

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 944 620**

51 Int. Cl.:

F03D 80/30

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2018** **E 18189139 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2023** **EP 3611373**

54 Título: **Soporte receptor de rayos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
22.06.2023

73 Titular/es:

LM WIND POWER A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

AUBRION, MATHILDE y
EIRIKSSON, BOAS

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 944 620 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

Soporte receptor de rayos

- 5 **[0001]** La presente divulgación se refiere a un soporte para soportar un componente de protección contra rayos, como un receptor de rayos y/o cables de rayos de una pala de turbina eólica.

ANTECEDENTES

- 10 **[0002]** A medida que las turbinas eólicas y las palas de las turbinas eólicas aumentan de tamaño, se incrementa el riesgo de que un rayo alcance la turbina eólica. Por ello, cada vez resulta más interesante dotar a las turbinas eólicas y, en particular, a las palas de las turbinas eólicas, de medidas de protección contra rayos.

- 15 **[0003]** Es conocido el suministro de palas para turbinas eólicas con receptores de rayos que están, en el interior de la pala, en conexión eléctrica con un pararrayos metálico capaz de conectar una corriente de rayo a tierra. Un ejemplo se divulga en EP3058220 A1.

- 15 **[0004]** Una pala de turbina eólica se suele ensamblar mediante una serie de componentes. Por ejemplo, una pala de turbina eólica típica se fabrica moldeando mitades de concha individuales, almas a cortante, etc.

- 20 **[0005]** Las palas de turbina eólica de polímero reforzado con fibra y, en particular, las conchas aerodinámicas de las palas de turbina eólica se fabrican normalmente en moldes, en los que el lado de presión y el lado de succión de la pala se fabrican por separado disponiendo esteras de fibra de vidrio y/u otro material de refuerzo de fibra, como fibra de carbono, en cada una de las dos partes del molde. Después, las dos mitades se colocan una encima de la otra y se pegan entre sí. Las partes de la pala pueden colocarse una encima de la otra girando y volviendo a colocar la mitad completa del molde.

- 25 **[0006]** Pueden añadirse receptores de rayos a la pala de la turbina eólica tras el conjunto de las dos partes de la pala. Por ejemplo, taladrando un agujero a través de la concha para acceder a un soporte situado en el interior de la pala, que está conectado a un cable conductor de bajada ("down conducting cable"). Dicho soporte puede ser un conjunto metálico conectado a un alma a cortante. Véase, por ejemplo, EP 1 664 528 B1.

RESUMEN

- 30 **[0007]** Es un objeto de la presente divulgación proporcionar elementos y métodos para soportar y/o instalar receptores de un sistema de protección contra rayos de forma más ventajosa.

- 35 **[0008]** En consecuencia, se divulga un elemento de soporte, como un elemento de soporte para un sistema de protección contra rayos de una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una región de raíz, una región de perfil alar con la punta, un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida. El elemento de soporte está configurado para soportar uno o más elementos del sistema de protección contra rayos, como una o más bases de receptores, por ejemplo en la región del perfil alar de la pala de la turbina eólica.

- 40 **[0009]** El elemento de soporte comprende una primera superficie configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica. La primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque. La primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta.

- 45 **[0010]** El elemento de soporte comprende una segunda superficie opuesta a la primera superficie. La segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque. La segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta.

- 50 **[0011]** El elemento de soporte comprende una superficie lateral de raíz configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz.

- 55 **[0012]** El elemento de soporte comprende una superficie lateral de punta configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta.

- [0013]** La primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse con un primer receptor del sistema de protección contra rayos.

[0014] También se divulga un método para soportar uno o más elementos de un sistema de protección contra rayos en una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta. La pala de la turbina eólica comprende una región raíz, una región de perfil alar con la punta, un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida.

[0015] El método comprende proporcionar un elemento de soporte, como el elemento de soporte divulgado anteriormente.

[0016] El elemento de soporte comprende una primera superficie configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica. La primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque. La primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta.

[0017] El elemento de soporte comprende una segunda superficie opuesta a la primera superficie. La segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque. La segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta.

[0018] El elemento de soporte comprende una superficie lateral de raíz configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz.

[0019] El elemento de soporte comprende una superficie lateral de punta configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica. La superficie de punta se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta.

[0020] La primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse a un primer receptor.

[0021] El método comprende la inserción de una primera base de receptor en el primer rebaje de la base de receptor del elemento de soporte.

[0022] El método comprende la colocación del elemento de soporte en una oquedad interna ("internal cavity") de la pala de la turbina eólica, entre el lado de presión y el lado de succión. El elemento de soporte puede estar pegado a un elemento de la pala de la turbina eólica. El elemento de soporte puede estar pegado al alma a cortante del borde de salida. El elemento de soporte puede estar pegado al lado de presión de la pala. El elemento de soporte puede pegarse al lado de succión de la pala. El elemento de soporte puede estar pegado a uno o varios de los bordes de salida del alma a cortante, al lado de presión de la pala de la turbina eólica y/o al lado de succión de la pala de la turbina eólica.

[0023] El método comprende proporcionar un agujero a través del lado de presión y/o del lado de succión para acceder a la primera base de receptor situada en el elemento de soporte. El agujero se puede proporcionar taladrando a través de la pala de la turbina eólica, como una concha de pala de la turbina eólica, como una concha de lado de presión y/o de lado de succión. Proporcionar el agujero puede incluir proporcionar una oquedad en la primera base de receptor y/o la segunda base de receptor. Alternativamente, proporcionar el agujero puede incluir proporcionar un agujero pasante en la primera base de receptor y/o la segunda base de receptor. Proporcionar el agujero puede comprender proporcionar un agujero roscado, por ejemplo, un agujero pasante roscado o una oquedad roscada, en la base del primer receptor y/o el segundo receptor.

[0024] El método comprende conectar el primer receptor a la primera base de receptor a través del agujero. Adicional o alternativamente, el método puede comprender la conexión del segundo receptor a la segunda base de receptor.

[0025] El primer receptor y la primera base de receptor pueden engranar en una configuración roscada. Por ejemplo, el primer receptor puede comprender una rosca exterior configurada para acoplarse a una rosca interior de la base del primer receptor, por ejemplo, una rosca interior que se proporciona al proporcionar el agujero a través del lado de presión y/o el lado de succión. El segundo receptor y la segunda base de receptor pueden engranarse en una configuración roscada. Por ejemplo, el segundo receptor puede incluir una rosca exterior configurada para acoplarse a una rosca interior de la base del segundo receptor, por ejemplo, una rosca interior que se proporciona al proporcionar el agujero a través del lado de presión y/o el lado de succión.

[0026] También se da a conocer una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta. La pala de la turbina eólica comprende una región de raíz, una región de perfil alar con la punta, un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida. La pala de la turbina eólica comprende un elemento de soporte, como el elemento de soporte descrito anteriormente. El elemento de soporte está configurado para soportar uno o más elementos del sistema de protección contra rayos.

[0027] El elemento de soporte comprende una primera superficie configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica. La primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque. La primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta.

[0028] El elemento de soporte comprende una segunda superficie opuesta a la primera superficie. La segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque. La segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta.

[0029] El elemento de soporte comprende una superficie lateral de raíz configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz.

[0030] El elemento de soporte comprende una superficie lateral de punta configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica y se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta.

[0031] La primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse con un primer receptor del sistema de protección contra rayos.

[0032] Una ventaja de la presente divulgación es que se proporciona un elemento de soporte ligero, fácil de colocar en la pala de la turbina eólica y que no necesita fijarse al alma a cortante taladrándola, lo que podría comprometer la resistencia estructural del alma a cortante. Así, la divulgación puede proporcionar una mayor resistencia y una menor probabilidad de fallo mecánico de las almas a cortante, así como un ensamblaje más rápido de la pala. El elemento de soporte sostiene los cables en comunicación con el receptor y/o la base de receptor y el conductor de bajada, proporcionando así una mayor resistencia y una menor probabilidad de fallo mecánico de los cables y del conductor de bajada.

