

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 884 114**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 19158986 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.05.2021 EP 3514371**

54 Título: **Pala de turbina eólica provista de dispositivo montado en la 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:
10.12.2021

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:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 884 114 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 dispositivo montado en la superficie

5 **Campo técnico**

[0001] La invención se refiere a una pala de turbina eólica provista de un dispositivo montado en la superficie y a un procedimiento para fijar un dispositivo a la superficie de una pala de turbina eólica.

10 **Técnica anterior**

[0002] Idealmente, una pala de turbina eólica del tipo de perfil alar tiene una forma similar al perfil de un ala de avión, donde el ancho del plano de cuerda de la pala así como la primera derivada del mismo aumentan continuamente al disminuir la distancia desde el buje. Esto da como resultado que la pala sea idealmente comparativamente ancha en las proximidades del buje. De nuevo, esto da lugar a problemas al tener que montar la pala en el buje y, además, provoca grandes cargas durante el uso de la pala, como cargas de tormenta, debido a la gran área superficial de la pala.

[0003] Por lo tanto, a lo largo de los años, la construcción de las palas se ha desarrollado hacia una forma en la que la pala consiste en una región de raíz más cercana al buje, una región de perfil alar que comprende un perfil generador de sustentación más alejado del buje y una región de transición entre la región de raíz y la región de perfil alar. La región de perfil alar tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce las cargas de tormenta y hace más fácil y más seguro 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, la reduce un poco debido a la resistencia. 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 alar de la región del perfil alar. Típicamente, la anchura de la pala en la región de transición aumenta sustancialmente de forma lineal al aumentar la distancia desde el buje.

[0004] Como, por ejemplo, las palas de las turbinas eólicas se han vuelto cada vez más grandes con el paso del tiempo, y ahora pueden tener más de 60 metros de largo, la demanda de un rendimiento aerodinámico optimizado ha aumentado. Las palas de las turbinas eólicas están diseñadas para tener una vida útil operacional de al menos 20 años. Por lo tanto, incluso pequeños cambios en el rendimiento general de la pala pueden acumularse a lo largo de la vida útil de una pala de turbina eólica hasta alcanzar un alto aumento en las ganancias financieras, que supera los costes de fabricación adicionales relacionados con tales cambios. Durante muchos años, las áreas de enfoque de la investigación se han dirigido a mejorar la región del perfil alar de la pala, pero durante los últimos años, se ha prestado cada vez más atención a mejorar también el rendimiento aerodinámico de las regiones de raíz y transición de la pala.

[0005] El documento WO2007/065434 divulga una pala en la que la región de raíz está provista de muescas y/o salientes para disminuir la resistencia de esta parte de la pala.

[0006] El documento WO2007/045244 divulga una pala, en la que la región de raíz y la región de transición están diseñadas para tener al menos dos perfiles alares separados para aumentar la sustentación de estas regiones.

[0007] El documento WO0208600 divulga una turbina eólica, donde el rendimiento de la turbina eólica aumenta al proporcionar a la sección de raíz de una turbina eólica un elemento que está diseñado de tal manera que el conjunto que consiste en el elemento y la sección de raíz puede absorber energía eólica y aumenta la eficiencia global de la turbina eólica.

[0008] El documento WO2007/118581 divulga una pala, en la que la parte interior de la pala está provista de un dispositivo de guiado de flujo en el lado de presión de la pala para aumentar el rendimiento aerodinámico de la pala aumentando la sustentación. Sin embargo, el diseño propuesto es muy rígido debido a la sección transversal de forma triangular y, en consecuencia, el dispositivo de guiado de flujo tiene tendencia a separarse de la superficie de la pala, cuando la pala se dobla.

[0009] El documento WO2011/042527 divulga una pala de turbina eólica provista de una pluralidad de partes de dispositivo de guiado de flujo fijadas al lado de presión de la pala. Las partes de guiado de flujo que se extienden longitudinalmente se agrupan para formar un primer grupo de dispositivos de guiado de flujo en la región de transición de la pala. La construcción modular del dispositivo de guiado de flujo hace que la construcción sea más flexible y reduce las fuerzas de desprendimiento en los extremos de las partes del dispositivo de guiado de flujo. Sin embargo, las partes del dispositivo de guiado de flujo están diseñadas con una parte de base y un elemento en forma de placa que sobresale, y las cargas todavía se transfieren en gran medida al elemento en forma de placa cuando la pala se dobla.

[0010] Además, los procedimientos del estado de la técnica para fijar dispositivos a la superficie de una pala de turbina eólica son tediosos y complicados. Las técnicas previas de fijación de superficies han requerido esmerilado del gelcoat, para mostrar el material de fibra, para la unión, aplicación de adhesivo, posicionamiento del dispositivo, eliminación del exceso de adhesivo y, finalmente, tratamiento posterior, como pintura, para fines visuales de la superficie, lo que implica una gran cantidad de pasos y herramientas para llevar a cabo el procedimiento.

[0011] Otros dispositivos montados en la superficie se conocen, por ejemplo, por el documento EP2484897 A1.

Breve explicación de la invención

[0012] Es un objetivo de la invención obtener una nueva pala y un procedimiento de fijación de dispositivos a la superficie de una pala de turbina eólica, y que superen o mejoren al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcionen una alternativa útil.

[0013] De acuerdo con un primer aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el cual la pala de turbina eólica se extiende 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 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en la que un dispositivo montado en la superficie está fijado a una superficie de la pala de turbina eólica, en la que el dispositivo montado en la superficie está fijado a la superficie de la pala de turbina eólica a través de al menos una primera parte de fijación, que está conectada a una parte del dispositivo montado en la superficie. La parte de fijación comprende una carcasa flexible que forma una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica, y la cavidad se rellena con un adhesivo que proporciona una unión adhesiva a la superficie de la pala de turbina eólica.

[0014] De manera equivalente, el primer aspecto de la invención proporciona un dispositivo de guiado 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 fijación, en el que la parte de fijación comprende una carcasa flexible que está adaptada para formar una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica, estando adaptada la cavidad para ser rellena con un adhesivo que proporciona una unión adhesiva a la superficie de la pala de turbina eólica.

[0015] Esto proporciona un modo de realización particularmente ventajoso con una fijación relativamente discreta o blanda a la superficie de la pala, de modo que las cargas de la pala, por ejemplo, por la flexión de la pala o la ovalización de la concha de la pala, no se transfieren al propio dispositivo montado en la superficie. Por tanto, la fijación en partes separadas del dispositivo montado en la superficie proporciona un modo de realización, que es menos probable que se dañe o se desprenda de la superficie de la pala. Además, la parte de fijación con una cavidad de pegamento también proporciona un procedimiento sencillo particular para fijar el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala. Dado que la carcasa de la parte de fijación es flexible, la parte de fijación puede adaptarse a la curvatura de la superficie de la pala, por ejemplo, aplicando presión a la parte de fijación. De ese modo, la fijación proporciona un procedimiento sencillo para fijar los complementos a la superficie de la pala sin la necesidad de accesorios ni una preparación prolongada de la superficie de la pala. En consecuencia, un trabajador puede fijar más rápidamente el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala.

[0016] El adhesivo es preferentemente un adhesivo endurecido o curado.

[0017] Está claro que el dispositivo montado en la superficie se fija preferentemente a una superficie externa de la pala de turbina eólica. Sin embargo, también puede ser una superficie interna de la pala de turbina eólica.

[0018] Se ve que la carcasa de la parte de fijación forma un moldeador de pegamento o una zapata de pegamento, que puede usarse para fijar complementos a la superficie de la pala. La carcasa o la parte de fijación pueden estar provistas de espaciadores de pegamento, por ejemplo, formados como protuberancias que se extienden desde el techo de la cavidad para asegurar un grosor controlado de la unión adhesiva.

[0019] La cavidad de pegamento puede formarse entre la carcasa flexible, la superficie de la pala de turbina eólica y una parte del dispositivo montado en la superficie. También se puede proporcionar como un casquillo separado para montar atornillando el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala.

[0020] La parte de fijación está conectada preferentemente a una parte proximal del dispositivo montado en la superficie. La parte proximal del dispositivo montado en la superficie es la parte que está ubicada más cerca de la superficie de la pala y, por así decirlo, está fijada a la superficie de la pala. Sin embargo, al utilizar las partes de fijación, está claro que puede haber un espacio entre la parte proximal del dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala.

[0021] El adhesivo puede ser, por ejemplo, a base de PU, epoxi o MMA.

[0022] Está claro que el dispositivo montado en la superficie también comprende una parte distal, que es la parte más alejada de la superficie de la pala y la parte de fijación.

[0023] 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 eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el cual la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje, la pala de turbina eólica tiene 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en la que un dispositivo montado en la superficie está fijado a una superficie de la pala de turbina eólica, caracterizada por que el dispositivo montado en la superficie está fijado a la superficie de la pala de turbina eólica por medio de tres partes de fijación, que están conectadas a las partes del dispositivo montado en la superficie y que fijan el dispositivo montado en la superficie en tres áreas separadas en la superficie de la pala, donde las tres áreas separadas cuando se ven en una vista superior están dispuestas en un triángulo.

[0024] De manera equivalente, el segundo aspecto proporciona un dispositivo de guiado de flujo, que está adaptado para fijarse a la superficie de una pala de turbina eólica, por medio de tres partes de fijación, que están conectadas a partes del dispositivo montado en la superficie y que están adaptadas para fijar el dispositivo montado en la superficie a tres áreas separadas en la superficie de la pala, donde las tres partes de fijación cuando se ven en una vista superior están dispuestas en un triángulo.

[0025] Esto proporciona una forma particularmente sencilla de fijar complementos a la superficie de una pala de turbina eólica, ya que la fijación 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 fijación, tres partes de fijación en línea o una gran superficie de unión a lo largo de toda la extensión del dispositivo, donde puede ser difícil dejar que todas (o la totalidad de) las partes de fijación entren en contacto con la pala. De ese modo, la fijación proporciona un procedimiento sencillo para fijar los complementos a la superficie de la pala sin la necesidad de accesorios y una preparación prolongada de la superficie de la pala. En consecuencia, un trabajador puede fijar más rápidamente el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala.

[0026] 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 eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el cual la pala de turbina eólica se extiende 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, 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en la que un dispositivo montado en la superficie está fijado a una superficie de la pala de turbina eólica, en el que el dispositivo montado en la superficie en una dirección longitudinal es curvado, caracterizada por que un radio de curvatura longitudinal del dispositivo montado en la superficie varía desde una parte proximal del dispositivo montado en la superficie hasta una parte distal del dispositivo montado en la superficie. De manera equivalente, el tercer aspecto de la invención proporciona un dispositivo de guiado de flujo, que está adaptado para ser fijado a la superficie de una pala de turbina eólica, en el que el dispositivo de guiado de flujo está curvado en una dirección longitudinal del dispositivo, y en el que un radio longitudinal de la curvatura del dispositivo varía desde una parte proximal del dispositivo hasta una parte distal del dispositivo.

[0027] Al variar el radio de curvatura del dispositivo montado en la 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 al propio dispositivo.

[0028] El primer, segundo y tercer aspecto se pueden combinar de cualquier forma. A continuación se describe una serie de modos de realización, que son aplicables a los tres aspectos y, en particular, modos de realización que combinan los tres aspectos.

[0029] De acuerdo con la invención, la carcasa flexible está fabricada de un primer material y el dispositivo montado en la superficie está fabricado de un segundo material, en el que la dureza del primer material es menor que la dureza del segundo material. De forma alternativa, el primer material es más blando que el segundo material. En general, la carcasa debe ser más flexible que el dispositivo montado en la superficie.

[0030] La carcasa flexible puede estar fabricada, por ejemplo, de un material elastomérico. Además, la carcasa es preferentemente de paredes relativamente delgadas.

[0031] De acuerdo con un modo de realización ventajoso, la parte de fijación se estrecha desde una parte proximal hasta una parte distal de la parte de fijación, por ejemplo, tiene forma de campana, forma cónica o forma troncocónica. En consecuencia, la parte de fijación tiene una forma de modo que tenga un área de superficie más grande en una parte proximal a la superficie de la pala que en una parte distal a la parte de la pala, por lo que la parte de fijación evita un efecto de muesca en la superficie de la pala y en su lugar proporciona una transición gradual de cargas transferidas desde la pala hasta el dispositivo montado en la superficie. Preferentemente, la parte de fijación también está ahusada vista en una vista lateral de modo que la altura de la parte de fijación se acerque a cero y proporcione un efecto de muesca mínimo.

[0032] La parte de fijación está formada ventajosamente de modo que una sección transversal de la vista superior del dispositivo de fijación sea sustancialmente circular. De acuerdo con otro modo de realización ventajoso, la parte de fijación es sustancialmente ovalada.

[0033] En consecuencia, el dispositivo de fijación puede tener una forma similar a una ventosa flexible, que se adapta a 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 cura.

[0034] Ventajosamente, la carcasa de la parte de fijación puede estar fabricada de caucho o poliuretano u otro material polimérico adecuado.

[0035] En otro modo de realización ventajoso, la parte de fijación se conecta al dispositivo montado en la superficie por medio de una unión adhesiva o se moldea sobre el dispositivo montado en la superficie. En consecuencia, la parte de fijación se puede pegar sobre el dispositivo montado en la superficie. También es posible moldear la parte de fijación sobre el dispositivo montado en la superficie por medio de, por ejemplo, moldeo por inyección.

[0036] El dispositivo montado en la superficie o la parte de fijación también pueden estar provisto de una empuñadura o similar, lo que puede facilitar un manejo más fácil para un trabajador que fija el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala al permitir que el trabajador presione más fácilmente la carcasa flexible contra la superficie de la pala. Esto es especialmente ventajoso si el dispositivo se monta *in situ* en el terreno.

[0037] En un modo de realización ventajoso, el dispositivo montado en la superficie puede estar fabricado de un material polimérico, como poliuretano, opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, como fibras de vidrio o fibras de carbono.

