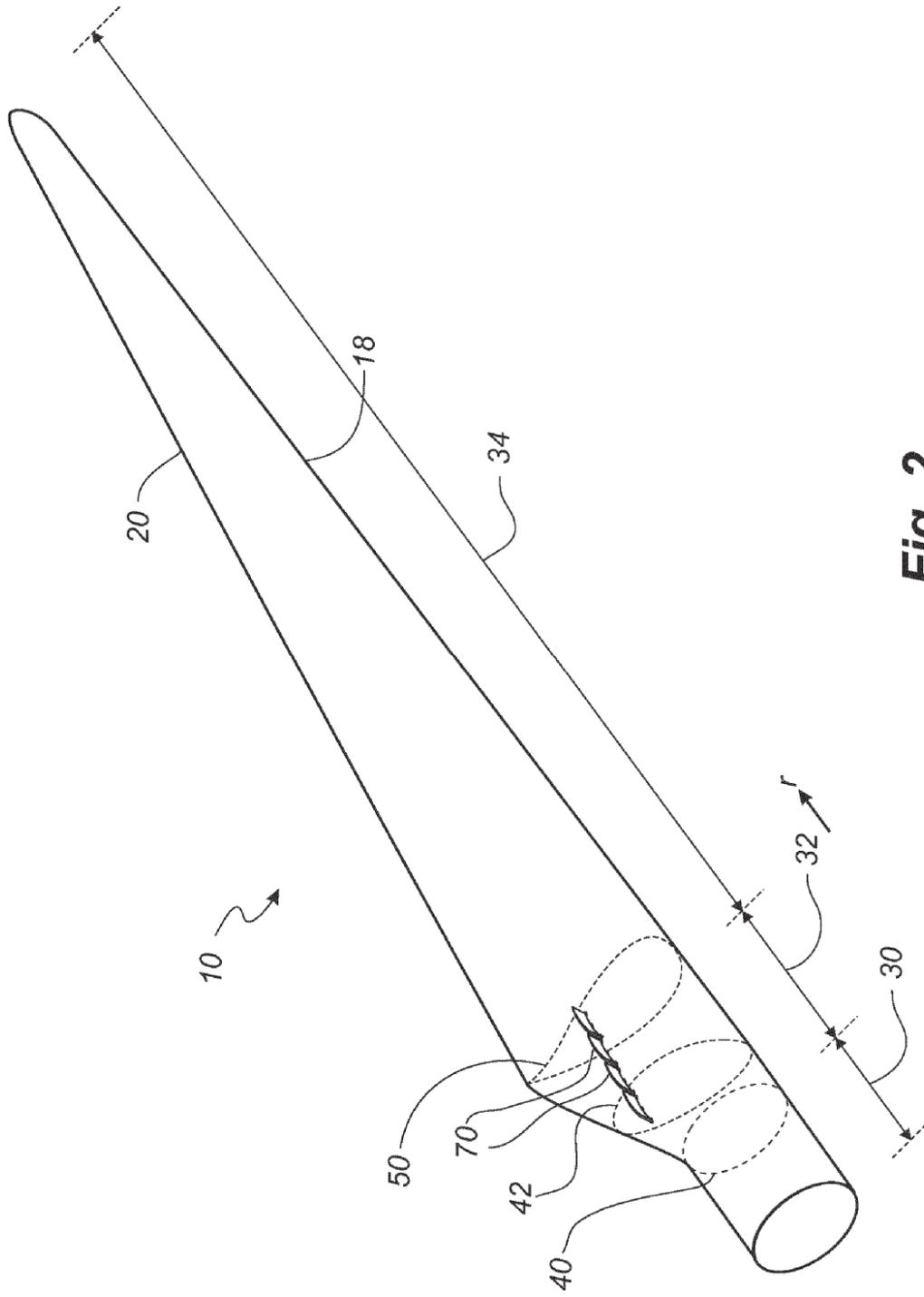
2	turbina eólica
4	torre
6	góndola
8	buje
10, 610	pala
14	punta de la pala
16	raíz de la pala
18	borde de ataque
20	borde de salida
22	eje de cabeceo
30	región de raíz
32	región de transición
34	región de superficie aerodinámica
36	carcasa lateral de presión
38	carcasa lateral de succión
40, 42, 50	contorno perfilado
52	lado de presión
54	lado de succión
56	borde de ataque
58	borde de salida
60	cuerda
62	línea de curvatura/línea media
1065	área preparada para el montaje de dispositivos montados en superficie
1067	plantilla para agujeros de alineación
1068	almohadillas/áreas libres de <i>gelcoat</i>
70, 70', 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770, 870, 970, 1070	dispositivo montado en superficie/dispositivo de guía de flujo
71, 71', 1071	elemento en forma de placa
72	superficie frontal
73	superficie posterior
74	parte proximal/inferior del dispositivo montado en superficie
75	parte distal/superior del dispositivo montado en superficie
76	estructura de rejilla/costilla
77, 77'	parte de unión
78	agarre
79, 79', 879, 979, 1079	orificio/agujero/abertura
80, 80', 680, 780, 880, 980, 1080,	alojamiento flexible
81, 81', 681, 781, 881, 981, 1081	cavidad del pegamento
82, 82', 182, 1082	labio circunferencial
83, 83', 1083	rebaje
84, 184	superficie de unión
85, 185	cinta adhesiva doble
86, 186	revestimiento
1087	orificio para tornillo
88	orificio/agujero de ventilación
91	depósito
893, 993	parte frontal de propagación
92	adhesivo
95	grupo de dispositivos de guía de flujo
196, 296	elementos intermedios
<i>c</i>	longitud de cuerda
<i>dt</i>	posición de espesor máximo
<i>df</i>	posición de máxima curvatura
<i>dp</i>	Posición de máxima curvatura de lado de presión
<i>f</i>	curvatura
<i>r</i>	radio local, distancia radial desde la raíz de la pala
<i>t</i>	espesor