[0033] El elemento de soporte puede comprender una pluralidad de rebajes de base de receptor. Por ejemplo, la primera superficie puede comprender una pluralidad de primeros rebajes de base de receptor, incluido el primer rebaje de base de receptor, configurados para recibir primeras bases de receptores para acoplarse con primeros receptores del uno o más receptores. La segunda superficie puede comprender un segundo rebaje de base de receptor configurado para recibir una segunda base de receptor para acoplarse con un segundo receptor del uno o más receptores. Alternativa o adicionalmente, la segunda superficie puede comprender uno o más rebajes de base de segundo receptor, como una pluralidad de rebajes de base de segundo receptor, incluido el rebaje de base de segundo receptor, configurados para recibir bases de segundo receptor para acoplarse con receptores de segundo receptor del uno o más receptores.

[0034] La primera superficie puede comprender una primera ranura de cable receptor primario. La primera superficie puede comprender una o más primeras ranuras de cable receptor, como una primera pluralidad de ranuras de cable receptor. La primera pluralidad de ranuras de cable receptor puede incluir la primera ranura de cable receptor primario. La primera ranura para cable receptor primario puede estar configurada para recibir al menos una parte primaria de un primer cable receptor para acoplar la primera base de receptor con un cable conductor de bajada.

[0035] La primera ranura del cable receptor primario puede estar en comunicación con el primer rebaje de la base de receptor del elemento de soporte. Por ejemplo, la ranura de la base del primer receptor puede estar en comunicación con la ranura del cable del primer receptor primario.

[0036] La primera ranura del cable receptor primario puede extenderse desde un primer punto del cable primario hasta un primer punto del cable secundario, por ejemplo, en una dirección perpendicular al primer borde de ataque. Alternativamente, la primera ranura del cable receptor primario puede extenderse desde el primer punto del cable primario hasta el primer punto del cable secundario en una dirección que forme un primer ángulo de ranura primario con el primer borde de ataque. El ángulo de la primera ranura primaria puede estar comprendido entre 20 y 90 grados, tal como entre 30 y 60 grados. Por ejemplo, el ángulo de la primera ranura primaria puede ser de 45 grados.

[0037] La segunda superficie puede comprender una segunda ranura de cable receptor primario. La segunda superficie puede comprender una o más segundas ranuras de cable receptor, como una pluralidad de segundas ranuras de cable receptor. La pluralidad de segundas ranuras de cable receptor puede incluir la segunda ranura de cable receptor primario. La segunda ranura del cable receptor primario puede estar configurada para recibir al menos una parte primaria de un segundo cable receptor para acoplar la segunda base de receptor con un cable conductor de bajada.

[0038] La primera ranura del cable receptor primario y/o la segunda ranura del cable receptor primario pueden tener un tamaño tal que se pueda proporcionar un primer cable receptor o un segundo cable receptor dentro de

las ranuras. Por ejemplo, la primera ranura del cable receptor primario y/o la segunda ranura del cable receptor primario pueden tener una anchura de entre 10 y 20 mm.

[0039] La segunda ranura del cable receptor primario puede estar en comunicación con el segundo rebaje de la base de receptor del elemento de soporte. Por ejemplo, el segundo rebaje de la base de receptor puede estar en comunicación con la segunda ranura del cable receptor primario.

[0040] La segunda ranura del cable receptor primario puede extenderse desde un segundo punto del cable primario hasta un segundo punto del cable secundario, por ejemplo, en una dirección perpendicular al segundo borde de ataque. Alternativamente, la segunda ranura del cable receptor primario puede extenderse desde el segundo punto del cable primario hasta el segundo punto del cable secundario en una dirección que forme un ángulo de segunda ranura primaria con el segundo borde de ataque. El ángulo de la segunda ranura primaria puede estar comprendido entre 20 y 90 grados, tal como entre 30 y 60 grados. Por ejemplo, el ángulo de la segunda ranura primaria puede ser de 45 grados.

[0041] El elemento de soporte puede comprender una superficie de borde de ataque que se extiende entre el primer borde de ataque y el segundo borde de ataque. La superficie del borde de ataque puede estar configurada para fijarse a un alma a cortante o al lado de un larguero que se extiende entre el lado de succión y el lado de presión de la pala de la turbina eólica. Por ejemplo, el elemento de soporte, como la superficie del borde de ataque del elemento de soporte, puede estar configurado para fijarse a un alma a cortante del borde de salida o a un lado del larguero del borde de salida.

[0042] El elemento de soporte puede estar configurado para colocarse en una oquedad del borde de salida, por ejemplo entre el borde de salida y el alma a cortante o el lado del larguero. El elemento de soporte puede tener la forma adecuada para encajar en la oquedad del borde de salida, como una posición específica a lo largo de la dirección longitudinal de la oquedad del borde de salida.

[0043] El elemento de soporte puede comprender una superficie de borde de salida que se extiende entre el primer borde de salida y el segundo borde de salida. La superficie del borde de salida puede estar configurada para fijarse a un alma a cortante o al lado de un larguero que se extiende entre el lado de succión y el lado de presión de la pala de la turbina eólica. Por ejemplo, el elemento de soporte, como la superficie del borde de salida del elemento de soporte, puede estar configurado para fijarse a un alma a cortante del borde de ataque o a un lado del larguero del borde de ataque.

[0044] El elemento de soporte puede estar configurado para colocarse en una oquedad del borde de ataque, por ejemplo entre el borde de ataque y el alma a cortante o el lado del larguero. El elemento de soporte puede tener la forma adecuada para encajar en la oquedad del borde de ataque, por ejemplo en una posición específica a lo largo de la dirección longitudinal de la oquedad del borde de ataque.

[0045] La superficie del borde de ataque y/o la superficie del borde de salida pueden comprender una ranura para el conductor primario de bajada. La ranura del conductor primario de bajada puede estar configurada para recibir al menos una parte primaria de un cable conductor de bajada. La ranura del conductor primario de bajada puede tener un tamaño tal que la parte primaria del cable conductor de bajada pueda disponerse dentro de la ranura. Por ejemplo, la ranura del conductor primario de bajada puede tener una anchura de entre 15 y 30 mm.

[0046] La ranura del conductor primario de bajada puede extenderse desde un primer punto de conductor de bajada hasta un punto de conductor primario de bajada, como en la superficie del borde de ataque y/o en la superficie del borde de salida. La ranura del conductor primario de bajada puede extenderse a lo largo de un eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica desde el primer punto del conductor de bajada hasta el punto del conductor primario de bajada. Alternativamente, la ranura del conductor primario de bajada puede extenderse a lo largo de una dirección desde el primer punto del conductor de bajada hasta el punto del conductor primario de bajada formando un ángulo del conductor primario de bajada con el eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica en un plano de la superficie del borde de ataque y/o de la superficie del borde de salida. El ángulo del conductor primario de bajada puede estar comprendido entre 10 y 45 grados, tal como entre 15 y 30 grados. Por ejemplo, el ángulo del conductor de bajada primario puede ser de 20 grados.

[0047] La superficie del borde de ataque y/o la superficie del borde de salida pueden comprender una ranura secundaria para el conductor de bajada. La ranura del conductor secundario de bajada puede estar configurada para recibir al menos una parte secundaria de un cable conductor de bajada. La ranura del conductor secundario de bajada puede tener un tamaño tal que la parte secundaria del cable conductor de bajada pueda disponerse dentro de la ranura. Por ejemplo, la ranura del conductor secundario de bajada puede tener una anchura de entre 15 y 30 mm.