[0038] En un modo de realización particularmente ventajoso, el dispositivo montado en la superficie está fabricado de un material de poliuretano (PUR), opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, y la parte de fijación también está fabricada de un material de poliuretano (PUR). En consecuencia, se garantiza que la parte de fijación y el dispositivo sean compatibles y proporcionen una conexión sólida. Las dos partes pueden formarse integralmente, o las partes pueden, por ejemplo, moldearse por inyección en dos pasos. Utilizando material PUR, es, además, bastante sencillo variar la dureza y rigidez de las partes, por lo que la parte de fijación puede fabricarse relativamente flexible y el dispositivo montado en la superficie puede fabricarse más rígido. Se puede lograr un efecto similar fabricando el dispositivo de fijación y/o el dispositivo montado en la superficie en un material termoplástico, que es particularmente pertinente para la fabricación de grandes volúmenes. De acuerdo con un modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie no está reforzado con fibra. Por tanto, el dispositivo puede estar fabricado, por ejemplo, de PUR u otro material polimérico solamente, lo que proporciona un dispositivo que es más sencillo y económico de fabricar.

[0039] En un modo de realización ventajoso, la parte de fijación comprende un borde circunferencial de fijación a la superficie de la pala de turbina eólica. El borde circunferencial forma así la parte inferior o proximal del dispositivo de fijación y la cavidad de pegamento formada entre la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica.

[0040] El borde circunferencial puede tener una superficie de fijación sustancialmente plana para montar en la pala. De forma alternativa, el borde circunferencial puede tener una superficie de fijación inclinada de modo que la superficie de fijación se acomode a la superficie de la pala de turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de turbina eólica.

[0041] El borde circunferencial puede estar provisto de un adhesivo, tal como una cinta adhesiva, por ejemplo, una cinta adhesiva doble sensible a la presión, para proporcionar una fijación preliminar a la superficie de la pala. Por tanto, el adhesivo proporciona un sellado a la superficie de la pala y proporciona la cavidad de pegamento, que luego se llena con un adhesivo y se endurece o cura. La cinta puede estar provista de un recubrimiento, que se retira después de que la carcasa flexible se haya ajustado previamente a la superficie de la pala. En otro modo de realización, se proporciona una fijación preliminar atornillando o remachando la parte de fijación en la superficie de la pala como fijación durante el proceso de llenado por adhesión.

[0042] De acuerdo con un modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie es un dispositivo de guiado de flujo, tal como un dispositivo deflector o un flap de Gurney. De este 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.

[0043] De acuerdo con otro modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie comprende un elemento en forma de placa, que sobresale de la superficie de la pala de turbina eólica. En lo que sigue, cuando se hace referencia al dispositivo montado en la superficie, esto puede ser una referencia al elemento en forma de placa del dispositivo montado en la superficie.

[0044] El dispositivo montado en la 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 la 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 la 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.

[0045] De acuerdo con otro modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie está dispuesto en el lado de presión de la pala. El dispositivo montado en la superficie, por ejemplo, un dispositivo de guiado de flujo, puede colocarse, por ejemplo, en el borde de salida y formar un flap de Gurney. Sin embargo, de acuerdo con un modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie es un dispositivo deflector, que está dispuesto a una distancia del borde de salida de la pala, por ejemplo, en una posición entre una posición de grosor máximo del perfil de la pala y el borde de salida de la pala. En consecuencia, el dispositivo montado en la superficie puede estar dispuesto para generar una separación del flujo de aire del lado de presión de la pala en un punto entre el dispositivo montado en la superficie y el borde de salida de la pala, cuando la pala es impactada por el flujo de aire incidente. En consecuencia, el dispositivo montado en la superficie o el dispositivo de guiado de flujo facilita la acumulación de presión entre el dispositivo y el borde de salida y, por lo tanto, aumenta la sustentación.

[0046] En un modo de realización ventajoso, el dispositivo montado en la superficie está curvado en una dirección longitudinal del dispositivo. Un diseño de este tipo tiene la ventaja de que el dispositivo montado en la superficie puede estirarse ligeramente en la dirección longitudinal, por ejemplo, cuando la pala se dobla o la concha de la pala se ovaliza. Está claro que es el elemento en forma de placa el que puede curvarse en la dirección longitudinal.

[0047] En un modo de realización ventajoso particular, un radio de curvatura longitudinal del dispositivo montado en la superficie varía desde una parte proximal del dispositivo montado en la superficie hasta una parte distal del dispositivo montado en la superficie. El radio de curvatura puede aumentar, por ejemplo, desde la parte proximal a la parte distal del dispositivo montado en la superficie. Esto proporciona un modo de realización sencillo, en el que la parte distal del dispositivo puede hacerse más rígida que la parte proximal. En consecuencia, la parte proximal puede adaptarse mejor a la flexión de la pala, mientras que la parte distal puede resistir mejor la presión del viento y facilitar la acumulación de presión. 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 un modo de realización alternativo, el radio de curvatura disminuye desde la parte proximal hasta la parte distal del dispositivo montado en la superficie. El dispositivo montado en la superficie puede, por ejemplo, formarse como parte de una forma troncocónica.

[0048] En un modo de realización particularmente ventajoso, el dispositivo montado en la 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, por ejemplo, estar dispuestas a lo largo de las dos partes extremas del elemento en forma de placa, y con una nervadura que se extiende a lo largo de una parte distal del elemento en forma de placa. Además, o de forma alternativa, el elemento en forma de placa puede estar provisto de nervios transversales que se extienden desde cerca de una parte distal y una parte extrema y hasta una parte proximal e intermedia del elemento en forma de placa. Esto proporciona una estructura de nervadura triangular fuerte que agrega resistencia al elemento en forma de placa. El diseño de nervadura o rejilla se puede moldear fácilmente junto con el elemento en forma de placa, en particular si el elemento en forma de placa está formado en PUR.

[0049] Ventajosamente, el elemento en forma de placa no está provisto 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 se adapte a la curvatura u ovalización de la pala. 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.

[0050] En general, se ve que la invención de acuerdo con un cuarto aspecto proporciona un dispositivo de guiado 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 los modos de realización previos. Esto proporciona la posibilidad de fabricar el elemento en forma de placa en un material polimérico sin necesidad de reforzar la estructura con fibras.

[0051] El grosor del deflector es ventajosamente de 0,5-10 mm, por ejemplo, de alrededor de 1-3 mm. El grosor de la estructura de nervadura o rejilla es ventajosamente de 5-50 mm, por ejemplo, alrededor de 15 mm. La longitud del dispositivo montado en la superficie es ventajosamente de 20-150 cm o de 25-120 cm. La altura del dispositivo montado en la superficie es ventajosamente de 3-50 cm.

[0052] La dureza de la carcasa flexible es ventajosamente de 20-75 en la escala Shore A, por ejemplo, alrededor de 55 en la escala Shore A. La dureza del dispositivo montado en la superficie es ventajosamente de 45-100 en la escala Shore D, por ejemplo, alrededor de 75 en la escala Shore D.

[0053] El borde del dispositivo de fijación tiene ventajosamente una dimensión externa máxima, tal como un diámetro externo, de 1-15 cm o de 2-10 cm. Por tanto, la parte proximal del dispositivo de fijación puede tener esta dimensión exterior máxima.

[0054] En un modo de realización, el dispositivo montado en la superficie está conectado a la parte de fijación de manera que un espacio entre una parte proximal del dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala de turbina eólica está en el intervalo de 1-20 mm, por ejemplo, alrededor de 10 mm.

[0055] El elemento en forma de placa se puede fabricar con una flexibilidad que permita que el elemento en forma de placa desvíe a altas velocidades del viento y, por lo tanto, reduzca las cargas sobre la pala.

[0056] En otro modo de realización, el dispositivo montado en la superficie puede inclinarse hacia el borde de ataque de la pala para proporcionar una oquedad entre el dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala, dicha oquedad mirando hacia el borde de ataque de la pala. Esto proporciona un dispositivo deflector, que facilita la acumulación de presión tanto delante como detrás del dispositivo deflector, aumentando así la sustentación aún más.

[0057] El dispositivo montado en la superficie (o elemento en forma de placa) está ventajosamente curvado hacia el borde de ataque de la pala, proporcionando así también la oquedad entre el dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala. Con un elemento flexible en forma de placa, este diseño también permite que el dispositivo montado en la superficie se pliegue 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 resultar ventajoso para el transporte.

[0058] El dispositivo montado en la 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 fijación. Sin embargo, en principio, el dispositivo montado en la superficie también puede sobresalir sustancialmente de forma normal a la superficie de la pala o estar inclinado hacia el borde de salida de la pala.

[0059] En un modo de realización ventajoso, la pala de turbina eólica está provista de una pluralidad de dispositivos montados en la superficie. La pluralidad de dispositivos montados en la superficie puede disponerse, por ejemplo, como partes de dispositivo de guiado de flujo que se extienden longitudinalmente, que se agrupan para formar un primer grupo de dispositivos de guiado de flujo.

[0060] La pluralidad de dispositivos montados en la superficie se puede disponer ventajosamente en extensiones longitudinales sustancialmente mutuas entre sí. En consecuencia, los dispositivos de guiado de flujo pueden disponerse yuxtapuestos con un pequeño espacio entre ellos o de modo que los extremos de los dispositivos yuxtapuestos se apoyen sustancialmente entre sí. Los dispositivos de guiado de flujo también pueden estar dispuestos superpuestos ligeramente en la dirección longitudinal.

[0061] Los dispositivos de guiado de flujo pueden disponerse con una separación longitudinal entre las partes de guiado de flujo. La separación 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 un modo de realización, el espacio entre las partes de guiado de flujo adyacentes se cierra con un cuerpo flexible, por ejemplo, fabricado de un material de caucho.

[0062] Por tanto, el primer grupo de dispositivos de guiado de flujo puede comprender partes independientes 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 guiado de flujo. Por tanto, las partes modulares tienen una menor tendencia a desprenderse de la superficie de la pala.

[0063] Extenderse longitudinalmente significa que las partes del dispositivo de guiado de flujo se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala. Por lo tanto, las partes del dispositivo suelen tener 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 raíz) y un segundo extremo longitudinal (el más cercano al extremo de la punta).

[0064] Ventajosamente, el primer lado está orientado sustancialmente hacia el borde de ataque de la pala.

[0065] Preferentemente, el dispositivo de guiado de flujo está fijado de forma permanente a la superficie de la pala de turbina eólica y no puede controlarse activamente. Por tanto, la orientación de la superficie frontal no es ajustable. Además, se reconoce que el dispositivo de guiado de flujo se utiliza para aumentar la sustentación y el rendimiento energético. Por tanto, el dispositivo de guiado de flujo se puede designar de forma alternativa como un dispositivo de gran sustentación.

[0066] Por flujo incidente se entiende las condiciones de flujo de entrada en una sección de la pala durante el uso normal de la pala, es decir, la rotación en un rotor de turbina eólica. Así, el flujo entrante es el flujo entrante formado por la resultante de la velocidad axial del viento y la componente rotacional como se ve por la sección local de la pala. Por flujo en sentido contrario se entiende el flujo que incide en el dispositivo de guiado de flujo, es decir, el flujo local en el lado de presión de la pala que se encuentra e impacta en el dispositivo de guiado de flujo.

[0067] De acuerdo con un modo de realización, las partes del dispositivo de guiado 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 turbina eólica y, por tanto, el rendimiento energético de la turbina eólica. En consecuencia, las partes del deflector no se utilizan con fines de rotura.

[0068] De acuerdo con un modo de realización ventajoso, las partes del dispositivo de guiado de flujo comprenden elementos planos o en forma de placa que sobresalen del perfil. De este modo, se proporciona un diseño particularmente sencillo de las partes del dispositivo de guiado de flujo. Además, este diseño es mucho más flexible que el diseño típico en forma de cuña, que es muy rígido. Por tanto, el diseño plano tiene una menor tendencia a tener altas cargas en las juntas, lo que en el peor de los casos puede hacer que las partes del dispositivo de guiado de flujo se desprendan de la superficie de la pala de turbina eólica.

[0069] De acuerdo con un modo de realización ventajoso, las partes del dispositivo de guiado de flujo juntas forman un primer lado sustancialmente continuo que está orientado hacia el borde de ataque de la pala, de modo que las partes del dispositivo de guiado de flujo juntas forman un dispositivo de guiado de flujo, que está dispuesto y adaptado para formar un flujo de aire separado entre el dispositivo de guiado de flujo y el borde de salida de la pala.

[0070] De acuerdo con un modo de realización ventajoso, las partes del dispositivo de guiado de flujo están conformadas de modo que tengan una superficie de entrada con un punto inicial 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 entrada y el contorno perfilado desde el punto inicial hasta el punto final. Por tanto, las partes del dispositivo de guiado de flujo pueden tener un perfil sustancialmente en forma de cuña o triangular. Sin embargo, la superficie 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 entrada y la altura de la superficie 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, del presente solicitante. De acuerdo con un modo de realización ventajoso, el dispositivo de guiado de flujo de la pala tiene una superficie frontal orientada hacia el flujo de aire que se aproxima y que tiene un punto proximal ubicado en el contorno perfilado y un punto distal ubicado a una distancia (es decir, con una separación) del contorno perfilado de la pala, en el que el contorno perfilado tiene una superficie normal en el punto proximal, y en el que la superficie frontal del dispositivo de guiado de flujo comprende al menos una primera porción, que está inclinada hacia un flujo de aire que se aproxima de modo que una línea tangente o mediana promedio a dicha primera porción forma un primer ángulo siendo la superficie normal mayor de 0 grados.