**REIVINDICACIONES**

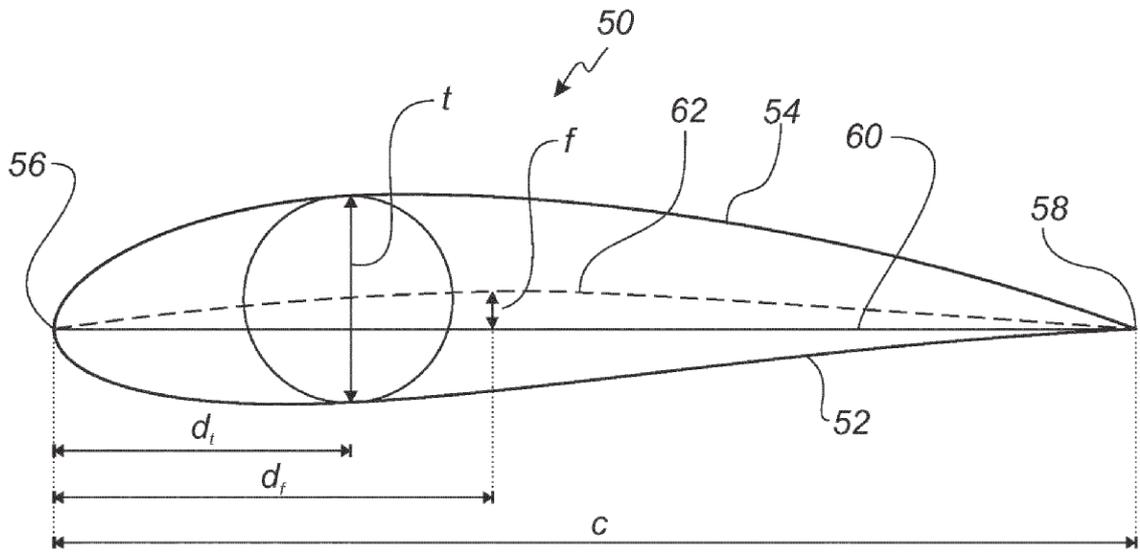
1. Una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde donde se extiende la pala de la turbina eólica sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, teniendo la pala de la turbina eólica una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, comprendiendo además la pala de turbina eólica:
- 5
- un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde
- 10
- un dispositivo montado en superficie está unido a una superficie de la pala de la turbina eólica, en donde
  - el dispositivo montado en superficie está unido a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de al menos una primera parte de unión, que está conectada a una parte del dispositivo montado en superficie, **caracterizada por que**
- 15
- la parte de unión comprende una parte circunferencial hecha de una cinta adhesiva doble que forma una cavidad entre al menos el alojamiento, la superficie de la pala de la turbina eólica, y una parte del dispositivo montado en la superficie, y en donde
  - la cavidad se llena con un adhesivo que proporciona una fijación adhesiva a la superficie de la pala de la turbina eólica.
2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la cinta adhesiva doble comprende una capa de material compresible.
- 20
3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el material compresible es una capa de células de espuma, como espuma acrílica.
4. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la cinta adhesiva doble tiene un espesor de al menos 0,5 mm, y preferentemente, al menos 1 mm.
5. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la cinta adhesiva tiene un espesor de máximo 10 mm, o máximo 7 mm, o máximo 5 mm.
- 25
6. Un método para conectar un dispositivo montado en superficie a la superficie de una pala de turbina eólica, en donde la pala de la turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en donde la pala de la turbina eólica comprende además un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando impacta en este un flujo de aire incidente, una sustentación, en donde el método comprende las etapas de:
- 30
- a) proporcionar la pala de la turbina eólica,
  - b) colocar una cinta adhesiva doble en la superficie de la pala de la turbina eólica para formar una parte circunferencial de una parte de unión
- 35
- c) disponer un dispositivo para montarse en la superficie de la pala en la cinta adhesiva doble de modo que se forme una cavidad de una parte de unión entre al menos la cinta adhesiva doble, la superficie de la pala de la turbina eólica y una parte del dispositivo,
  - d) inyectar un adhesivo o resina en la cavidad, y
  - e) curar o endurecer el adhesivo o la resina para que el dispositivo se una a la superficie de la pala de la turbina eólica a través de una unión adhesiva.
- 40