[0048] La ranura del conductor secundario de bajada puede extenderse a lo largo de una dirección desde un primer punto de conductor de bajada hasta un punto de conductor secundario de bajada, como en la superficie del borde de ataque y/o en la superficie del borde de salida. La ranura del conductor secundario de bajada puede extenderse

a lo largo del eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica desde el primer punto del conductor de bajada hasta el punto del conductor secundario de bajada. Alternativamente, la ranura del conductor secundario de bajada puede extenderse a lo largo de una dirección desde el primer punto del conductor de bajada hasta el punto del conductor secundario de bajada formando un ángulo del conductor secundario de bajada con el eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica en un plano de la superficie del borde de ataque y/o de la superficie del borde de salida. El ángulo del conductor secundario de bajada puede estar comprendido entre 10 y 45 grados, tal como entre 15 y 30 grados. Por ejemplo, el ángulo del conductor secundario de bajada puede ser de 20 grados.

[0049] La superficie del borde de ataque y/o la superficie del borde de salida pueden comprender una primera ranura para cable receptor secundario. La superficie del borde de ataque y/o la superficie del borde de salida pueden comprender una segunda ranura para cable receptor secundario. La superficie del borde de ataque y/o la superficie del borde de salida pueden comprender una pluralidad de ranuras de cable receptor secundario, por ejemplo, incluyendo la primera ranura de cable receptor secundario y/o la segunda ranura de cable receptor secundario. La primera ranura del cable receptor secundario puede estar configurada para recibir al menos una parte secundaria de un primer cable receptor para acoplar la primera base de receptor con el cable conductor de bajada. La segunda ranura del cable receptor secundario puede estar configurada para recibir al menos una parte secundaria de un segundo cable receptor para acoplar la segunda base de receptor con el cable conductor de bajada.

[0050] La primera ranura para el cable receptor secundario y/o la segunda ranura para el cable receptor secundario pueden tener un tamaño tal que se pueda proporcionar un primer cable receptor o un segundo cable receptor dentro de las ranuras. Por ejemplo, la ranura del primer cable receptor secundario y/o la ranura del segundo cable receptor secundario pueden tener una anchura de entre 10 y 20 mm.

[0051] La primera ranura del cable receptor secundario puede estar en comunicación con la ranura del conductor primario de bajada. Adicional o alternativamente, la primera ranura del cable receptor secundario puede estar en comunicación con la ranura del conductor secundario de bajada. La segunda ranura del cable receptor secundario puede estar en comunicación con la ranura del conductor primario de bajada. Adicional o alternativamente, la segunda ranura del cable receptor secundario puede estar en comunicación con la ranura del conductor secundario de bajada.

[0052] El elemento de soporte puede estar hecho de un material de bajo peso. El elemento de soporte puede estar hecho de una espuma. El elemento de soporte puede estar hecho de un polímero, por ejemplo polietileno, como el polietileno de baja densidad. El elemento de soporte puede estar hecho de una espuma polimérica. El elemento de soporte puede estar hecho de espuma de polietileno de baja densidad.

[0053] El elemento de soporte puede comprender una o más cavidades de orientación ("orientation pockets"). El elemento de soporte puede comprender una primera cavidad de orientación y/o una segunda cavidad de orientación. El elemento de soporte puede comprender una pluralidad de cavidades de orientación, por ejemplo, incluyendo la primera cavidad de orientación y/o la segunda cavidad de orientación. La primera cavidad de orientación puede estar situada a una distancia predeterminada del primer rebaje de base de receptor. La segunda cavidad de orientación puede estar situada a una distancia predeterminada del segundo rebaje de base de receptor.

[0054] La primera cavidad de orientación y/o la segunda cavidad de orientación pueden estar configuradas para recibir un elemento magnético, por ejemplo un primer elemento magnético y/o un segundo elemento magnético. Alternativa o adicionalmente, la primera cavidad de orientación y/o la segunda cavidad de orientación pueden comprender el elemento magnético, por ejemplo el primer elemento magnético y/o el segundo elemento magnético. El elemento de soporte puede estar hecho de un material no magnético y/o de un material menos influenciado por un campo magnético que el elemento magnético, por ejemplo el primer elemento magnético y/o el segundo elemento magnético.

[0055] La primera cavidad de orientación puede estar provista en la primera superficie. La segunda cavidad de orientación puede estar situada en la segunda superficie.

[0056] Al proporcionar una cavidad de orientación a una distancia predeterminada de un rebaje de la base de receptor, puede facilitarse el proceso de proporcionar correctamente un agujero pasante en la pala para acoplar el receptor a la base de receptor. Por ejemplo, la posición de la primera base de receptor en el elemento de soporte puede localizarse antes de proporcionar el agujero a través del lado de presión y/o el lado de succión. La localización de la posición de la primera base de receptor puede comprender la ubicación de un elemento magnético en una cavidad de orientación del elemento de soporte a través del lado de presión y/o del lado de succión.

[0057] El elemento de soporte puede comprender una superficie de borde de salida que se extiende entre el primer borde de salida y el segundo borde de salida. Alternativamente, el primer borde de salida puede formar el segundo

borde de salida. Alternativamente, el primer borde de salida y el segundo borde de salida pueden formar dos bordes separados.

[0058] En el primer borde de salida y/o en el segundo borde de salida y/o en el primer borde de entrada y/o en el segundo borde de entrada, la superficie del elemento de soporte puede estar inclinada. La superficie puede estar inclinada de manera que no siga el contorno del lado de succión y/o del lado de presión. De este modo, pueden formarse oquedades de drenaje entre estos bordes y el lado de succión y/o el lado de presión. Las oquedades de drenaje pueden estar configuradas para permitir que el agua acumulada en el interior de la pala de la turbina eólica fluya en la dirección longitudinal de la pala para drenar a través de los agujeros de drenaje. La sección transversal de las oquedades de drenaje puede ser, por ejemplo, circular, ovalada, rectangular o triangular.

[0059] Alternativa o adicionalmente, las superficies inclinadas del elemento de soporte pueden dejar espacio para elementos estructurales de la pala, como bridas o tapas del larguero o alma a cortante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0060] Las realizaciones de la divulgación se describirán con más detalle a continuación en relación con las figuras adjuntas. Las figuras muestran una forma de llevar a la práctica la presente invención y no deben interpretarse como limitativas de otras posibles realizaciones que entren dentro del ámbito del juego de reivindicaciones adjunto.

La fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra una turbina eólica de ejemplo,

La fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una pala de ejemplo de turbina eólica,

La fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una pala de ejemplo de turbina eólica,

La fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica de ejemplo que incluye un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 5 es un diagrama esquemático que ilustra una parte de ejemplo de un sistema de protección contra rayos,

La fig. 6a es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 6b es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 7 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 9 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 10 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 11a es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 11b es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 12 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 13 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 14 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 15 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 16 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo,

La fig. 17 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte de ejemplo, y

La fig. 18 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para soportar elementos de un sistema de protección contra rayos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0061] La fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna convencional de barlovento 2 según el llamado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8, y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una de las cuales tiene una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8.

[0062] La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10 de ejemplo. La pala de la turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional con un extremo de raíz 17 y un extremo de punta 15 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 ésta está montada en el buje, y un borde de salida 20 orientado en la dirección opuesta al borde de ataque 18.

[0063] La región del perfil alar 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de la raíz 30, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, facilita y hace más seguro el montaje de la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 puede ser constante

a lo largo de toda la zona de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la forma circular o elíptica de la región de la raíz 30 al perfil alar de la región de perfil alar 34. La longitud de la cuerda de la región de transición 32 aumenta típicamente con el incremento de la distancia r desde el buje. La región de perfil alar 34 tiene un perfil alar con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el buje.

[0064] Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición en la que la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 suele estar situado en el límite entre la región de transición 32 y la región de perfil alar 34.

[0065] Debe tenerse en cuenta que las cuerdas de las diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, precurvada), proporcionando así al plano de las cuerdas un curso correspondientemente torsionado y/o curvado, siendo éste el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala depende del radio desde el buje.