[0071] En consecuencia, la superficie frontal del dispositivo de guiado de flujo, vista desde el punto proximal, está inclinada hacia el flujo de aire que se aproxima y, por lo tanto, también hacia el borde de ataque de la pala. Por lo tanto, cuando el flujo de aire incidente impacta sobre el contorno perfilado de la pala, el dispositivo de guiado de flujo crea una bolsa de aire frente a la superficie frontal, lo que aumenta la presión local frente al dispositivo de guiado de flujo y guiado el flujo de aire alrededor del dispositivo de guiado de flujo. Además, el dispositivo de guiado de flujo funciona como una obstrucción al flujo en el lado de presión del perfil. Aguas abajo del dispositivo de guiado de flujo, es decir, típicamente entre el dispositivo de guiado de flujo y el borde de salida de la pala, se produce una separación del flujo de aire. Esta obstrucción tiene como resultado una presión más alta después del dispositivo de guiado de flujo, es decir, entre el dispositivo de guiado de flujo y el borde de salida de la pala de turbina eólica, debido a una separación del flujo. Por lo tanto, la presión aumenta tanto delante como detrás del dispositivo de guiado de flujo, lo que a su vez aumenta significativamente la sustentación en esta sección de la pala en los ángulos de entrada 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 turbina eólica convencionales sin dichos dispositivos de guiado de flujo.

[0072] Los términos línea tangente o mediana promedio aquí significan que la primera porción de la superficie frontal en promedio está inclinada hacia el flujo que se aproxima. Esto corresponde a un ajuste lineal de la primera

porción de la superficie frontal del dispositivo de guiado de flujo en ángulo hacia el flujo que se aproxima y el borde de ataque de la pala.

[0073] La primera porción inclinada hacia adelante también da como resultado que la tangente al perfil y la línea tangente o mediana a la primera porción de la superficie frontal formen un ángulo menor de 90 grados.

[0074] A partir de las definiciones, está claro que la superficie frontal puede comprender una segunda porción, que no está inclinada hacia el flujo que se aproxima y el borde de ataque de la pala.

[0075] De acuerdo con un modo de realización ventajoso, 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 la bolsa de aire de manera más eficaz y también pueden disminuir la resistencia, ya que la superficie frontal no tiene que sobresalir tanto de la superficie para proporcionar la acumulación de presión frente al dispositivo de guiado de flujo. Por otro lado, ángulos aún mayores hacen que la altura efectiva del dispositivo de guiado de flujo sea más pequeña.

[0076] De acuerdo con otro modo de realización ventajoso, la superficie frontal es cóncava. La superficie frontal del dispositivo de guiado de flujo puede guiar el flujo de aire a través de la superficie cóncava y así contribuir más a formar una zona de recirculación frente al dispositivo de guiado de flujo.

[0077] De acuerdo con otro modo de realización ventajoso más, la pluralidad de partes del dispositivo de guiado de flujo que se extienden longitudinalmente comprende partes individuales del dispositivo de guiado de flujo, que se solapan al menos parcialmente en la dirección longitudinal de la pala. Así, las partes individuales del dispositivo de guiado de flujo se desplazan individualmente en la dirección transversal de la pala. En consecuencia, un primer extremo de un primer dispositivo de guiado de flujo se extiende más allá de la posición radial de un segundo extremo de una segunda parte del dispositivo de guiado de flujo.

[0078] En un modo de realización, las partes individuales del dispositivo de guiado de flujo son sustancialmente rectas en la dirección longitudinal. En otro modo de realización, las partes individuales del dispositivo de guiado de flujo están curvadas en la dirección longitudinal. Por ejemplo, cada segunda parte del dispositivo de guiado de flujo puede ser convexa y las otras cóncavas. Esto también se puede combinar con el diseño parcialmente superpuesto.

[0079] De acuerdo con otro modo de realización ventajoso más, el primer grupo de dispositivos de guiado de flujo tiene un diseño corrugado en la dirección longitudinal, ventajosamente al menos en un punto distal de un elemento en forma de placa. El diseño puede, por ejemplo, ser ondulado en la dirección longitudinal y comprender partes alternas del dispositivo de guiado de flujo que son cóncavas y convexas, respectivamente. De forma alternativa, se puede usar un diseño en forma de trapecio. Estos diseños tienen la ventaja de que las partes del dispositivo de guiado de flujo se pueden estirar ligeramente en la dirección longitudinal cuando la pala se dobla. Las partes individuales del dispositivo de guiado de flujo también pueden estar corrugadas.

[0080] Preferentemente, el grupo de dispositivos de guiado de flujo está formado como un dispositivo que se extiende longitudinalmente. De acuerdo con un modo de realización ventajoso, el grupo de dispositivos de guiado de flujo se extiende a lo largo de al menos un 5 % de una extensión longitudinal de la pala de turbina eólica. Una vez más, la extensión longitudinal del grupo de dispositivos de guiado de flujo puede ser al menos el 7 %, el 10 %, el 15 % o incluso el 20 % de la extensión longitudinal o longitud de la pala.

[0081] De acuerdo con otro modo de realización, el grupo de dispositivos de guiado 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.

[0082] La pala de turbina eólica o al menos una concha con perfil alar de la turbina eólica puede estar fabricada ventajosamente de una estructura compuesta, tal como una matriz de polímero reforzada con un material de refuerzo de fibra, tal como fibras de vidrio o fibras de carbono. La resina puede ser una resina termoendurecible, como epoxi, éster vinílico, poliéster. La resina también puede ser un termoplástico, como nailon, PVC, ABS, polipropileno o polietileno. Una vez más, la resina puede ser un termoplástico termoendurecible, como PBT cíclico o PET. El dispositivo de guiado de flujo también puede estar fabricado de tales materiales compuestos. El material de matriz polimérica también puede ser una resina de poliuretano.

[0083] La pala de turbina eólica se puede fabricar con un larguero de soporte de carga y una concha con perfil alar fijada a dicho larguero. De forma alternativa, la estructura de soporte de carga puede integrarse en la concha de la pala con caps de larguero (spar caps) (también llamados laminados principales) integrados en la concha de la pala y almas a cortante (shear webs) intermedias fijadas entre los paneles de refuerzo del larguero.

[0084] En un modo de realización, el contorno perfilado se divide en una región de raíz que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más cercano al buje, una región de perfil alar que tiene un perfil de generación

de sustentación más alejado del buje, y una región de transición entre la región de raíz y la región de perfil alar, 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 al perfil de generación de sustentación de la región de perfil alar. El dispositivo montado en la superficie se puede proporcionar ventajosamente en la región de transición de la pala.

[0085] De acuerdo con un modo de realización ventajoso particular, el dispositivo de guiado de flujo está dispuesto en la zona 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 contribuir así al rendimiento energético. Ventajosamente, el dispositivo de guiado de flujo se extiende sustancialmente a lo largo de toda una extensión longitudinal de la región de transición, contribuyendo así al aumento de la sustentación a lo largo de toda la región de transición.

[0086] Una vez más, el dispositivo de guiado de flujo puede extenderse ventajosamente hacia la región de perfil alar. Esto agregará sustentación a la región de perfil alar y, por lo tanto, aumentará el rendimiento energético anual. En principio, también puede extenderse a la región de raíz. Además, el dispositivo de guiado de flujo puede estar dispuesto en la región de raíz solo o en la región de perfil alar solo.

[0087] En un modo de realización preferente, el dispositivo montado en la superficie está fijado a la superficie de la pala a través de tres partes de fijación, en el que una primera parte de fijación está conectada cerca de un primer extremo del dispositivo montado en la superficie, una segunda parte de fijación está conectada cerca de un segundo extremo del dispositivo montado en la superficie, y una tercera parte de fijación está conectada en una parte intermedia del dispositivo montado en la superficie. Las tres partes de fijación pueden, cuando se ven en una vista superior, estar dispuestas en un triángulo en la superficie de la pala de turbina eólica. El triángulo puede tener un ángulo agudo de al menos 5 grados o al menos 10 grados.

[0088] En un modo de realización ventajoso, la parte de fijación o la carcasa flexible está fabricada de una cinta adhesiva doble. Esto proporciona un procedimiento particular sencillo para formar la forma de la parte de fijación y la cavidad que se va a rellenar con el adhesivo, que forma la unión adhesiva.

[0089] En consecuencia, la cinta adhesiva doble puede, en un modo de realización, formar una parte circunferencial entre la superficie de la pala de 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 turbina eólica y una parte del dispositivo montado en la superficie.

[0090] En un modo de realización ventajoso, la cinta adhesiva doble comprende una capa de material comprimible. Esto proporciona una carcasa viscoelástica. El material comprimible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un grosor de al menos 0,5 mm, y preferentemente de al menos 1 mm. Además, la cinta adhesiva puede tener un grosor máximo de 10 mm, máximo de 7 mm o máximo de 5 mm. En consecuencia, se puede formar una cavidad que tenga una altura de 0,5 mm a 10 mm, por ejemplo, que tenga una altura de 1 mm a 5 mm.

[0091] De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende varias palas, preferentemente dos o tres, de acuerdo con cualquiera de los modos de realización mencionados anteriormente.

[0092] El primer aspecto de la invención también proporciona un procedimiento para fijar un dispositivo montado en la superficie a una superficie de una pala de turbina eólica, en el que la pala de turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en el que la pala de 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en el que el procedimiento comprende los pasos de:

a) proporcionar la pala de turbina eólica,

b) proporcionar un dispositivo montado en la superficie para montar en la superficie de la pala, teniendo el dispositivo montado en la superficie al menos una parte de fijación conectada a una parte del dispositivo montado en la superficie, en el que la parte de fijación comprende una carcasa flexible adaptada para formar una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica,

c) posicionar la parte de fijación en una primera área separada en la superficie de la pala de modo que se forme una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica,

d) inyectar un adhesivo o resina en la cavidad, y

e) curar o endurecer el adhesivo o resina de modo que el dispositivo se adhiera a la superficie de la pala de turbina eólica mediante una unión adhesiva.

[0093] El procedimiento que implica una parte de fijación con una cavidad de pegamento también proporciona un procedimiento particular sencillo para fijar el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala. Dado que la carcasa de la parte de fijación es flexible, la parte de fijación se adapta a la curvatura de la superficie de la pala, por ejemplo, aplicando presión a la parte de fijación. La posición exacta del dispositivo también se puede ajustar moviendo con cuidado las partes de fijación para obtener la posición deseada. En general, el nuevo procedimiento de fijación proporciona un procedimiento sencillo de colocar los complementos en la superficie de la pala sin la necesidad de accesorios y una preparación prolongada de la superficie de la pala. Además, la carcasa flexible también actúa como moldeador de pegamento y limitador de pegamento, lo que alivia la necesidad posterior de operaciones de acabado, como la eliminación del exceso de adhesivo. En consecuencia, un trabajador puede fijar más rápidamente el dispositivo montado en la superficie a la superficie de la pala que con las técnicas de la técnica anterior.

[0094] La cavidad puede formarse presionando la parte de fijación contra la superficie de la pala.

[0095] Preferentemente, la parte de fijación está conectada previamente al dispositivo, por ejemplo, pegando o moldeando la parte de fijación sobre el dispositivo. La parte de conexión está conectada preferentemente a una parte proximal del dispositivo montado en la superficie. La parte proximal del dispositivo montado en la superficie es la parte que está ubicada más cerca de la superficie de la pala y, por así decirlo, está fijada a la superficie de la pala. Sin embargo, al utilizar las partes de fijación, está claro que puede haber un espacio entre la parte proximal del dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala. Sin embargo, en principio, en un modo de realización alternativo, el dispositivo de fijación se puede conectar al dispositivo como parte de los pasos de llenado y endurecimiento del pegamento de los pasos d) y e).

[0096] Está claro que el dispositivo montado en la superficie se fija preferentemente a una superficie externa de la pala de turbina eólica. Sin embargo, también puede ser una superficie interna de la pala de turbina eólica.

[0097] En un modo de realización, la primera área separada en la pala de turbina eólica se desengrasa antes del paso a, por ejemplo, mediante un frotado a base de alcohol. De este modo, se asegura que se pueda proporcionar una unión adhesiva eficaz a la superficie de la pala. El desengrasado se realiza ventajosamente sobre un gelcoat de la pala de turbina eólica. Sin embargo, en comparación con los procedimientos de fijación previos, no es necesario esmerilar el gelcoat para revelar el material de fibra para la unión.

[0098] En un modo de realización preferente, la parte de fijación comprende un borde circunferencial para fijar a la superficie de la pala de turbina eólica. El borde circunferencial forma así la parte inferior o proximal del dispositivo de fijación y se sella a la superficie de la pala, formando así la cavidad de pegamento entre la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica. El borde circunferencial puede tener una superficie de fijación sustancialmente plana para montar en la pala. El borde circunferencial puede tener, de forma alternativa, una superficie de fijación inclinada de modo que la superficie de fijación se acomode a la superficie de la pala de turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de turbina eólica.

[0099] El borde circunferencial puede estar provisto de un adhesivo, tal como una cinta adhesiva, por ejemplo, una cinta adhesiva doble sensible a la presión, para proporcionar una fijación preliminar a la superficie de la pala. Esto es particularmente útil para la adaptación *in situ* de complementos a la superficie de la pala.

[0100] Por lo tanto, la cinta proporciona un sellado a la superficie de la pala y proporciona la cavidad de pegamento, que luego se llena con un adhesivo y se endurece o cura. La unión preliminar puede asegurar que la parte de fijación no se mueva durante el paso de inyección y, además, evita que el adhesivo se escape de los lados del dispositivo de fijación durante el paso de inyección. Esto es particularmente ventajoso, ya que la inyección de adhesivo puede realizarse sin evacuación previa de la cavidad, y porque la inyección de adhesivo puede acumular presión en la cavidad.

[0101] La cinta puede estar provista de un recubrimiento. Ventajosamente, el recubrimiento está provisto de una lengüeta para que el recubrimiento pueda sacarse del borde. Por tanto, el borde de la parte de fijación puede presionarse contra la superficie de la pala. Una vez que el dispositivo y la parte de fijación se encuentran en la posición correcta, se retira el recubrimiento, por lo que el borde se fija preliminarmente a la superficie de la pala de turbina eólica, y después de lo cual se puede realizar la inyección de adhesivo en la cavidad.