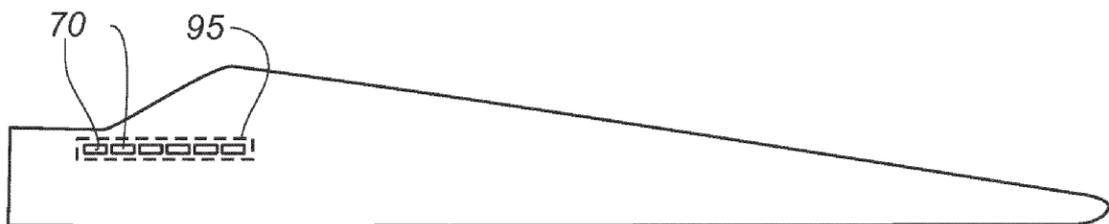
**Fig. 1**



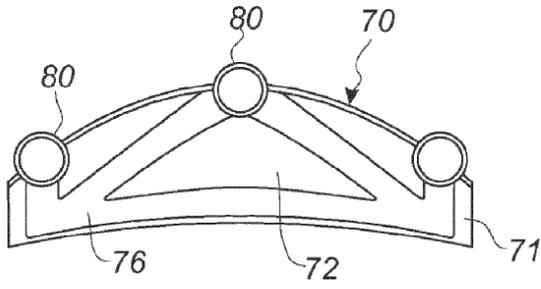
**Fig. 2**



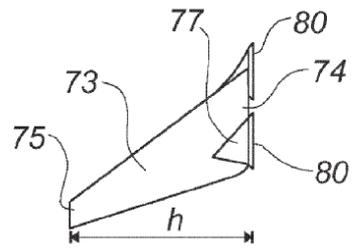
**Fig. 3**



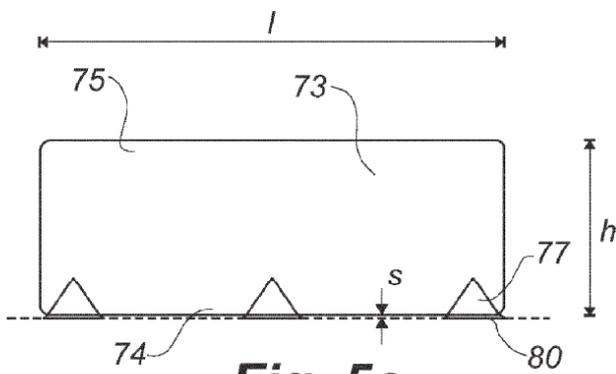
**Fig. 4**



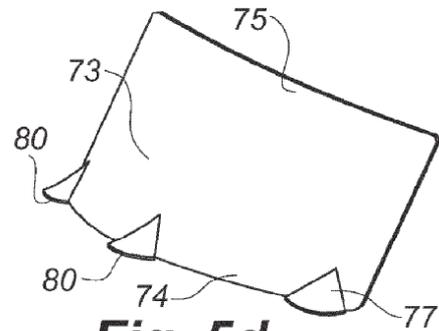
**Fig. 5a**



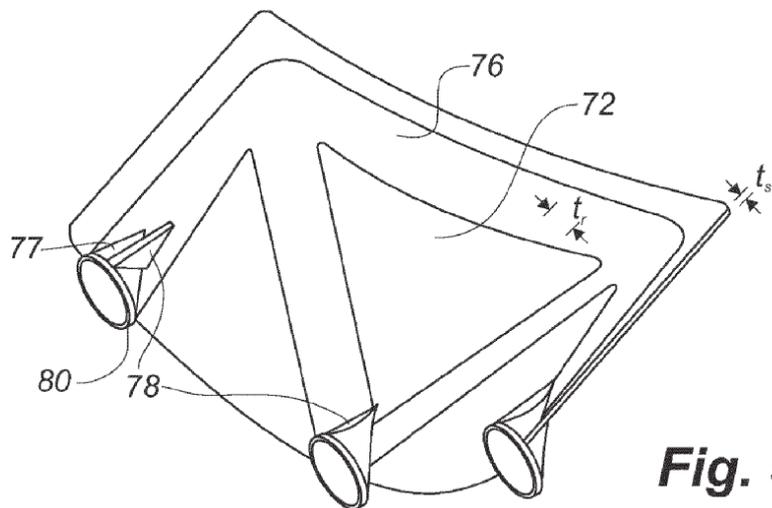
**Fig. 5b**



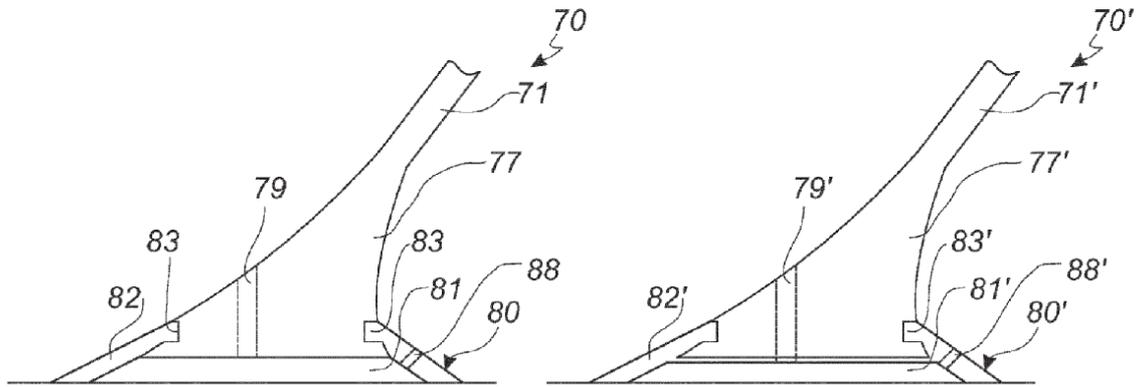