[0066] La pala de la turbina eólica 10 comprende una concha de pala que puede constar de dos partes, una primera 24 y una segunda 26, normalmente de polímero reforzado con fibra. La primera parte de la concha de pala 24 es típicamente una parte de la concha de pala del lado de presión o de barlovento. La segunda parte de la concha de pala 26 suele ser un lado de succión o una parte de la concha de pala a sotavento. La primera parte de la concha de pala 24 y la segunda parte de la concha de pala suelen estar pegadas a lo largo de las líneas de unión o juntas de pegado 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10. Normalmente, los extremos de raíz de las partes de la concha de pala 24, 26 tienen una forma de sección transversal exterior semicircular o semiovalada.

[0067] La pala de la turbina eólica 10 se extiende a lo largo de un eje longitudinal L . El extremo de raíz 17 se extiende en un plano de extremo de raíz, sustancialmente perpendicular al eje longitudinal L . Uno o más receptores, como un primer receptor 72 y/o un segundo receptor 72', se distribuyen a lo largo de la superficie de la pala, como en el lado de succión 26 y/o el lado de presión 24. Cada uno de los receptores 72, 72' está conectado a un cable receptor 89 respectivo. Cada cable receptor 89 está conectado a un conductor de bajada 42. El conductor de bajada 42 discurre en una dirección a lo largo del eje longitudinal L .

[0068] La fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de la región de perfil alar de una pala de ejemplo de turbina eólica 10, como la pala de turbina eólica 10 de la fig. 2. La pala de la turbina eólica 10 comprende un borde de salida 20, un borde de ataque 18, un lado de presión 24, un lado de succión 26, almas a cortante 41, como un alma a cortante del borde de salida 41a y un alma a cortante del borde de ataque 41b, y una línea de cuerda 38 que va desde el borde de salida 18 hasta el borde de salida 20. Las almas a cortante 41 pueden ser de acero o de acero inoxidable. En una pala de turbina eólica alternativa, las almas a cortante 41 podrían sustituirse por lados de un larguero. Así, aunque a continuación se dan ejemplos de una pala de turbina eólica con almas a cortante, éstas podrían sustituirse por lados de un larguero.

[0069] La fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de la región del perfil alar de una pala de ejemplo de turbina eólica 10, como la pala de turbina eólica de las figs. 2 ó 3. La pala de la turbina eólica comprende un elemento de soporte 50 de ejemplo. La pala de la turbina eólica comprende un borde de ataque 20, un borde de ataque 18, un lado de presión 24, un lado de succión 26, almas a cortante 41. El elemento de soporte 50 se monta en la pala de la turbina eólica 10 en la zona del borde de salida 20, por ejemplo, entre el alma a cortante 41a y el borde de salida 20. El elemento de soporte 50 está fijado a un alma a cortante 41, como el alma a cortante del borde de salida 41a. En otra pala de ejemplo de turbina eólica, además o alternativamente, puede fijarse un elemento de soporte al alma a cortante del borde de ataque 41b, por ejemplo, para situarlo entre el alma a cortante del borde de ataque 41b y el borde de ataque 18. El elemento de soporte 50 puede fijarse, por ejemplo, pegándolo al alma a cortante 41 y/o al lado de presión 24 y/o al lado de succión 26.

[0070] El elemento de soporte 50 comprende una primera superficie 52 orientada hacia el lado de succión 26. La primera superficie 52 tiene un primer borde de ataque 53 hacia el borde de ataque 18 de la pala de la turbina eólica 10 y un primer borde de salida 63 hacia el borde de salida 20 de la pala de la turbina eólica 10. La primera superficie 52 tiene además un primer borde de raíz 57 hacia la región de la raíz de la pala de la turbina eólica 10 y un primer borde de punta 59 hacia la punta de la pala. El elemento de soporte 50 tiene una segunda superficie 54 opuesta a la primera superficie 52 y orientada hacia el lado de presión 24 de la pala de la turbina eólica 10. En un ejemplo alternativo, el elemento de soporte 50 podría haberse girado al revés, de tal manera que la primera superficie 52 estuviera orientada hacia el lado de presión 24 y la segunda superficie 54 hacia el lado de succión 26 de la pala. La segunda superficie 54 comprende un segundo borde de ataque 55 hacia el borde de ataque 18 de la pala de la turbina eólica 10 y un segundo borde de salida 64 hacia el borde de salida de la pala. El elemento de soporte 50 comprende además una superficie lateral de raíz 56 orientada hacia la región de raíz de la pala, y una superficie lateral de punta 58 opuesta a la superficie lateral de raíz 56 y orientada hacia la punta de la pala de la turbina eólica 10. La superficie lateral de raíz 56 se extiende entre el primer borde de raíz 57 y un segundo borde de la raíz 67.

[0071] El elemento de soporte 50 comprende además un primer rebaje de base de receptor 76 configurado para recibir una primera base de receptor 74 para acoplarse con un primer receptor 72 del sistema de protección contra

rayos de la pala (véase, por ejemplo, la Fig. 5). El primer rebaje de la base de receptor 76 está en comunicación con una primera ranura del cable receptor primario 80, que puede recibir una parte primaria 81 de un primer cable receptor 89 para su acoplamiento con la primera base de receptor 74 (véase, por ejemplo, la Fig. 5). El elemento de soporte 50 comprende además una primera cavidad de orientación 90, que puede comprender un imán y/o un elemento magnético. La segunda superficie 54 (véase, por ejemplo, la fig. 10) del elemento de soporte 50 también puede comprender un segundo rebaje de base de receptor 76' para recibir una segunda base de receptor 74' para su acoplamiento con un segundo receptor 72'. La segunda superficie 54 también puede comprender una segunda ranura de cable primario 80' en comunicación con los segundos rebajes de la base de receptor 76'. La segunda superficie 54 también puede comprender una segunda cavidad de orientación 90'.

[0072] En la fig. 4, el elemento de soporte 50 está colocado en la pala de la turbina eólica 10, de manera que la primera superficie 52 está en contacto con el lado de succión 26 de la pala de la turbina eólica 10 y la segunda superficie 54 está en contacto con el lado de presión 24 de la pala de la turbina eólica. En el primer borde de salida 63, el segundo borde de salida 64, el primer borde de ataque 53 y el segundo borde de ataque 55, la superficie del elemento de soporte está inclinada, de manera que no sigue el contorno del lado de succión 26 y del lado de presión 24, para formar oquedades de drenaje 44. Las oquedades de drenaje 44 están configuradas de tal manera que la primera superficie 52 está en contacto con el lado de succión 26 de la pala de la turbina eólica 10 y la segunda superficie 54 está en contacto con el lado de presión 24 de la pala de la turbina eólica. Las oquedades de drenaje 44 están configuradas para permitir que cualquier agua acumulada internamente en la pala de la turbina eólica 10 fluya en la dirección longitudinal de la pala de la turbina eólica 10 con el fin de drenar a través de los agujeros de drenaje.

[0073] La fig. 5 es un diagrama esquemático que ilustra una parte de ejemplo de un sistema de protección contra rayos. El sistema de protección contra rayos comprende una parte que incluye al menos una primera base de receptor 74. La primera base de receptor 74 está configurada para conectarse a un primer receptor 72, que se indica mediante el círculo punteado en la Fig. 5. La base de receptor 74 está conectada además a un cable receptor 89. El cable receptor 89 tiene una parte primaria 81 y una parte secundaria 83. La base de receptor 74 está conectada a la parte primaria 81 del cable receptor 89. El cable receptor 89 está conectado a un conductor de bajada 42. El conductor de bajada tiene una parte primaria 85 y una parte secundaria 87. La parte primaria 85 del conductor de bajada 42 puede estar conectada al cable receptor 89 y extenderse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica. La parte secundaria 87 del conductor de bajada 42 puede estar conectada al cable receptor 89 y extenderse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica. El cable receptor 89 y el conductor de bajada 42 pueden unirse en una intersección de ranuras en un elemento de soporte, como el elemento de soporte 50 mostrado en la Fig. 4. El conductor de bajada 42 está configurado para conducir un rayo potencial a tierra. Como también se ilustra, el sistema de protección contra rayos puede comprender otras bases de receptores, como una segunda base de receptor 74' configurada para conectarse a un segundo receptor 72', una tercera base de receptor 74'' configurada para conectarse a un tercer receptor 72'' una cuarta base de receptor 74''' configurada para conectarse a un cuarto receptor 72''', una quinta base de receptor 74'''' configurada para conectarse a un quinto receptor 72'''' y/o una sexta base de receptor 74''''' configurada para conectarse a un sexto receptor 72'''''. La segunda base de receptor 74', la tercera base de receptor 74'', la cuarta base de receptor 74''', la quinta base de receptor 74'''' y la sexta base de receptor 74''''' pueden conectarse al conductor de bajada 42 de forma similar a la descrita para la primera base de receptor 74.