[0102] En un modo de realización alternativo, se aplican unas gotas de adhesivo al borde de la carcasa flexible. El elemento de sujeción todavía se puede mover a lo largo de la superficie de la pala y una vez que se encuentra la posición deseada, el borde simplemente se presiona contra la superficie de la pala hasta que el adhesivo se endurece al menos parcialmente y proporciona una fijación preliminar a la superficie de la pala.

[0103] En otro modo de realización, la parte de fijación se fija antes del paso d) mecánicamente a la superficie de la pala de turbina eólica, por ejemplo, mediante un tornillo conectado a través de la parte de fijación y a un orificio de alineación formado en la superficie de la pala de turbina eólica. Los medios de fijación mecánica, por

ejemplo, el tornillo, pueden retirarse después de la inyección y curado del adhesivo. El orificio del tornillo puede luego llenarse con un sellador.

[0104] En otro modo de realización, se lleva a cabo un tratamiento de microambiente en la cavidad antes del paso d). El tratamiento de microambiente puede elegirse, por ejemplo, del grupo de evacuar la cavidad, calentar la cavidad o desgasificar, por ejemplo, llenando la cavidad con nitrógeno. De este modo, la cavidad puede secarse antes del paso de inyección, lo que puede mejorar la unión adhesiva aún más, ya que la humedad se elimina antes de la inyección.

[0105] También es posible colocar la parte de fijación en la pala de la superficie mediante el uso de un accesorio para mantener la parte de fijación en su lugar, mientras se inyecta el adhesivo en la cavidad. Este modo de realización es particularmente útil si los complementos se montan en la superficie de la pala en la fábrica.

[0106] En un modo de realización ventajoso, la carcasa flexible está provista de una perforación desde la cavidad hacia el exterior. De ese modo, el gas o el aire pueden escapar de la cavidad durante el paso de inyección. Preferentemente, la perforación es relativamente pequeña. La perforación se puede proporcionar ventajosamente cerca de una parte distal de la carcasa flexible, por lo que el adhesivo o la resina introducidos en la cavidad empujan el aire hacia una parte superior de la cavidad. También es posible aplicar aspiración a la perforación. La perforación también puede proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salir del orificio, se puede detener la inyección del adhesivo.

[0107] La carcasa flexible también puede estar fabricada de un material al menos parcialmente transparente, de modo que el proceso de llenado se pueda controlar fácilmente.

[0108] La cavidad puede conectarse a un depósito o cámara de adhesivo durante el curado o endurecimiento en el paso e). Por tanto, si el adhesivo se contrae durante el endurecimiento, se introducirá adhesivo líquido adicional en la cavidad y llenará los huecos. Por supuesto, el adhesivo del depósito debería endurecerse en una etapa posterior que el adhesivo de la cavidad, de modo que el adhesivo líquido no se extraiga en la dirección incorrecta.

[0109] En un primer aspecto adicional de la invención, la parte de fijación o la carcasa flexible de la parte de fijación está fabricada de cinta adhesiva doble, en la que la cinta adhesiva doble está dispuesta para formar una parte circunferencial y para formar una cavidad formada por, en parte, la cinta adhesiva doble, la superficie de la pala y una parte del dispositivo montado en la superficie.

[0110] En otras palabras, el primer aspecto adicional proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el cual la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando se monta 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, 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en el que
- un dispositivo montado en la superficie está fijado a una superficie de la pala de turbina eólica, en el que
- el dispositivo montado en la superficie está fijado a la superficie de la pala de turbina eólica por medio de al menos una primera parte de fijación, que está conectada a una parte del dispositivo montado en la superficie, en el que
- la parte de fijación comprende una carcasa flexible fabricada de una cinta adhesiva doble que forma una cavidad entre al menos la carcasa, la superficie de la pala de turbina eólica y una parte del dispositivo montado en la superficie, y en el que
- la cavidad se llena con un adhesivo que proporciona una unión adhesiva a la superficie de la pala de turbina eólica.

[0111] De manera similar a los modos de realización previos, la cinta adhesiva doble puede formar una parte circunferencial, como un borde, de la carcasa flexible.

[0112] La parte circunferencial puede tener una pequeña abertura, de modo que pueda proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salir por el orificio, se puede detener la inyección del adhesivo.

[0113] En un modo de realización ventajoso, la cinta adhesiva doble comprende una capa de material comprimible. Esto proporciona una carcasa viscoelástica. El material comprimible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un grosor de al menos 0,5 mm, y preferentemente de al menos 1 mm. Además, la cinta adhesiva puede tener un grosor máximo de 10 mm, máximo de 7 mm o máximo de 5 mm. En consecuencia, se puede formar una cavidad que tenga una altura de 0,5 mm a 10 mm, por ejemplo, que tenga una altura de 1 mm a 5 mm.

[0114] En un segundo aspecto adicional, la invención proporciona un procedimiento para fijar un dispositivo montado en la superficie a una superficie de una pala de turbina eólica, en el que la pala de turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en el que la pala de 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 es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en el que el procedimiento comprende los pasos de:

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

[0115] Se reconoce que la cinta adhesiva doble se puede disponer directamente sobre la superficie de la pala de turbina eólica y que luego el dispositivo se dispone encima de la cinta adhesiva doble para formar la cavidad o, de forma alternativa, que la cinta adhesiva doble se puede disponer sobre el dispositivo y luego se dispone el dispositivo con la cinta adhesiva doble sobre la superficie de la pala de turbina eólica para formar la cavidad.

Breve descripción de las figuras

[0116] La invención se explica en detalle a continuación con referencia a los modos de realización mostrados en los dibujos, en los que

- la fig. 1 muestra una turbina eólica,
- la fig. 2 muestra una vista esquemática de un primer modo de realización de una pala de turbina eólica provista de partes del dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención, vista en perspectiva,
- la fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil alar,
- la fig. 4 muestra una vista superior de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,
- la fig. 5 muestra varias vistas de un dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención y provisto de partes de fijación de acuerdo con la invención,
- la fig. 6 muestra dos modos de realización de una parte proximal de un dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención con una parte de fijación de acuerdo con la invención,
- la fig. 7 muestra vistas en sección transversal de dos modos de realización de partes de fijación de acuerdo con la invención,
- la fig. 8 ilustra un paso de inyección de adhesivo de un procedimiento de acuerdo con la invención,
- la fig. 9 muestra un grupo de dispositivos de guiado de flujo,
- la fig. 10 muestra un primer modo de realización de las partes superiores de un grupo de dispositivos de guiado de flujo,
- la fig. 11 muestra un segundo modo de realización de las partes superiores de un grupo de dispositivos de guiado de flujo,

- la fig. 12 muestra un tercer modo de realización de las partes superiores de un grupo de dispositivos de guiado de flujo,
- 5 la fig. 13 muestra un cuarto modo de realización de las partes superiores de un grupo de dispositivos de guiado de flujo,
- la fig. 14 muestra un quinto modo de realización de las partes superiores de un grupo de dispositivos de guiado de flujo,
- 10 la fig. 15 muestra una vista superior de una pala de turbina eólica provista de paneles de borde de salida dentados,
- la fig. 16 muestra una vista superior de un panel de borde de salida dentado provisto de una parte de fijación de acuerdo con la invención,
- 15 la fig. 17 muestra una vista superior de un panel de borde de salida dentado provisto de tres partes de fijación de acuerdo con la invención,
- 20 la fig. 18 muestra una vista superior de un primer modo de realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de fijación está fabricada de cinta adhesiva doble,
- la fig. 19 muestra una vista superior de un segundo modo de realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de fijación está fabricada de cinta adhesiva doble,
- 25 la fig. 20 muestra una vista superior de una parte de una pala con un área preparada para la disposición de dispositivos montados en la superficie,
- la fig. 21 muestra una plantilla para taladrar orificios de alineación en el área preparada para la disposición de dispositivos montados en la superficie,
- 30 la fig. 22 muestra áreas preparadas para el montaje de las partes de fijación de los dispositivos montados en la superficie, y
- 35 la fig. 23 muestra un modo de realización adicional de una parte proximal de un dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención con una parte de fijación de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

- 40 **[0117]** La fig. 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de 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.
- 45 **[0118]** La fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil alar 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros, que se usan típicamente para definir la conformación geométrica de un perfil alar. El perfil alar 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, habitualmente se orientan hacia el lado de barlovento y el lado de sotavento, respectivamente. El perfil alar 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil alar 50 tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El grosor t del perfil alar varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación con respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea de curvatura 62, que es una línea mediana a través del perfil alar 50. La línea mediana se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde de ataque 56 al borde de salida 58. La línea mediana sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se llama curvatura f . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros denominados curvatura superior y 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.
- 50
- 55
- 60 **[0119]** La fig. 2 muestra una vista esquemática de un primer modo de realización de una pala de turbina eólica 10 de acuerdo con la invención. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o de perfil alar 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 orientado en la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 orientado en la dirección opuesta del borde de ataque 18.
- 65

[0120] La región de perfil alar 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar 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 más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 es típicamente constante a lo largo de toda la zona de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición 42 que cambia gradualmente de la conformación circular o elíptica 40 de la región de raíz 30 al perfil alar 50 de la región de perfil alar 34. La anchura de la región de transición 32 se incrementa típicamente de forma sustancialmente lineal al incrementar la distancia r desde el buje.

[0121] La región de perfil alar 34 tiene un perfil alar 50 con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia r desde el buje.

[0122] Las cuerdas de diferentes secciones de la pala habitualmente no se encuentran en un plano común, puesto que la pala puede estar torcida y/o curvada (es decir, flexionada previamente), proporcionando, por tanto, el plano de cuerda con un curso correspondientemente torcido y/o curvado, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.

[0123] La pala de turbina eólica 10 de acuerdo con la invención está provista de varios dispositivos montados en la superficie en forma de partes 70 de dispositivo de guiado de flujo, que están agrupadas 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 guiado de flujo como se muestra en la vista superior en la fig. 4. Sin embargo, ventajosamente, las partes 70 del dispositivo de guiado de flujo también pueden extenderse hacia la región de perfil alar 34 y/o la región de raíz 30 de la pala.

[0124] Las figs. 5a-e muestran una parte 70 de dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención, que está adaptada para funcionar como deflector y fijada a la superficie de una pala de turbina eólica, por ejemplo, como se muestra en las figs. 2 y 4. La fig. 5a muestra una vista inferior, la fig. 5b muestra una vista lateral, la fig. 5c muestra una vista trasera, la fig. 5d muestra una vista en perspectiva que muestra la parte trasera y la fig. 5e muestra otra vista en perspectiva que muestra la parte delantera de la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo.

[0125] Se ve que la parte 70 del dispositivo de guiado 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 guiado de flujo está montada en la superficie de la pala, y que proporciona una obstrucción al flujo entrante. El elemento 71 en forma de placa comprende una superficie frontal 72, que está orientada hacia el borde de ataque 18 de la pala 10 y, por tanto, hacia el flujo entrante, y una superficie trasera 73, que está orientada hacia el borde de salida 20 de la pala 10 y, por tanto, alejada del flujo entrante.

[0126] El elemento 71 en forma de placa comprende una parte proximal 74 o parte inferior que, cuando la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo está montada en la superficie de la pala, se encuentra 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 71 en forma de placa está curvado en la dirección longitudinal y tiene una primera curvatura de radio en la parte proximal 74 del elemento 71 en forma de placa y una segunda curvatura de radio en la parte distal 75 del elemento en forma de placa.

[0127] En el modo de realización mostrado, el elemento 70 en forma de placa forma parte de la superficie exterior de un elemento troncocónico y, por tanto, el segundo radio de curvatura es más pequeño que la primera curvatura de radio. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, la segunda curvatura de radio es mayor que la primera curvatura de radio, lo que puede proporcionar una estructura más rígida a la parte distal 75 del elemento 71 en forma de placa. El segundo radio de curvatura puede, por ejemplo, aproximarse a infinito, en cuyo caso la parte distal 75 del elemento 71 en forma de placa es recta. En otro modo de realización más, el radio de curvatura puede ser constante desde la parte proximal 74 hasta la parte distal 75 del elemento en forma de placa.

[0128] El elemento 71 en forma de placa se inclina, además, hacia delante hacia el borde de ataque de la pala para proporcionar una oquedad entre el elemento 71 en forma de placa y la superficie de la pala, estando orientada dicha oquedad hacia el borde de ataque de la pala. Dado que el elemento 71 en forma de placa está curvado hacia el borde de ataque de la pala (es decir, siendo cóncavo como se ve desde el borde de ataque de la pala), esto también se atribuye a la formación de la oquedad entre el dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala. Con un elemento 71 en forma de placa flexible, este diseño también permite que el diseño montado en la superficie se pliegue o presione contra la superficie de la pala, lo que puede ser ventajoso para fines de transporte.

[0129] La parte 70 del dispositivo de guiado de flujo comprende tres partes de fijación 77, que se utilizan para fijar la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo a la superficie de la pala. Cada una de las partes de fijación 77 está ahusada desde una parte proximal hasta una parte distal de la parte de fijación 77 de manera que la parte proximal tiene un área de superficie mayor que la parte distal. La parte de fijación puede tener, por ejemplo, una forma sustancialmente acampanada, 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 y sobre la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo, cuando la pala se dobla o la concha de la pala se ovaliza. Como se ve en la fig. 5c, la parte de fijación 77 preferentemente también está ahusada en la vista lateral de modo que la altura de la parte de fijación 77 se aproxime a cero en una circunferencia, minimizando así el efecto de muesca.