**Fig. 5c**



**Fig. 5d**

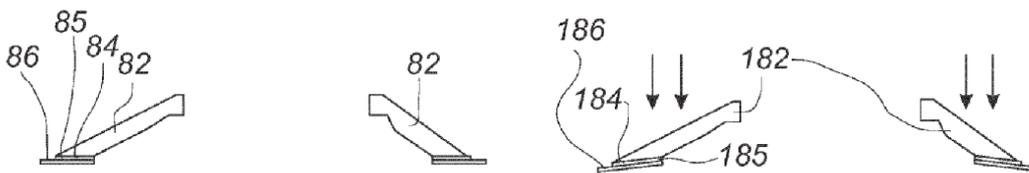


**Fig. 5e**



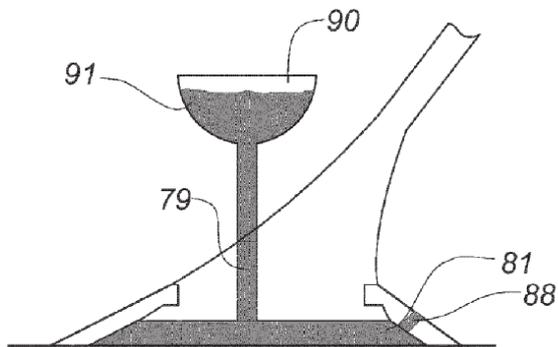
**Fig. 6a**

**Fig. 6b**

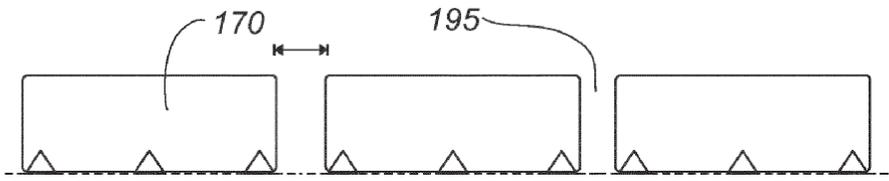


**Fig. 7a**

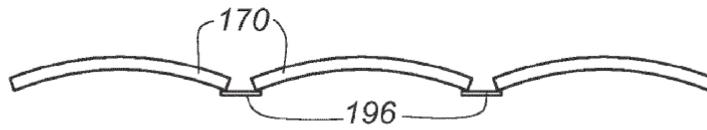
**Fig. 7b**



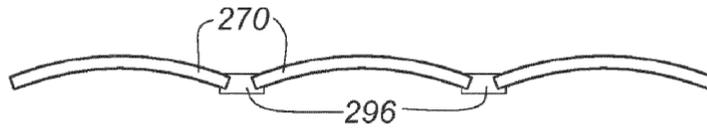