[0074] La fig. 6a es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 que se muestra en la fig. 4. El elemento de soporte 50 comprende una primera superficie 52, por ejemplo, para orientarse hacia el lado de succión, como se ilustra en la Fig. 4. La primera superficie 52 tiene un primer borde de ataque 53 orientado hacia el borde de ataque de la pala y un primer borde de salida 63 orientado hacia el borde de salida de la pala. La primera superficie 52 tiene además un primer borde de punta 59 orientado hacia la punta de pala y un primer borde de raíz 57 orientado hacia la región de raíz de la pala. El primer borde de salida 63 y el segundo borde de salida 64 pueden ser dos bordes separados, como se ilustra, o pueden formar un borde coincidente. El elemento de soporte 50 comprende una superficie lateral de raíz 56 para estar orientado hacia la región de raíz de la pala. La superficie lateral de raíz 56 se extiende entre un primer borde de raíz 57 y un segundo borde de raíz 67.

[0075] El elemento de soporte 50 comprende un primer rebaje de base de receptor 76 configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse con un primer receptor del sistema de protección contra rayos de la pala de la turbina eólica. El primer rebaje de la base de receptor 76 está provisto en la primera superficie 52. El primer rebaje de base de receptor 76 está en comunicación con una primera ranura de cable receptor primario 80, que puede recibir parte de un primer cable receptor, como una parte primaria, para acoplarse con una primera base de receptor en el primer rebaje de base de receptor 76. La primera ranura del cable receptor primario 80 está provista en la primera superficie 52.

[0076] El elemento de soporte 50 comprende una primera cavidad de orientación 90 provista en la primera superficie 52. La primera cavidad de orientación 90 puede comprender un imán y/o un elemento magnético. Por ejemplo, el acoplamiento de un receptor a una base de receptor situada en el elemento de soporte 50 puede implicar la realización de un agujero a través de la concha de la pala de la turbina eólica. Por lo tanto, al localizar

la posición de la primera base de receptor y, por lo tanto, al localizar la posición para proporcionar un agujero pasante en la concha, un elemento magnético proporcionado en el elemento de soporte 50 a una distancia y orientación predeterminadas en relación con la base de receptor puede facilitar el proceso de proporcionar correctamente el agujero pasante para acoplar el receptor a la base de receptor.

5

[0077] El elemento de soporte comprende además una ranura para el conductor de bajada primario 84 y una ranura para el conductor de bajada secundario para recibir un conductor de bajada del sistema de protección contra rayos.

10

[0078] La figura 6b es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 comprende una segunda superficie 54, por ejemplo para orientarse hacia el lado de presión. La segunda superficie 54 tiene un segundo borde de ataque 55 orientado hacia el borde de ataque de la pala y un segundo borde de salida 64 orientado hacia el borde de salida de la pala. La segunda superficie 54 tiene además un segundo borde de punta 69 orientado hacia la punta de la pala y un segundo borde de raíz 67 orientado hacia la zona de la raíz de la pala. El primer borde de salida 63 y el segundo borde de salida 64 pueden ser dos bordes separados, como se ilustra, o pueden formar un borde coincidente.

15

20

[0079] El elemento de soporte 50 comprende un segundo rebaje de base de receptor 76' configurado para recibir una segunda base de receptor para acoplarse con un segundo receptor del sistema de protección contra rayos de la pala de la turbina eólica. El segundo rebaje de la base de receptor 76' está previsto en la segunda superficie 54. El segundo rebaje de la base de receptor 76' está en comunicación con una segunda ranura del cable receptor primario 80', que puede recibir parte de un segundo cable receptor, como una parte primaria, para su acoplamiento con una segunda base de receptor en el segundo rebaje de la base de receptor 76'. La segunda ranura del cable receptor primario 80' está provista en la segunda superficie 54.

25

30

[0080] El elemento de soporte 50 comprende una segunda cavidad de orientación 90' provista en la segunda superficie 54. La segunda cavidad de orientación 90' puede comprender un imán y/o un elemento magnético. Por ejemplo, el acoplamiento de un receptor a una base de receptor situada en el elemento de soporte 50 puede implicar la realización de un agujero a través de la concha de la pala de la turbina eólica. Por lo tanto, a la hora de localizar la posición de la segunda base de receptor y, por lo tanto, de localizar la posición para proporcionar un agujero pasante en la concha, un elemento magnético proporcionado en el elemento de soporte 50 a una distancia y orientación predeterminadas con respecto a la base de receptor puede facilitar el proceso de proporcionar correctamente el agujero pasante para acoplar el receptor a la base de receptor.

35

[0081] El elemento de soporte comprende además una ranura para el conductor de bajada primario y una ranura para el conductor de bajada secundario 86 para recibir un conductor de bajada del sistema de protección contra rayos.

40

[0082] El elemento de soporte 50 comprende una superficie lateral de punta 58 opuesta a la superficie lateral de raíz y orientada hacia la punta de pala. La superficie lateral de punta 58 se extiende entre un primer borde de punta 59 y un segundo borde de punta 69.

45

[0083] La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 comprende una primera superficie 52 que se extiende entre un primer borde de ataque 53 y un primer borde de salida 63. La primera superficie 52 comprende una primera cavidad de orientación 90, un primer rebaje de base de receptor 76, y una primera ranura de cable receptor primario 80 en comunicación con el primer rebaje de base de receptor 76. El elemento de soporte 50 comprende una superficie lateral de raíz 56 para estar orientado hacia la región de raíz de la pala de la turbina eólica. La superficie lateral de raíz 56 se extiende entre un primer borde de raíz 57 y un segundo borde de raíz 67.

50

55

[0084] El elemento de soporte 50 comprende además una superficie de borde de ataque 60, que se extiende entre el primer borde de ataque 53 y el segundo borde de ataque 55, para orientarse hacia el borde de ataque de la pala de la turbina eólica. La superficie del borde de ataque 60 puede formar una superficie plana, una superficie curvada o una superficie con una pluralidad de partes superficiales. Por ejemplo, como se ilustra en la fig. 7, la superficie del borde de ataque 60 puede comprender una primera parte de superficie del borde de ataque 60', una parte de superficie del borde de ataque principal 60" y una segunda parte de superficie del borde de ataque 60"". Las partes de superficie del borde de ataque 60', 60", 60"" pueden no ser paralelas. La superficie del borde de ataque 60 comprende una primera ranura de cable receptor secundario 82, en prolongación de la primera ranura de cable receptor primario 80 para recibir un cable receptor, como una parte secundaria de un primer cable receptor. La superficie del borde de ataque 60 incluye una segunda ranura para cable receptor secundario 82', para recibir un cable receptor, como una parte secundaria de un segundo cable receptor. La superficie del borde de ataque 60 comprende una ranura para el conductor de bajada primario 84, para recibir un conductor de bajada del sistema de protección contra rayos de una pala, como una parte primaria de un conductor de bajada. La superficie del borde de ataque 60 incluye una ranura secundaria 86 para recibir un conductor de bajada del sistema de protección contra rayos de una pala, como una parte secundaria de un conductor de bajada. Las ranuras de los cables

60

65

receptores 82, 82' y las ranuras de los conductores de bajada 84, 86 pueden unirse en una intersección de ranuras 88. El cable o cables receptores y el conductor de bajada pueden unirse en la intersección de ranuras 88, por ejemplo mediante soldadura exotérmica, como la cadweld.