[0130] La parte de fijación 77 incluye, además, una carcasa flexible 80, que forma una cavidad entre al menos la carcasa flexible 80 y la superficie de la pala de turbina eólica. Una parte de la parte de fijación 77 puede moldearse como una primera pieza junto con el elemento 71 en forma de placa, y la carcasa flexible 80 puede moldearse sobre esta primera pieza. De forma alternativa, la carcasa flexible se puede pegar y/o conectar mecánicamente a la primera pieza.

[0131] La parte 70 del dispositivo de guiado de flujo se puede fijar a tres áreas separadas en la superficie de la pala, en la que las tres áreas separadas cuando se ven en una vista superior están dispuestas en un triángulo como se ve, por ejemplo, en la fig. 5a. Esto proporciona una forma particularmente sencilla de fijar complementos a la superficie de una pala de turbina eólica, ya que la sujeción de tres puntos siempre podrá entrar en contacto con 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.

[0132] El elemento 71 en forma de placa puede, como se ve en las figs. 5a y 5e, además, estar reforzado con una estructura de rejilla o nervadura 76. Las nervaduras pueden estar dispuestas, por ejemplo, a lo largo de las dos partes extremas del elemento 71 en forma de placa y con una nervadura que se extiende a lo largo de una parte distal del elemento en forma de placa. Además, o de forma alternativa, el elemento en forma de placa puede estar provisto de nervios transversales que se extienden desde cerca de una parte distal y una parte extrema y hasta una parte proximal e intermedia del elemento 71 en forma de placa. Esto proporciona una estructura de nervadura triangular fuerte que agrega resistencia al elemento 71 en forma de placa. El diseño de nervadura o rejilla se puede moldear fácilmente junto con el elemento 71 en forma de placa. La estructura de rejilla o nervadura puede proporcionarse, por ejemplo, como protuberancias superficiales.

[0133] La parte 70 del dispositivo de guiado de flujo puede, además, estar provista de una empuñadura o similar, por ejemplo, provisto en la parte de fijación 77 como se muestra en la fig. 5e. Esta empuñadura 78 puede facilitar un manejo más fácil para un trabajador que fija la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo, que puede usar la empuñadura para presionar mejor la carcasa flexible contra la superficie de la pala. Esto es particularmente ventajoso si las partes 70 del dispositivo de guiado de flujo son montadas en el sitio.

[0134] El grosor t_s del elemento 71 en forma de placa es ventajosamente de 0,5-10 mm, por ejemplo, de alrededor de 1,5-3 mm. El grosor t_r de la estructura de nervadura o rejilla 76 es ventajosamente de 5-50 mm. La longitud l del dispositivo montado en la superficie es ventajosamente de 20-150 cm o de 25-120 cm. La altura h del dispositivo montado en la superficie es ventajosamente de 3-50 cm. El elemento 71 en forma de placa está preferentemente conectado a la parte de fijación 77 de modo que un espacio s entre la parte proximal 74 del elemento 71 en forma de placa y la superficie de la pala de turbina eólica esté en el intervalo de 1-20 mm, por ejemplo, alrededor de 10 mm.

[0135] El dispositivo de guiado de flujo 70 y la parte de fijación 77 pueden estar fabricados de material de poliuretano (PUR) o un polímero termoplástico, opcionalmente reforzado con fibras de refuerzo, y la parte de fijación también está fabricada de material de poliuretano (PUR) o termoplástico. La dureza de la carcasa flexible 80 es ventajosamente de 20-75 en la escala Shore A, por ejemplo, alrededor de 55 en la escala Shore A. La dureza del elemento 71 en forma de placa es ventajosamente de 45-100 en la escala Shore D, por ejemplo, alrededor de 75 en la escala Shore D.

[0136] Las figs. 6a y 6b muestran vistas detalladas en sección transversal de un primer modo de realización y un segundo modo de realización de una parte de dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención y provista de partes de fijación de acuerdo con la invención.

[0137] La fig. 6a muestra un primer modo de realización de la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo y la parte de fijación 77. Se ve que una sección ahusada de la parte de fijación 77 y el elemento en forma de placa están formados integralmente, por ejemplo, como un elemento moldeado. La carcasa flexible 80 está conectada a un rebaje 83 de la sección ahusada de la parte de fijación 77. La carcasa flexible se puede pegar o moldear sobre la sección ahusada. La carcasa flexible 80 comprende un borde 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, la carcasa flexible 80 y una parte inferior de la sección ahusada de la parte 70 del dispositivo de guiado de flujo. Se proporciona una perforación o un orificio 79 a través de la parte de fijación 77 y que puede comunicarse con la cavidad de pegamento 81 de modo que se pueda rellenar un adhesivo en la cavidad 81 a través de la perforación 79. La carcasa flexible comprende, además, un orificio de ventilación 88, mediante el cual el gas o el aire pueden escapar de la cavidad 81 durante un paso de inyección de un adhesivo en la cavidad. El orificio de ventilación 88 también puede proporcionar una confirmación visual del proceso de llenado, por ejemplo, cuando el adhesivo líquido comienza a salir por el orificio, se puede detener la inyección del adhesivo.

[0138] La fig. 6b muestra un segundo modo de realización de una parte 70' de dispositivo de guiado de flujo y una parte de fijación 77', donde numerales iguales se refieren a partes iguales del primer modo de realización. Por lo tanto, solo se describe la diferencia entre los dos modos de realización. El segundo modo de realización difiere del primer modo de realización en que la carcasa flexible encierra una parte inferior de la sección cónica 77' o el elemento 70' en forma de placa, de modo que la cavidad 81' de pegamento se forma entre la carcasa flexible 80 y la superficie de la pala solamente.

[0139] El borde 82 del dispositivo de fijación 77 tiene ventajosamente una dimensión externa máxima, tal como un diámetro externo, de 1-15 cm o de 2-10 cm. Por tanto, la parte proximal del dispositivo de fijación 77 puede tener esta dimensión externa máxima.

[0140] De acuerdo con un modo de realización mostrado en la fig. 7a, el borde circunferencial 82 puede comprender una superficie 84 de fijación sustancialmente plana para montar en la pala. La superficie de fijación puede estar provista de una cinta adhesiva doble 85 sensible a la presión para proporcionar una fijación preliminar a la superficie de la pala. La cinta 85 puede estar provista de un recubrimiento 86, que se retira antes de ajustar la carcasa flexible 80 a la superficie de la pala. El recubrimiento 86 está provisto ventajosamente de una lengüeta para que el recubrimiento 86 pueda sacarse del borde 82. Por tanto, el borde 82 de la carcasa flexible 80 puede presionarse contra la superficie de la pala. Una vez que el dispositivo 70 y la parte de fijación 77 se encuentran en la posición correcta, se retira el recubrimiento 86, por lo que el borde 82 se sella preliminarmente a la superficie de la pala de turbina eólica y proporciona la cavidad de pegamento 81, y después de lo cual se puede llevar a cabo la inyección de adhesivo en la cavidad 81.

[0141] De acuerdo con otro modo de realización mostrado en la fig. 7b, un borde circunferencial 182 de la carcasa flexible tiene una superficie de fijación 184 inclinada. De manera similar al modo de realización mostrado en la fig. 7a, la superficie de fijación puede estar provista de una cinta adhesiva doble 185 sensible a la presión para proporcionar una unión preliminar a la superficie de la pala, que a su vez está provista de un recubrimiento 186. La inclinación de la superficie de fijación 184 se adapta a la superficie de la pala de turbina eólica, cuando se presiona contra dicha superficie de la pala de turbina eólica, que se ilustra con las flechas mostradas en la fig. 7b.

[0142] La fig. 8 ilustra un paso en un procedimiento de fijar un dispositivo montado en la superficie a la superficie de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención. El procedimiento comprende un primer paso de proporcionar a la pala de turbina eólica y un segundo paso de proporcionar al dispositivo montado en la superficie de una parte de fijación de acuerdo con la invención, por ejemplo, uno de los dos modos de realización mostrados en la fig. 6. En un tercer paso, la parte de fijación del dispositivo montado en la superficie se coloca en una primera área separada en la superficie de la pala de modo que se forme una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica. En un cuarto paso, ilustrado en la fig. 8, se rellena la cavidad de pegamento con un adhesivo o resina 91. Una vez que la cavidad de pegamento 81 se ha llenado con el adhesivo, se detiene la inyección después de lo cual el adhesivo 91 en un quinto paso se cura o endurece de modo que el dispositivo montado en la superficie 70 se fija a la superficie de la pala de turbina eólica mediante una unión adhesiva.

[0143] El adhesivo 91 se inyecta en la cavidad de pegamento 81 a través de la perforación 79, por ejemplo, mediante una jeringa o un mezclador estático. El orificio de ventilación 88 está situado preferentemente en una parte proximal de la carcasa flexible, de manera que el adhesivo 91 que se llena en la cavidad 81 alcanza dicho orificio de ventilación 88 en último lugar. Por lo tanto, el orificio de ventilación 88 también se puede usar para una inspección visual para comprobar si la cavidad se ha llenado. Alternativa o adicionalmente, la carcasa flexible se puede fabricar en un material al menos parcialmente transparente, de modo que se pueda controlar el proceso de llenado.

[0144] La cavidad 81 puede permanecer conectada a un depósito 90 o cámara de adhesivo durante el curado o endurecimiento en el quinto paso. Por tanto, si el adhesivo 91 se contrae durante el endurecimiento, se introducirá adhesivo líquido adicional en la cavidad y llenará los huecos. Por supuesto, el adhesivo 91 del depósito 90 debería endurecerse en una etapa posterior que el adhesivo de la cavidad, de modo que el adhesivo líquido no se extraiga en la dirección incorrecta.

[0145] El adhesivo 90 puede ser, por ejemplo, a base de PU, epoxi o MMA. También puede ser un híbrido entre los diversos materiales, como un PU polimerizable mezclado en un MMA.

[0146] En otro modo de realización, se lleva a cabo un tratamiento de microambiente en la cavidad antes del cuarto paso. El tratamiento de microambiente puede elegirse, por ejemplo, del grupo de evacuar la cavidad, calentar la cavidad o desgasificar, por ejemplo, llenando la cavidad con nitrógeno. De este modo, la cavidad puede secarse antes del paso de inyección, lo que puede mejorar la unión adhesiva aún más, ya que la humedad se elimina antes de la inyección. Esto puede llevarse a cabo conectando la herramienta adecuada a la perforación 79 o al orificio de ventilación 88.

[0147] Como se muestra en las figs. 2 y 4, los dispositivos montados en la superficie son ventajosamente dispositivos de guiado de flujo, por ejemplo, en forma de dispositivos deflectores, que se agrupan para formar un grupo de dispositivos de guiado 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 guiado de flujo.

Las partes individuales del dispositivo de guiado de flujo están dispuestas preferentemente de manera que las direcciones longitudinales de las partes estén orientadas sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala.

[0148] La fig. 9 muestra una vista posterior de un primer modo de realización de un grupo de dispositivos de guiado de flujo. Como puede verse, el grupo comprende una serie de partes 170 individuales del dispositivo de guiado de flujo, que están separadas entre sí por espacios 181. Los espacios 181 entre partes 170 adyacentes del dispositivo de guiado de flujo pueden estar, por ejemplo, entre 5 mm y 30 mm. De acuerdo con otro modo de realización (no mostrado), las partes del dispositivo de guiado de flujo se apoyan unas en otras.

[0149] La fig. 10 muestra las partes 170 del dispositivo de guiado de flujo vistas desde arriba, aquí representadas como una parte proximal de un elemento en forma de placa. En el modo de realización mostrado, los espacios 181 entre las partes 170 adyacentes del dispositivo de guiado de flujo se cierran mediante elementos intermedios 196 fabricados de un material flexible, tal como caucho. En este modo de realización particular, los elementos intermedios 179 están fijados a una superficie frontal de los elementos 170 en forma de placa. Esto puede proporcionar una superficie frontal continua para el grupo de dispositivos de guiado de flujo. Sin embargo, de acuerdo con un modo de realización preferente, el diseño no comprende ningún elemento intermedio (correspondiente al modo de realización mostrado en la fig. 9).

[0150] La fig. 11 muestra un segundo modo de realización de las partes 270 del dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención. En este modo de realización, los espacios también se cierran mediante elementos intermedios 296 fabricados de un material flexible, tal como caucho. En este modo de realización, las partes intermedias llenan todo el espacio entre las partes 270 del dispositivo de guiado de flujo y están fijadas tanto a la superficie frontal como a la superficie trasera de las partes 270 del dispositivo de guiado de flujo.

[0151] La fig. 12 muestra una vista esquemática de un tercer modo de realización de las partes 370 del dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención, vistas desde arriba. En este modo de realización, las partes del dispositivo de guiado de flujo están dispuestas de forma alternativa delante y detrás de otras partes del dispositivo de guiado de flujo, de manera que las partes del dispositivo de guiado de flujo forman una superficie frontal casi continua.

[0152] La fig. 13 muestra una vista esquemática de un cuarto modo de realización de las partes 470 del dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención, vistas desde arriba. Puede verse que las partes 470 del dispositivo de guiado de flujo están escalonadas en la dirección longitudinal. La superficie posterior de una parte del dispositivo de guiado de flujo puede hacer tope con la superficie frontal de una segunda parte del dispositivo de guiado de flujo, o puede haber un pequeño espacio en la dirección transversal de la pala.

[0153] La fig. 14 muestra una vista esquemática de un quinto modo de realización de las partes 570 del dispositivo de guiado de flujo de acuerdo con la invención, vista desde arriba, que es similar al tercer modo de realización con la excepción de que las partes 570 del dispositivo de guiado de flujo son de forma alternativa convexas y cóncavas en la dirección longitudinal. En el modo de realización mostrado, dos partes del dispositivo de guiado de flujo están dispuestas detrás de las otras. Sin embargo, también pueden disponerse ventajosamente delante de las otras partes del dispositivo de guiado de flujo, obteniendo así un diseño general ligeramente diferente. Si las partes del dispositivo de guiado de flujo están inclinadas hacia adelante para formar una oquedad entre el elemento en forma de placa y la superficie de la pala, está claro que se necesitan dos tipos diferentes de partes del dispositivo de guiado de flujo.