**Fig. 8**



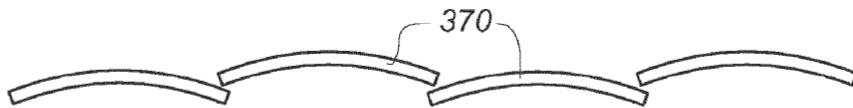
**Fig. 9**



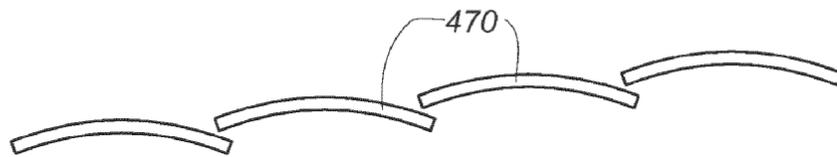
**Fig. 10**



**Fig. 11**



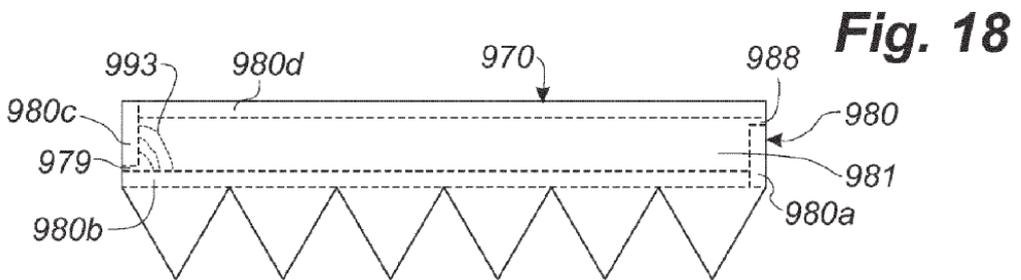
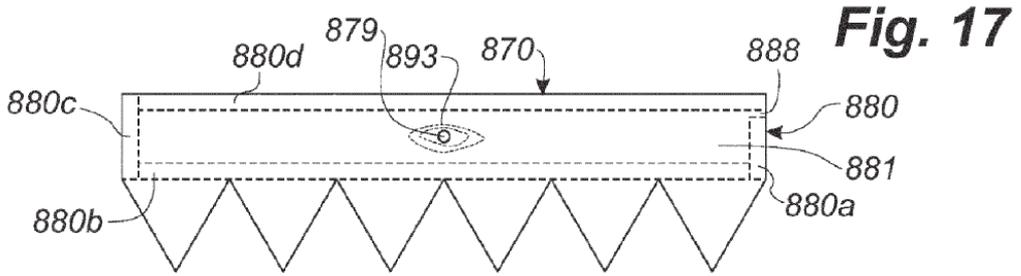
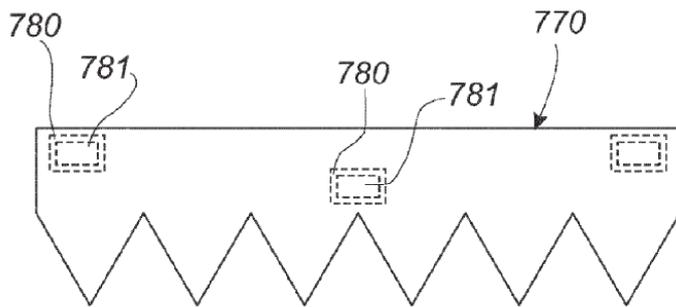
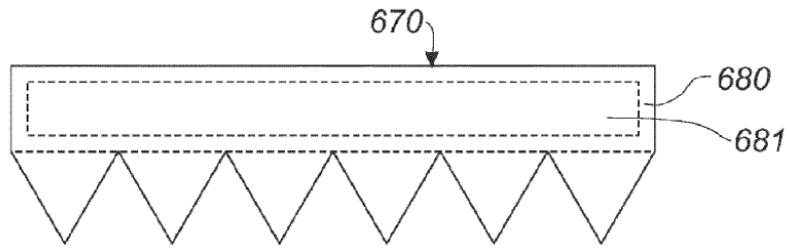
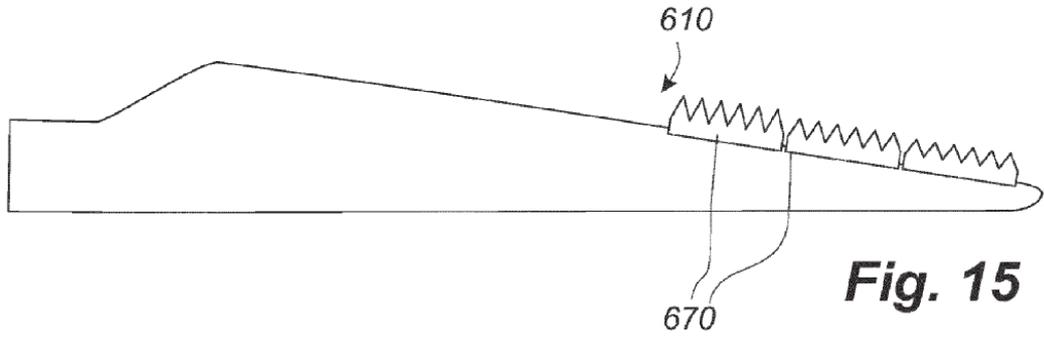
**Fig. 12**