[0085] La figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 comprende una primera superficie 52 que se extiende entre un primer borde de ataque 53 y un primer borde de salida 63. La primera superficie 52 comprende una primera cavidad de orientación 90 y un primer rebaje de base de receptor 76. El primer rebaje de la base de receptor 76 está en comunicación con una primera ranura del cable receptor primario 80. El elemento de soporte 50 comprende además una superficie lateral de raíz 56 que está orientada hacia la región de raíz de la pala de la turbina eólica. La superficie lateral de raíz 56 se extiende entre un primer borde de raíz 57 y un segundo borde de raíz 67. La primera ranura del cable receptor primario 80 se extiende desde un primer punto de cable primario p11 hasta un segundo punto de cable primario p21. La primera ranura del cable receptor primario 80 se extiende en una dirección que forma un primer ángulo de ranura primario $\alpha 11$ con el primer borde de ataque 53. El ángulo de la primera ranura primaria $\alpha 11$ puede ser de 90 grados o estar comprendido entre 20 y 90 grados, tal como 45 grados. La fig. 17 muestra otro elemento de soporte 50 de ejemplo con un ángulo de la primera ranura primaria $\alpha 11$ diferente de 90 grados.

[0086] La figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 comprende una superficie de borde de ataque 60 que se extiende entre un primer borde de ataque 53 y un segundo borde de ataque 55. El elemento de soporte 50 comprende una primera ranura de cable receptor secundario 82 en extensión desde la primera ranura de cable receptor primario, y una segunda ranura de cable receptor secundario 82' en extensión desde la segunda ranura de cable receptor primario. El elemento de soporte 50 comprende una ranura para el cable receptor primario 84 y una ranura para el cable receptor secundario 86 para recibir un cable receptor de un sistema de protección contra rayos de la pala de la turbina eólica. La primera ranura del cable receptor secundario 82, la segunda ranura del cable receptor secundario 82', la ranura del conductor de bajada primario 84 y la ranura del conductor de bajada secundario 86 pueden unirse en la intersección de ranuras 88.

[0087] La figura 10 es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 está formado por una primera superficie 52 orientada hacia el lado de succión. La primera superficie 52 podría estar configurada alternativamente para estar orientada hacia el lado de presión. La primera superficie 52 tiene un primer borde de ataque 53 orientado hacia el borde de ataque de la pala y un primer borde de salida 63 orientado hacia el borde de salida de la pala. El elemento de soporte 50 comprende un primer rebaje de base de receptor 76 configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse con un primer receptor del sistema de protección contra rayos de la pala de la turbina eólica. El primer rebaje de la base de receptor 76 está en comunicación con una primera ranura del cable receptor primario 80, que puede recibir parte de un primer cable receptor para su acoplamiento con la primera base de receptor colocada en el primer rebaje de la base de receptor 76. El elemento de soporte 50 comprende además una primera cavidad de orientación 90, que puede comprender un imán y/o un elemento magnético.

[0088] El elemento de soporte 50 tiene una segunda superficie 54 opuesta a la primera superficie 52 para estar orientado hacia el lado de presión de la pala de la turbina eólica. Alternativamente, la segunda superficie 54 podría estar configurada para orientarse hacia el lado de succión. La segunda superficie 54 incluye un segundo borde de ataque 55 orientado hacia el borde de ataque de la pala de la turbina eólica y un segundo borde de salida 64 orientado hacia el borde de salida de la pala de la turbina eólica. El primer borde de salida 63 y el segundo borde de salida 64 pueden ser dos bordes separados, como en la Fig. 10, o pueden formar un borde coincidente. La segunda superficie 54 del elemento de soporte 50 comprende un segundo rebaje de base de receptor 76' para recibir una segunda base de receptor para acoplarse a un segundo receptor. La segunda superficie 54 comprende una segunda ranura para el cable primario 80' en comunicación con el segundo rebaje de la base de receptor 76' y una segunda cavidad de orientación 90'.

[0089] La figura 11a es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 tiene, en la superficie del borde de ataque 60, una primera ranura de cable receptor secundario 82 que se extiende desde un primer punto de cable terciario p13 hasta un primer punto de cable cuaternario p14. La primera ranura de cable receptor secundario 82 se extiende en una dirección que forma un segundo ángulo de ranura primario $\alpha 21$ con un eje longitudinal L, como el eje longitudinal de la pala de la turbina eólica. Por ejemplo, el ángulo de la ranura primaria $\alpha 21$ puede ser perpendicular al eje longitudinal L. El elemento de soporte 50 comprende una segunda ranura de cable receptor secundario 82' que se extiende desde un segundo punto de cable terciario p23 hasta un segundo punto de cable cuaternario p24. La segunda ranura de cable receptor secundario 82' se extiende en una dirección que forma un segundo ángulo de ranura secundario $\alpha 22$ con el eje longitudinal L. Por ejemplo, el segundo ángulo de ranura secundario $\alpha 22$ puede ser perpendicular al eje longitudinal L. Alternativamente, el segundo ángulo de ranura primario $\alpha 21$ y/o el segundo ángulo de ranura secundario $\alpha 22$ pueden estar comprendidos entre 20 y 90 grados, tal como 45 grados. En el presente ejemplo, el ángulo de la segunda ranura primaria $\alpha 21$ y el ángulo de la segunda ranura secundaria $\alpha 22$ son iguales, pero en otros elementos de soporte de ejemplo el ángulo de la

segunda ranura primaria $\alpha 21$ y el ángulo de la segunda ranura secundaria $\alpha 22$ pueden ser diferentes, como en la fig. 11b.

[0090] El elemento de soporte 50 comprende una ranura de conductor de bajada primario 84 que se extiende a lo largo del eje longitudinal L desde un primer punto de conductor de bajada pd1 a un punto de conductor de bajada primario pdp en la superficie del borde de ataque 60. La ranura del conductor primario de bajada 84 podría extenderse alternativamente en una dirección desde el primer punto del conductor de bajada pd1 hasta el punto del conductor primario de bajada pdp formando un ángulo del conductor primario de bajada $\phi 1$, por ejemplo entre 10 y 30 grados, tal como 20 grados.

[0091] El elemento de soporte 50 comprende una ranura de conductor de bajada secundario 86 que se extiende desde el primer punto de conductor de bajada pd1 hasta un punto de conductor de bajada secundario pdp. La ranura del conductor secundario de bajada 86 forma un ángulo del conductor secundario de bajada $\phi 2$ con el eje longitudinal L en un plano de la superficie del borde de ataque 60. El ángulo $\phi 2$ del conductor secundario de bajada está comprendido entre 10 y 45 grados, tal como 20 grados. Alternativamente, la ranura del conductor secundario de bajada 86 podría extenderse desde el primer punto del conductor de bajada pd1 hasta el punto del conductor secundario de bajada pds a lo largo del eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica. Por lo tanto, el ángulo del conductor secundario de bajada $\phi 2$ puede ser de 0 grados. El radio de curvatura de la primera ranura del conductor de bajada y/o de la segunda ranura del conductor de bajada se proporciona en función de la especificación del conductor de bajada, como la rigidez del conductor de bajada. El radio de curvatura puede ser de 300 mm como mínimo, tal como 330 mm.

[0092] La figura 11b es un diagrama esquemático que ilustra un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en una o más de las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 tiene en la superficie del borde de ataque 60 una primera ranura de cable receptor secundario 82 que se extiende desde un primer punto de cable terciario p13 hasta un primer punto de cable cuaternario p14. La primera ranura de cable receptor secundario 82 se extiende en una dirección que forma un segundo ángulo de ranura primario $\alpha 21$ con el eje longitudinal L. El elemento de soporte comprende una segunda ranura de cable receptor secundario 82' que se extiende desde un segundo punto de cable terciario p23 hasta un segundo punto de cable cuaternario p24 en una dirección que forma un segundo ángulo de ranura secundario $\alpha 22$.