[0154] La invención se ha descrito hasta ahora en relación con dispositivos montados en la superficie en forma de dispositivos deflectores. Sin embargo, las partes de fijación y el procedimiento de acuerdo con el procedimiento también pueden usarse para fijar otros tipos de dispositivos de guiado de flujo a la superficie de una pala de turbina eólica, por ejemplo, paneles de borde de salida dentados o flaps de Gurney.

[0155] La fig. 15 muestra un modo de realización de este tipo de una pala de turbina eólica 610, que está provista de una pluralidad de paneles de borde de salida dentados 670, que están dispuestos en el borde de salida de la pala cerca de la punta de la pala. Como se ve en la fig. 16, el panel de borde de salida dentado 670 puede estar provisto de una parte de fijación, que comprende una carcasa flexible 681, que forma una cavidad de pegamento 681 entre el panel 670 y la superficie de la pala. El panel 670 se fija de forma adhesiva a la pala llenando la cavidad de pegamento con un adhesivo y dejando que el adhesivo se cure o endurezca.

[0156] La fig. 17 muestra un modo de realización alternativo de un panel de borde de salida dentado 770, que está provisto de tres partes de fijación, cada uno de los cuales comprende una carcasa flexible 780 y forma una cavidad de pegamento 681 entre el panel 770 y la superficie de la pala. Las tres partes de fijación pueden, vistas en una vista superior, estar dispuestas en triángulo.

[0157] En los modos de realización anteriores, la carcasa flexible se describe como un elemento prefabricado. Sin embargo, la parte de fijación o la carcasa flexible está fabricada de una cinta adhesiva doble o similar. A continuación, tales modos de realización se ejemplifican para la fijación de un panel de borde de salida dentado.

Sin embargo, la carcasa flexible fabricada de cinta adhesiva doble puede usarse para cualquier dispositivo montado en la superficie, como dispositivos deflectores o similares.

[0158] La fig. 18 muestra una vista superior de un primer modo de realización de un panel de borde de salida dentado 870, donde la carcasa flexible 880 de una parte de fijación está fabricada de cinta adhesiva doble. La cinta adhesiva doble se puede aplicar a la superficie de la pala de turbina eólica (no mostrada) como partes separadas 880a, 880b, 880c, 880d, que están dispuestas de manera que formen una parte circunferencial. Una vez que el panel de borde de salida dentado 870 está dispuesto encima de la cinta adhesiva doble, se forma una cavidad 881 entre la superficie de la pala de turbina eólica, la cinta adhesiva doble y el panel de borde de salida dentado 870. A continuación, se puede inyectar adhesivo líquido en la cavidad 881, por ejemplo, a través de una perforación 879 en el panel de borde de salida dentado 879, y el adhesivo se propaga (ilustrado con líneas de contorno 893) a través de la cavidad 881.

[0159] Las partes de 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 comience a salir del orificio, la inyección del adhesivo puede detenerse.

[0160] La fig. 19 muestra una vista superior de un segundo modo de realización de un panel de borde de salida dentado, donde la parte de fijación está fabricada de cinta adhesiva doble. La cinta adhesiva doble se puede aplicar a la superficie de la pala de turbina eólica (no mostrada) como partes separadas 980a, 980b, 980c, 980d, que están dispuestas de manera que formen una parte circunferencial. Una vez que el panel 970 de borde de salida dentado está dispuesto encima de la cinta adhesiva doble, se forma una cavidad 981 entre la superficie de la pala de turbina eólica, la cinta adhesiva doble y el panel 970 de borde de salida dentado. Las partes de cinta adhesiva doble 980a, 980b, 980c, 980d están dispuestas de modo que se proporcione una abertura 979 en la parte circunferencial. A continuación, se puede inyectar adhesivo líquido a través de dicha abertura 979 ilustrada con líneas de contorno 993.

[0161] A continuación, se puede inyectar adhesivo líquido en la cavidad 881, por ejemplo, a través de una perforación 879 en el panel de borde de salida dentado 879, y el adhesivo se propaga (ilustrado con líneas de contorno 893) a través de la cavidad 881.

[0162] Las partes de cinta adhesiva doble 980a, 980b, 980c, 980d pueden disponerse adicionalmente de modo que se proporcione una segunda pequeña abertura 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 salir por el orificio, puede detenerse la inyección del adhesivo.

[0163] En un modo de realización ventajoso, la cinta adhesiva doble comprende una capa de material comprimible. Esto proporciona una carcasa viscoelástica. El material comprimible puede ser, por ejemplo, una capa de células de espuma, como espuma acrílica. La cinta adhesiva doble puede tener un grosor de al menos 0,5 mm, y preferentemente de al menos 1 mm. En consecuencia, puede proporcionarse una cavidad que tenga una altura de, por ejemplo, 1 mm a 5 mm.

[0164] Las Figs. 20-23 ilustran varios pasos en otro modo de realización para fijar dispositivos montados en la 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 eliminar el gelcoat para proporcionar una unión adecuada a las partes de fijación, esto puede, en algunas circunstancias, mejorar la unión. En un primer paso mostrado en la fig. 20, se puede preparar un área 1065 en la superficie de la pala para la disposición y montaje de dispositivos montados en la superficie. Esto se puede realizar quitando el gelcoat en el área 1065. De forma alternativa, la concha de la pala se puede fabricar con un área sin gelcoat.

[0165] En un paso siguiente ilustrado en la fig. 21, se dispone una plantilla para perforar orificios de alineación 1067 en el área 1065 preparada para la disposición de los dispositivos montados en la superficie.

[0166] En un siguiente paso ilustrado en la fig. 22, una pluralidad de parches 1068 se alinean en la parte superior de los orificios de alineación 1067. Los parches 1068 pueden estar provistos de un pasador para su disposición en los orificios de alineación. Los parches 1068 pueden disponerse mediante el uso de una herramienta especial, que ha prealineado la orientación de los parches 1068.

[0167] En un paso siguiente, no ilustrado, se aplica un gelcoat al área preparada 1065 y encima de los parches 1068. Después de que se haya curado el gelcoat, los parches 1068 se pueden quitar, dejando así una pluralidad de áreas sin gelcoat en la superficie de la pala de turbina eólica.

[0168] En un paso siguiente, no ilustrado, los dispositivos montados en la superficie se disponen de tal manera que la carcasa flexible y la parte de fijación se disponen encima de las áreas 1068 libres de gelcoat. La parte de fijación de los dispositivos montados en la superficie puede fijarse mecánicamente a la superficie de la pala mediante el uso de un tornillo fijado a través de la parte de fijación y atornillado en los orificios de alineación 1067 en la superficie de la pala.

[0169] Tal realización se muestra en la fig. 23, en la que números de referencia similares se refieren a partes similares de los modos de realización mostrados en las figs. 6a y 6b. Por lo tanto, solo se describe la diferencia entre el modo de realización de la fig. 23 y la fig. 6a. El modo de realización difiere en tener una perforación 1087 para un tornillo, y la parte de fijación se une preliminarmente a la superficie de la pala mediante un tornillo (no mostrado) insertado a través de la perforación 1087 y atornillado en los orificios de alineación 1067 formados en la superficie de la pala. Los orificios de alineación, por ejemplo, tienen una profundidad de 20 mm.

[0170] Una vez que el adhesivo se ha inyectado en la cavidad 1081 y se ha curado, se puede quitar el tornillo. El orificio restante se puede rellenar con un sellador.

[0171] La invención se ha descrito con referencia a un modo de realización preferente. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita al modo de realización ilustrado, y se pueden realizar alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

Lista de numerales de referencia

[0172]

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 pitch
30	región de raíz
32	región de transición
34	región de perfil alar
36	concha del lado de presión
38	concha del lado 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 mediana
1065	Área preparada para el montaje de dispositivos montados en la superficie
1067	Plantilla para orificios de alineación
1068	Almohadillas/zonas libres de gelcoat
70, 70', 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770, 870, 970, 1070	Dispositivo montado en la superficie/dispositivo de guiado de flujo
71, 71', 1071	Elemento en forma de placa
72	Superficie frontal
73	Superficie trasera
74	Parte proximal/inferior del dispositivo montado en la superficie
75	Parte distal/superior del dispositivo montado en la superficie
76	Estructura de rejilla/nervadura
77, 77'	Parte de fijación
78	Empuñadura
79, 79', 879, 979, 1079	Perforación/orificio/apertura

80, 80', 680, 780, 880, 980, 1080,	Carcasa flexible
81, 81', 681, 781, 881, 981, 1081	Cavidad de pegamento
82, 82', 182, 1082	Borde circunferencial
83, 83', 1083	Rebaje
84, 184	Superficie de fijación
85, 185	Cinta adhesiva doble
86, 186	Recubrimiento
1087	Perforación para tornillo
88	Perforación/orificio de ventilación
91	Depósito
893, 993	Frente de propagación
92	Adhesivo
95	Grupo de dispositivos de guiado de flujo
196, 296	Elementos intermedios
c	Longitud de cuerda
d_t	posición de máximo grosor
d_f	posición de curvatura máxima
d_p	posición de la curvatura máxima de lateral de presión
f	curvatura
r	radio local, distancia radial desde la raíz de la pala
t	grosor

REIVINDICACIONES

1. Una pala de turbina eólica (10, 610) para un rotor de una turbina eólica (2) que tiene un eje de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje (8), desde el cual la pala de turbina eólica (10, 610) se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el buje (8), teniendo la pala de turbina eólica (10, 610) una dirección longitudinal (r) con un extremo de punta (14) y un extremo de raíz (16) y una dirección transversal, comprendiendo, además, la pala de turbina eólica (10):
 - un contorno perfilado (40, 42, 50) que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque (18) y un borde de salida (20) con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, al ser impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en la que
 - un dispositivo montado en la superficie (70, 70', 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770) está fijado a una superficie de la pala de turbina eólica (10), en la que
 - el dispositivo montado en la superficie (70, 70', 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770) está fijado a la superficie de la pala de turbina eólica (10, 610) por medio de al menos una primera parte de fijación (77, 77'), que está conectada a una parte del dispositivo montado en la superficie (70, 70', 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770), en la que
 - la parte de fijación (77, 77') comprende una carcasa flexible (80, 80', 680, 780) que forma una cavidad (81, 81', 681, 781) entre al menos la carcasa (80, 80', 680, 780) y la superficie de la pala de turbina eólica (10, 610), y en la que
 - la cavidad (80, 80', 680, 780) se rellena con un adhesivo que proporciona una unión adhesiva a la superficie de la pala de turbina eólica (10, 610), y **está caracterizada por que**
 - la carcasa flexible está fabricada de un primer material y el dispositivo montado en la superficie está fabricado de un segundo material, en la que la dureza del primer material es menor que la dureza del segundo material.
2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la carcasa flexible está fabricada de un material elastomérico.
3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la parte de fijación se estrecha desde una parte proximal hasta una parte distal de la parte de fijación, por ejemplo, tiene forma de campana, forma cónica o forma troncocónica.
4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el dispositivo montado en la superficie es un dispositivo de guiado de flujo, tal como un dispositivo deflector o un flap de Gurney, y/o
 - en la que el dispositivo montado en la superficie comprende un elemento en forma de placa, que sobresale de la superficie de la pala de turbina eólica.
5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el dispositivo montado en la superficie está curvado en una dirección longitudinal del dispositivo, por ejemplo,
 - en la que un radio de curvatura longitudinal del dispositivo montado en la superficie varía desde una parte proximal del dispositivo montado en la superficie hasta una parte distal del dispositivo montado en la superficie, por ejemplo, en la que el radio de curvatura aumenta desde la parte proximal hasta la parte distal del dispositivo montado en la superficie, de forma alternativa, en la que el radio de curvatura disminuye desde la parte proximal hasta la parte distal del dispositivo montado en la superficie.
6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el dispositivo montado en la superficie está reforzado con una estructura de rejilla o nervadura.
7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el dispositivo montado en la superficie puede estar inclinado hacia el borde de ataque de la pala para proporcionar una oquedad entre el dispositivo montado en la superficie y la superficie de la pala, estando orientada dicha oquedad hacia el borde de ataque de la pala.
8. Un dispositivo de guiado de flujo, que está adaptado para ser fijado a la superficie de una pala de turbina eólica, por medio de al menos una primera parte de fijación, en el que la parte de fijación comprende una carcasa flexible que está adaptada para formar una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la

pala de turbina eólica, estando adaptada la cavidad para ser rellenada con un adhesivo que proporciona una unión adhesiva a la superficie de la pala de turbina eólica, **caracterizado por que** la carcasa flexible está fabricada de un primer material y el dispositivo de guiado de flujo está fabricado de un segundo material, en el que la dureza del primer material es menor que la dureza del segundo material.

- 5
9. Un procedimiento para fijar un dispositivo montado en la superficie a una superficie de una pala de turbina eólica, en el que la pala de turbina eólica tiene una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en el que la pala de 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
- 10
- borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre ellos, generando el contorno perfilado, cuando es impactado por un flujo de aire incidente, una sustentación, en el que el procedimiento comprende los pasos de:

15

a) proporcionar la pala de turbina eólica,

b) proporcionar un dispositivo para montar en la superficie de la pala, teniendo el dispositivo al menos una parte de fijación conectada a una parte del dispositivo montado en la superficie, en el que la parte de fijación comprende una carcasa flexible adaptada para formar una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica,

20

c) posicionar la parte de fijación en una primera área separada en la superficie de la pala de modo que se forme una cavidad entre al menos la carcasa y la superficie de la pala de turbina eólica,

25

d) inyectar un adhesivo o resina en la cavidad, y

e) curar o endurecer el adhesivo o resina de modo que el dispositivo se fije a la superficie de la pala de turbina eólica mediante una unión adhesiva, en el que

30

la carcasa flexible está fabricada de un primer material y el dispositivo montado en la superficie está fabricado de un segundo material, en el que la dureza del primer material es menor que la dureza del segundo material.

10. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la parte de fijación comprende un borde circunferencial para fijar a la superficie de la pala de turbina eólica, por ejemplo, en el que el borde circunferencial tiene una superficie de fijación sustancialmente plana para montar en la pala, opcionalmente una superficie de fijación inclinada.
- 35

11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que el borde circunferencial está provisto de un adhesivo, tal como una cinta adhesiva, por ejemplo, una cinta adhesiva doble sensible a la presión, para proporcionar una unión preliminar a la superficie de la pala.
- 40

12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que la parte de fijación antes del paso d) se fija mecánicamente a la superficie de la pala de turbina eólica, por ejemplo, mediante un tornillo conectado a través de la parte de fijación y a un orificio de alineación formado en la superficie de la pala de turbina eólica.
- 45

13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que se lleva a cabo un tratamiento de microambiente en la cavidad antes del paso d), por ejemplo, en el que el tratamiento de microambiente se elige del grupo de evacuar la cavidad, calentar la cavidad, o una desgasificación, por ejemplo, llenando la cavidad con nitrógeno.
- 50

14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en el que la carcasa flexible está provista de una perforación u orificio desde la cavidad hacia un exterior.

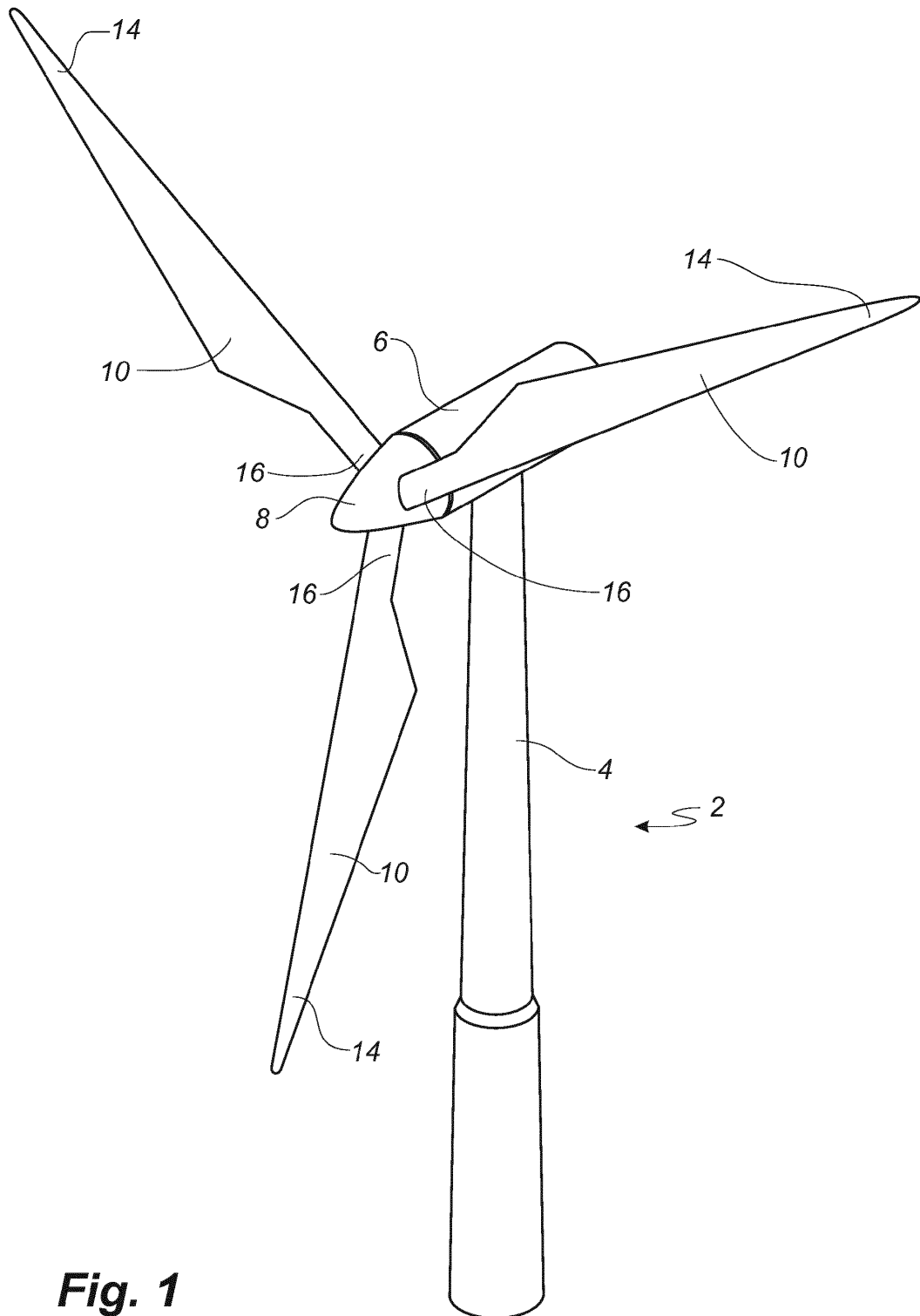


Fig. 1

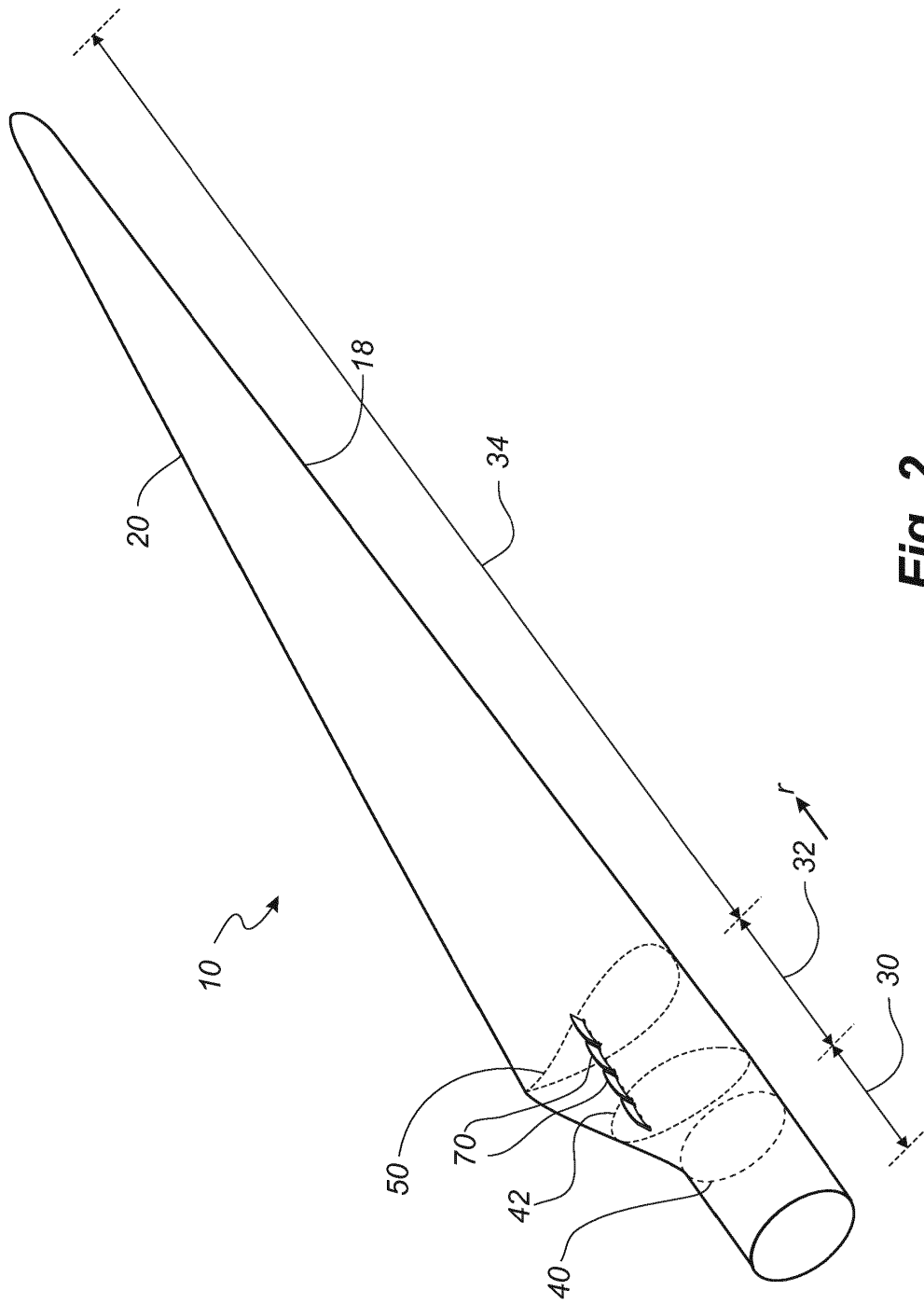


Fig. 2

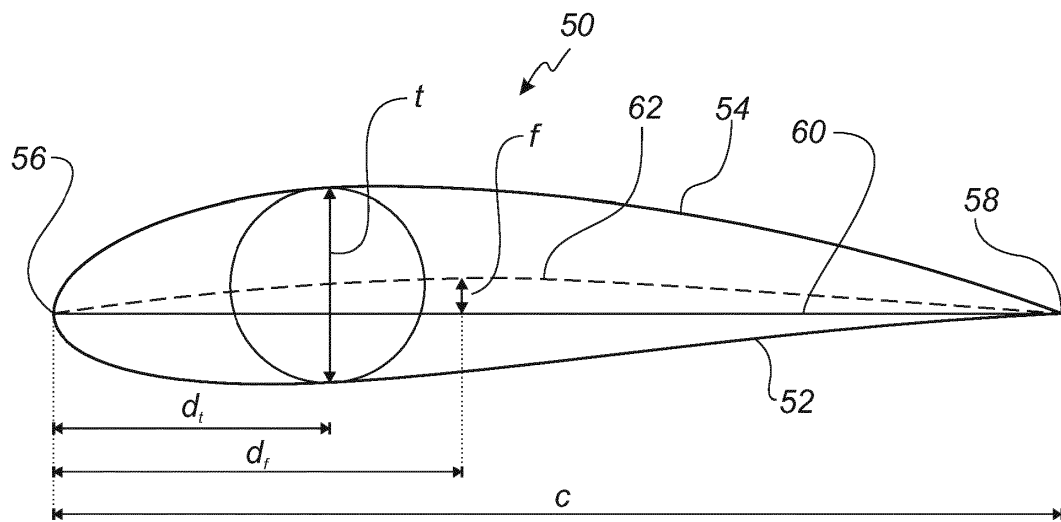


Fig. 3

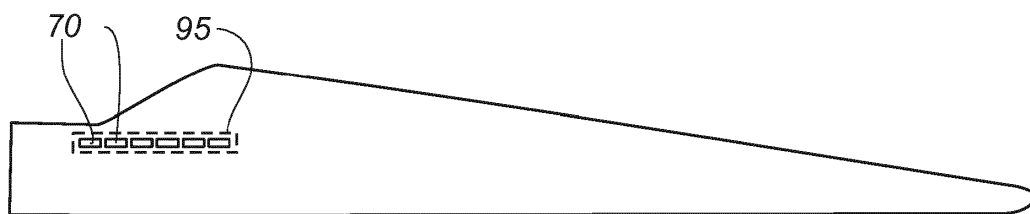


Fig. 4

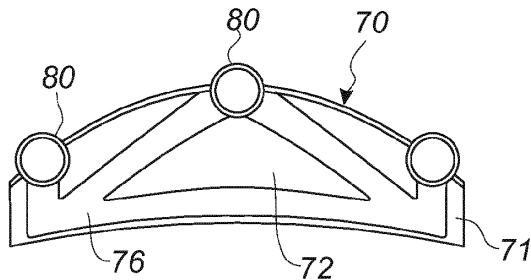


Fig. 5a

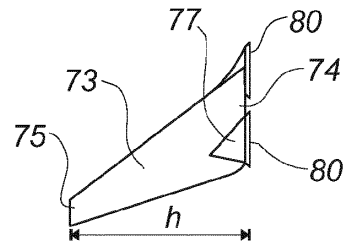


Fig. 5b

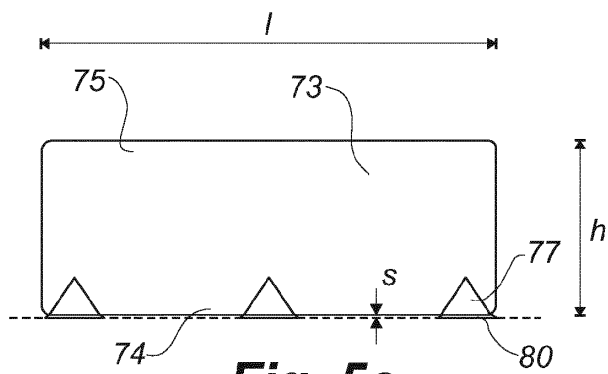


Fig. 5c

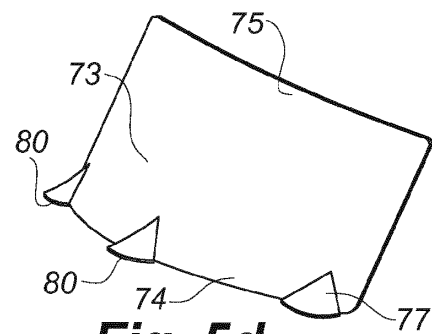


Fig. 5d

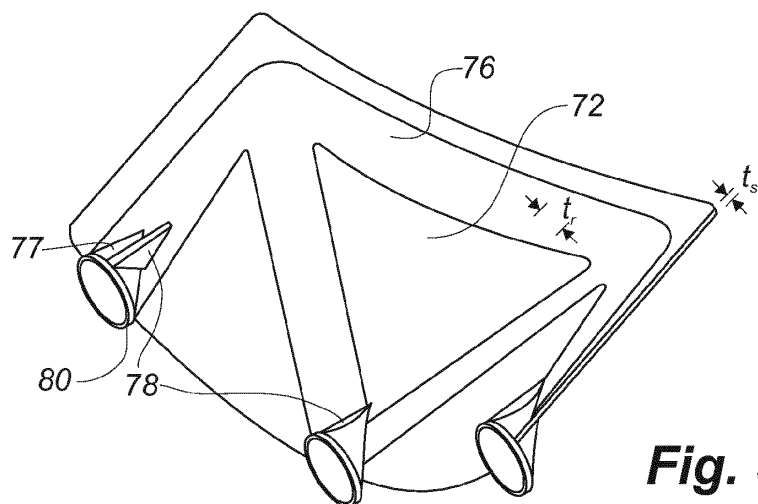
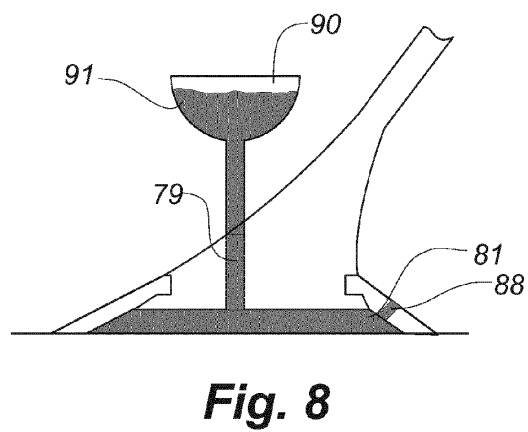
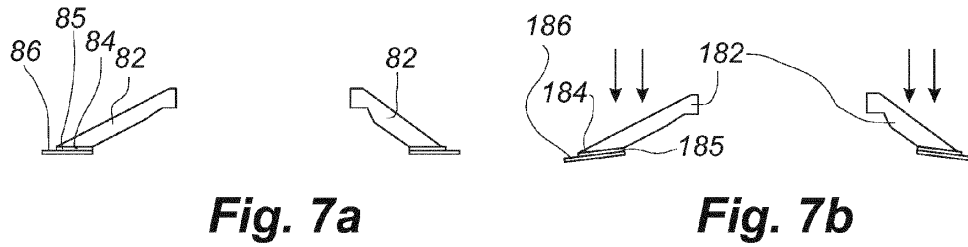
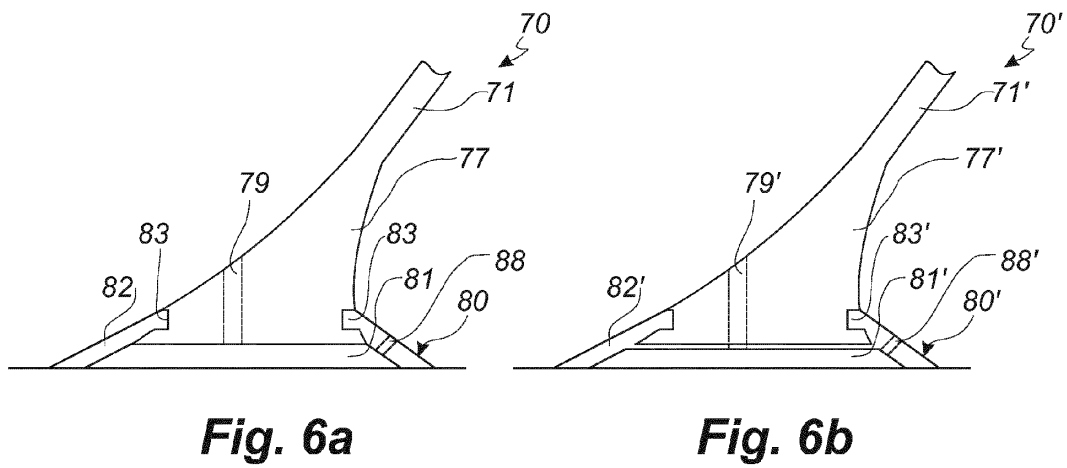


Fig. 5e



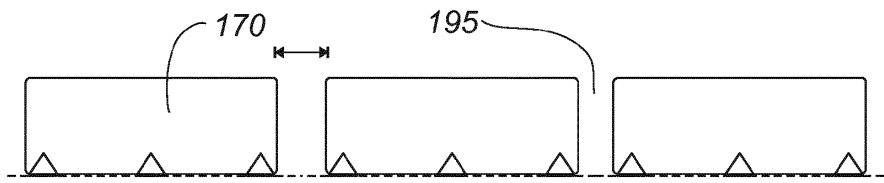


Fig. 9

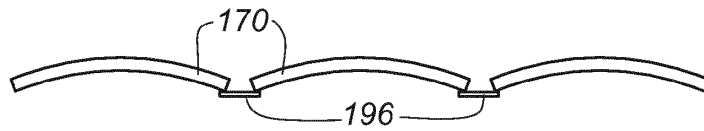


Fig. 10

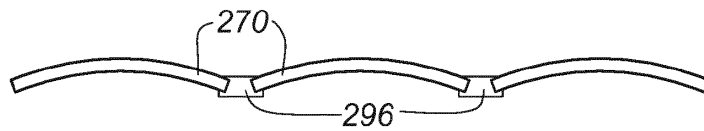


Fig. 11

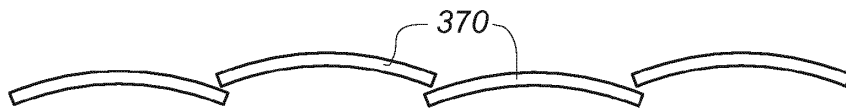


Fig. 12

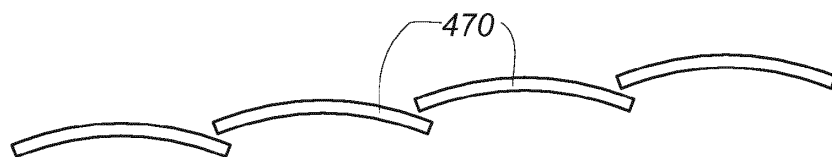
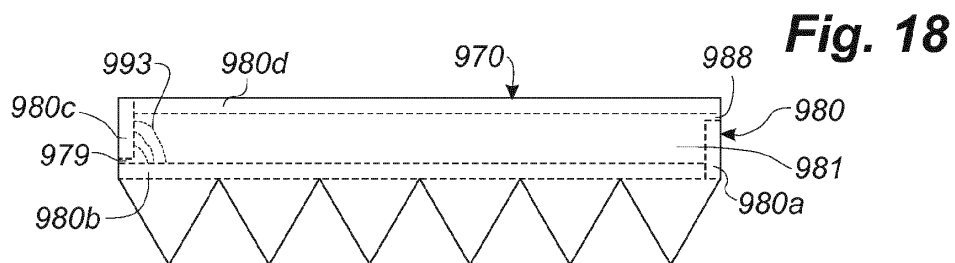
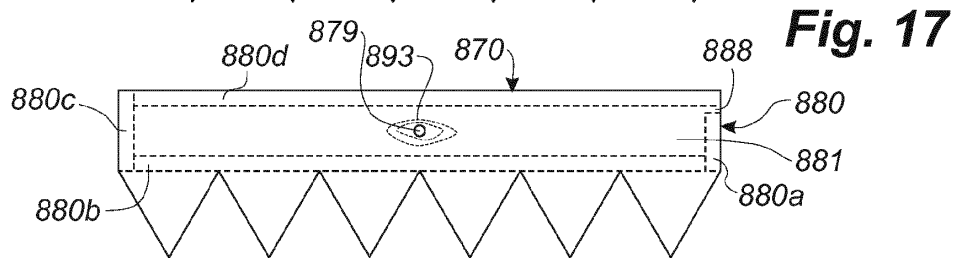
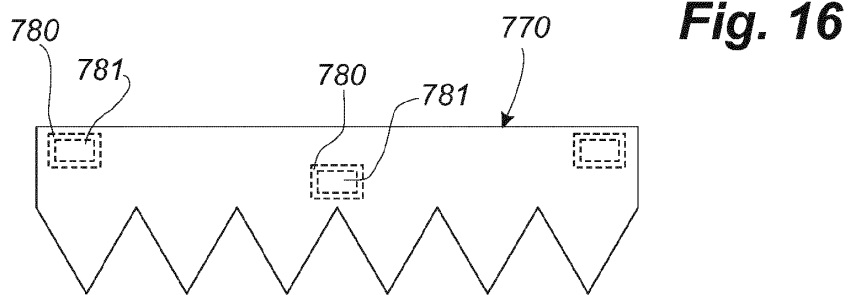
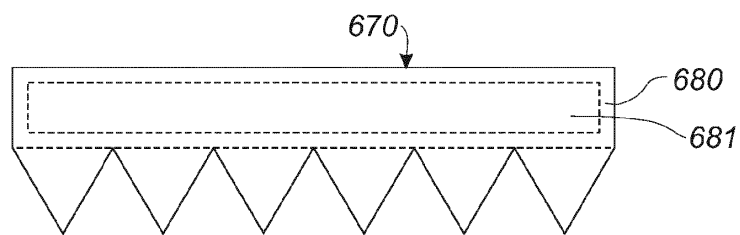
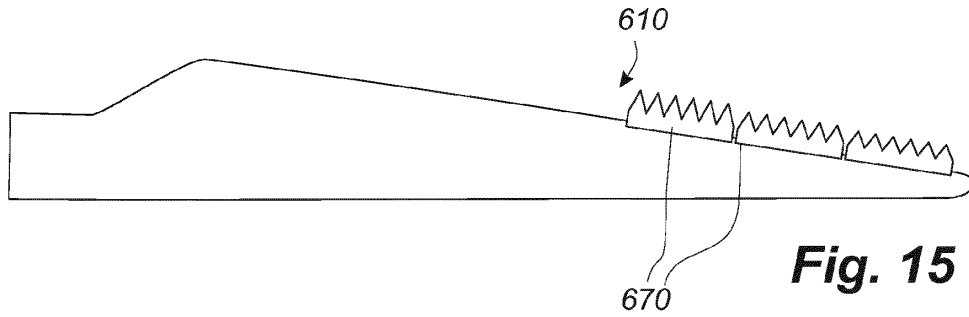


Fig. 13



Fig. 14



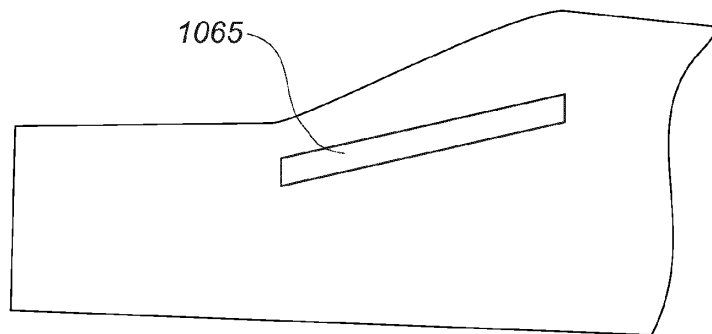


Fig. 20

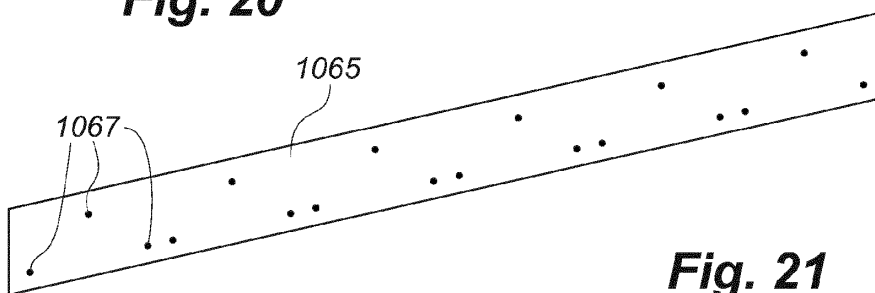


Fig. 21

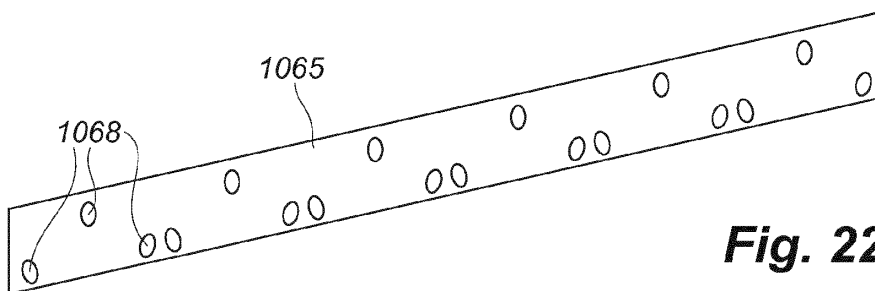


Fig. 22

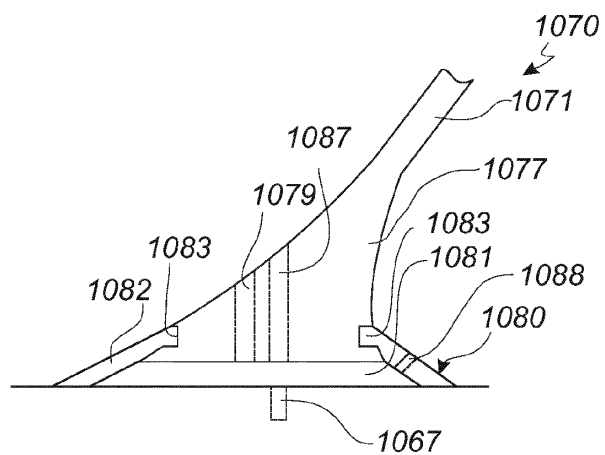


Fig. 23