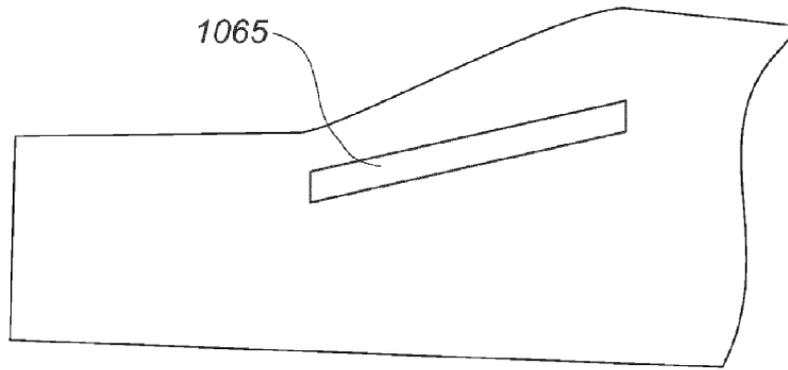


**Fig. 13**

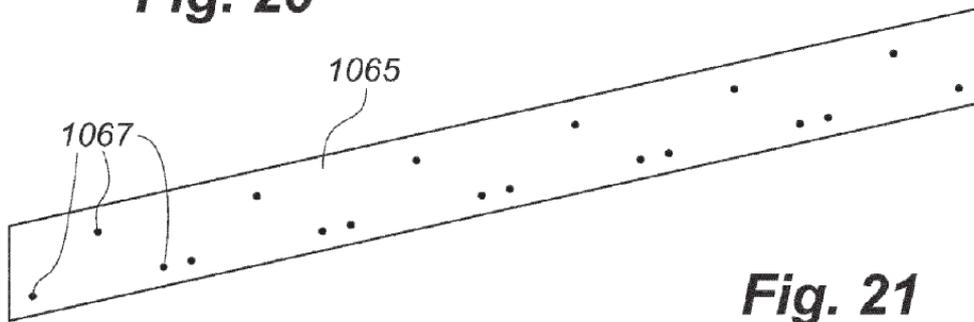


**Fig. 14**

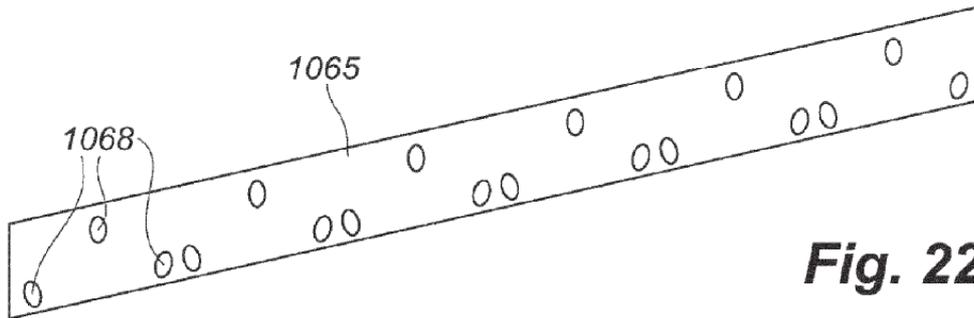




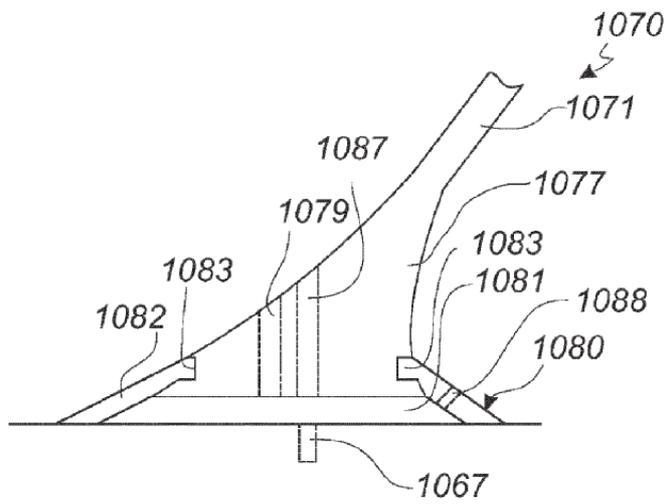
**Fig. 20**



**Fig. 21**



**Fig. 22**



**Fig. 23**