[0093] La figura 12 es un diagrama esquemático que ilustra una vista en sección transversal de un elemento de soporte 50 de ejemplo, como el elemento de soporte 50 mostrado en las figuras anteriores. El elemento de soporte 50 comprende una primera superficie 52 orientada hacia el lado de succión de la pala de la turbina eólica. La primera superficie 52 podría estar configurada alternativamente para estar orientada hacia el lado de presión. La primera superficie 52 tiene un primer borde de ataque 53 hacia el borde de ataque de la pala y un primer borde de salida 63 hacia el borde de salida de la pala. El elemento de soporte 50 comprende un primer rebaje de base de receptor 76 configurado para recibir una primera base de receptor para acoplarse con un primer receptor del sistema de protección contra rayos de la pala de la turbina eólica. El primer rebaje de la base de receptor 76 está en comunicación con una primera ranura del cable receptor primario 80, que puede recibir parte de un primer cable receptor para su acoplamiento con la primera base de receptor en el primer rebaje de la base de receptor 76. El elemento de soporte comprende además una primera cavidad de orientación 90, que puede comprender un imán y/o un elemento magnético.

[0094] El elemento de soporte 50 tiene una segunda superficie 54 opuesta a la primera superficie 52 para estar orientada hacia el lado de presión de la pala. La segunda superficie 54 podría estar configurada alternativamente para estar orientada hacia el lado de succión. La segunda superficie 54 comprende un segundo borde de ataque 55 orientado hacia el borde de ataque de la pala y un segundo borde de salida 64 orientado hacia el borde de salida de la pala. El primer borde de salida 63 y el segundo borde de salida 64 pueden ser dos bordes separados, como se ilustra, o pueden formar un borde coincidente. La segunda superficie 54 del elemento de soporte 50 comprende un segundo rebaje de base de receptor 76' para recibir una segunda base de receptor para acoplarse a un segundo receptor. La segunda superficie 54 comprende una segunda ranura para el cable primario 80' en comunicación con el segundo rebaje de la base de receptor 76' y una segunda cavidad de orientación 90'.

[0095] Las ranuras 80, 82, 80', 82' están previstas para facilitar una curvatura del cable receptor respectivo, de acuerdo con la especificación del cable receptor. El radio de curvatura puede corresponder a la rigidez del primer cable receptor. El radio de curvatura puede ser, por ejemplo, de 50 mm como mínimo.

[0096] Las figuras 13 y 14 son diagramas esquemáticos que ilustran un elemento de soporte 50' de ejemplo. El elemento de soporte 50' comprende las mismas características que las descritas en relación con el elemento de soporte 50 de ejemplo de las figuras anteriores, aunque tiene dimensiones diferentes.

[0097] Las figuras 15-17 son diagramas esquemáticos que ilustran un elemento de soporte 50" de ejemplo. El elemento de soporte 50" comprende las mismas características que las descritas en relación con el elemento de soporte de ejemplo 50 de las figuras anteriores. Sin embargo, el elemento de soporte de ejemplo 50" tiene dimensiones diferentes y ranuras con ángulos diferentes.

[0098] La primera ranura de cable receptor primario 80 se extiende desde un primer punto de cable primario p11 hasta un primer punto de cable secundario p12. La primera ranura del cable receptor primario 80 se extiende en una dirección que forma un primer ángulo de ranura primario $\alpha 11$ con el primer borde de ataque 53. El ángulo de la primera ranura primaria $\alpha 11$ puede estar comprendido entre 20 y 90 grados, como por ejemplo 45 grados. Alternativamente, la primera ranura de cable receptor primario 80 puede extenderse desde un primer punto de cable primario p11 hasta un primer punto de cable secundario p12 en una dirección perpendicular al primer borde de ataque 53, como en la Fig. 8.

[0099] La fig. 18 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo 200 para soportar elementos de un sistema de protección contra rayos.

[0100] El método comprende proporcionar 202 un elemento de soporte, como el elemento de soporte de las figuras anteriores. El elemento de soporte comprende una primera superficie, una segunda superficie opuesta a la primera y una superficie lateral de punta, en la que la primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor.

[0101] El método 200 comprende insertar 204 una primera base de receptor en el primer rebaje de base de receptor del elemento de soporte. La base de receptor puede fijarse, por ejemplo, pegando o soldando la base de receptor al rebaje de base de receptor.

[0102] El método 200 comprende además colocar 206 el elemento de soporte en una oquedad interna de la pala de la turbina eólica, entre el lado de presión y el lado de succión. El elemento de soporte puede estar pegado a un alma a cortante o a un lado del larguero, por ejemplo un alma a cortante del borde de salida o un lado del larguero del borde de salida. El elemento de soporte también, o alternativamente, puede pegarse al lado de presión o al de succión, o a ambos.

[0103] El método 200 comprende proporcionar 208 un agujero a través del lado de presión y/o del lado de succión para acceder a la primera base de receptor situada en el elemento de soporte. El agujero o los agujeros pueden perforarse, por ejemplo, a través de la concha o las conchas de la pala. Proporcionar 208 el agujero a través del lado de presión puede comprender proporcionar un agujero en la primera base de receptor situada en el elemento de soporte, por ejemplo, el agujero puede perforarse a través de la concha y a través de la base de receptor. Proporcionar 208 el agujero puede comprender proporcionar el agujero, por ejemplo de la concha y/o de la primera base de receptor, con roscas internas, como para permitir la fijación de un receptor con roscas externas en el agujero (s).

[0104] El método 200 comprende conectar 210 el primer receptor a la base de receptor a través del agujero. El agujero puede comprender roscas internas, de manera que un receptor con roscas externas pueda acoplarse al agujero en una configuración roscada.

[0105] Opcionalmente, el método 200 comprende localizar 212 la posición de la primera base de receptor en el elemento de soporte antes de proporcionar 208 el agujero a través del lado de presión y/o el lado de succión. Localizar 212 la posición de la primera base de receptor puede comprender localizar un elemento magnético en una cavidad de orientación del elemento de soporte a través del lado de presión y/o del lado de succión. La cavidad de orientación puede estar situada a una distancia y orientación predeterminadas del rebaje de base de receptor, de manera que localizar la cavidad de orientación mediante el rastreo del elemento magnético proporcione información sobre dónde se encuentra el rebaje de la base de receptor.

[0106] El término "receptor" debe entenderse como un objeto conductor de electricidad configurado con vistas a captar y conducir una corriente de rayo.

[0107] La invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones ilustradas, y pueden llevarse a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de las reivindicaciones.

LISTA DE REFERENCIAS

[0108]
 2 turbina eólica
 4 torre
 6 góndola
 8 buje
 10 pala
 14 punta de pala
 15 extremo de punta
 16 raíz de pala

	17 extremo de raíz
	18 borde de ataque
	20 borde de salida
	24 primera parte de concha de pala (lado de presión)
5	26 segunda parte de concha de pala (lado de succión)
	28 líneas de unión/juntas de pegado
	30 región de raíz
	32 región de transición
	34 región de perfil alar
10	36 punta
	38 línea de cuerda
	41 alma a cortante
	41a alma a cortante de borde de salida
	41b alma a cortante de borde de ataque
15	42 conductor de bajada
	44 oquedad de drenaje
	50 elemento de soporte
	52 primera superficie
	53 primer borde de ataque
20	54 segunda superficie
	55 segundo borde de ataque
	56 superficie de lado de raíz
	57 primer borde de raíz
	58 superficie lateral de punta
25	59 primer borde de punta
	60 superficie de borde de ataque
	62 superficie de borde de salida
	63 primer borde de salida
	64 segundo borde de salida
30	67 segundo borde de raíz
	69 segundo borde de punta
	72 primer receptor
	72' segundo receptor
	72" tercer receptor
35	72''' cuarto receptor
	72"" quinto receptor
	72"" sexto receptor
	74 primera base de receptor
	74' segunda base de receptor
40	74" tercera base de receptor
	74''' cuarta base de receptor
	74"" quinta base de receptor
	74"" sexta base de receptor
	76 primer rebaje de base de receptor
45	76' segundo rebaje de base de receptor
	80 primera ranura del cable receptor primario
	81 parte primaria de un primer cable receptor
	82 primera ranura para cable receptor secundario
	83 parte secundaria de un primer cable receptor
50	80' segunda ranura para cable receptor primario
	81' parte primaria de un segundo cable receptor
	82' segunda ranura para cable receptor secundario
	83' parte secundaria de un segundo cable receptor
	84 ranura del conductor primario de bajada
55	85 parte primaria de un cable conductor de bajada
	86 ranura del conductor secundario de bajada
	87 parte secundaria de un cable conductor de bajada
	88 intersección de ranuras
	89 cable receptor
60	90 primera cavidad de orientación
	90' segunda cavidad de orientación
	L eje longitudinal
	p11 primer punto de cable primario
	p12 primer punto de cable secundario
65	p13 primer punto de cable terciario
	p14 primer punto de cable cuaternario

- p21 segundo punto de cable primario
- p22 segundo punto de cable secundario
- p23 segundo punto de cable terciario
- p24 segundo punto de cable cuaternario
- 5 α 11 primer ángulo de la ranura primaria
- α 12 primer ángulo de ranura secundaria
- α 21 segundo ángulo de la ranura primaria
- α 22 segundo ángulo de la ranura secundaria
- 10 pd1 primer punto de conductor de bajada
- pdp punto de conductor primario de bajada
- pds punto de conductor secundario de bajada
- ϕ 1 primer ángulo de conductor de bajada
- ϕ 2 segundo ángulo de conductor de bajada

REIVINDICACIONES

1. Elemento de soporte para un sistema de protección contra rayos de una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta (15), la pala de turbina eólica comprende una región de raíz (30), una región de perfil alar con la punta, un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida (20), el elemento de soporte (50) estando configurado para soportar uno o más elementos del sistema de protección contra rayos, el elemento de soporte comprendiendo:
 - una primera superficie (52) configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica, la primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque, la primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta;
 - una segunda superficie (54) opuesta a la primera superficie, la segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque, la segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta;
 - una superficie lateral de raíz (56) configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz; y
 - una superficie lateral de punta (58) configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta;caracterizada porque la primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor (76) configurado para recibir una primera base de receptor (74) para acoplarse con un primer receptor (72) del sistema de protección contra rayos.
2. Elemento de soporte según la reivindicación 1, en el que la segunda superficie comprende uno o más rebajes de base de segundo receptor que incluyen un rebaje de base de segundo receptor configurado para recibir una segunda base de receptor para acoplarse con un segundo receptor de los uno o más receptores.
3. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera superficie comprende una primera ranura para cable receptor primario configurada para recibir al menos una parte primaria de un primer cable receptor para acoplar la primera base de receptor con un cable conductor de bajada.
4. Elemento de soporte según la reivindicación 3, en el que la primera ranura del cable receptor primario se extiende desde un primer punto del cable primario hasta un primer punto del cable secundario en una dirección que forma un primer ángulo de ranura primario con el primer borde de ataque, en el que el primer ángulo de ranura primario está comprendido entre 20-90 grados, tal como 45 grados.
5. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende una superficie de borde de ataque que se extiende entre el primer borde de ataque y el segundo borde de ataque.
6. Elemento de soporte según la reivindicación 5, en el que la superficie del borde de ataque está configurada para fijarse a un alma a cortante o al lado de un larguero que se extiende entre el lado de succión y el lado de presión de la pala de la turbina eólica.
7. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones 5-6, en el que la superficie del borde de ataque comprende una ranura para el conductor primario de bajada configurada para recibir al menos una parte primaria de un cable conductor de bajada, en el que la ranura para el conductor primario de bajada se extiende a lo largo de un eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica desde un primer punto de conductor de bajada hasta un punto de conductor primario de bajada en la superficie del borde de ataque.
8. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que la superficie de borde de ataque comprende una ranura para el conductor secundario de bajada configurada para recibir al menos una parte secundaria de un cable conductor de bajada, en el que la ranura para el conductor secundario de bajada se extiende a lo largo de una dirección desde un primer punto de conductor de bajada hasta un punto de conductor secundario de bajada formando un ángulo de conductor secundario de bajada con un eje longitudinal L de la pala de la turbina eólica en un plano de la superficie del borde de ataque, en el que el ángulo de conductor secundario de bajada está comprendido entre 10 y 45 grados, tal como 20 grados.
9. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en el que la superficie de borde de ataque comprende una primera ranura para cable receptor secundario configurada para recibir al menos una parte secundaria de un primer cable receptor para acoplar la base de receptor con un cable conductor de bajada.
10. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de soporte está hecho de espuma de polietileno de baja densidad.
11. Elemento de soporte según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de soporte comprende una primera cavidad de orientación situada a una distancia predeterminada del primer rebaje de base de receptor.

12. Elemento de soporte según la reivindicación 11, en el que la primera cavidad de orientación está configurada para recibir un primer elemento magnético y/o en el que la primera cavidad de orientación comprende un primer elemento magnético.

13. Método para soportar uno o más elementos de un sistema de protección contra rayos en una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta (15), la pala de turbina eólica comprendiendo una región de raíz (30), una región de perfil alar con la punta, un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, el método comprendiendo:

- proporcionar un elemento de soporte que comprende una primera superficie (52) configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica, la primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque, la primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta; una segunda superficie (54) opuesta a la primera superficie, la segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque, la segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta; una superficie lateral de raíz (56) configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz; y una superficie lateral de punta (58) configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta; en la que la primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor (76) configurado para recibir una primera base del receptor (74) para acoplarse con un primer receptor (72),
- insertar una primera base de receptor (74) en el primer rebaje de base de receptor (76) del elemento de soporte,
- colocar el elemento de soporte en una oquedad interna de la pala de la turbina eólica, entre el lado de presión y el lado de succión,
- proporcionar un agujero a través del lado de presión y/o del lado de succión para acceder a la primera base de receptor situada en el elemento de soporte,
- conectar el primer receptor (72) a la primera base de receptor (74) a través del agujero.

14. Método según la reivindicación 13 que comprende además localizar la posición de la primera base de receptor en el elemento de soporte antes de proporcionar el agujero a través del lado de presión y/o el lado de succión, en el que localizar la posición de la primera base de receptor comprende localizar un elemento magnético en una cavidad de orientación del elemento de soporte a través del lado de presión y/o el lado de succión.

15. Una pala de turbina eólica que se extiende desde una raíz hasta una punta, la pala de turbina eólica comprendiendo una región de raíz (30), una región de perfil alar con la punta (15), un lado de presión, un lado de succión y una línea de cuerda que se extiende entre un borde de ataque y un borde de salida, la pala de turbina eólica comprendiendo un elemento de soporte que está configurado para soportar uno o más elementos del sistema de protección contra rayos, el elemento de soporte comprendiendo:

- una primera superficie (52) configurada para orientarse hacia el lado de succión o el lado de presión de la pala de la turbina eólica, la primera superficie tiene un primer borde de ataque y un primer borde de salida opuesto al primer borde de ataque, la primera superficie tiene un primer borde de punta y un primer borde de raíz opuesto al primer borde de punta;
- una segunda superficie (54) opuesta a la primera superficie, la segunda superficie tiene un segundo borde de ataque y un segundo borde de salida opuesto al segundo borde de ataque, la segunda superficie tiene un segundo borde de punta y un segundo borde de raíz opuesto al segundo borde de punta;
- una superficie lateral de raíz (56) configurada para orientarse hacia la raíz de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de raíz y el segundo borde de raíz; y
- una superficie lateral de punta (58) configurada para orientarse hacia la punta de la pala de la turbina eólica y que se extiende entre el primer borde de punta y el segundo borde de punta;

caracterizada porque la primera superficie comprende un primer rebaje de base de receptor (76) configurado para recibir una primera base de receptor (74) para acoplarse con un primer receptor (72) del sistema de protección contra rayos.

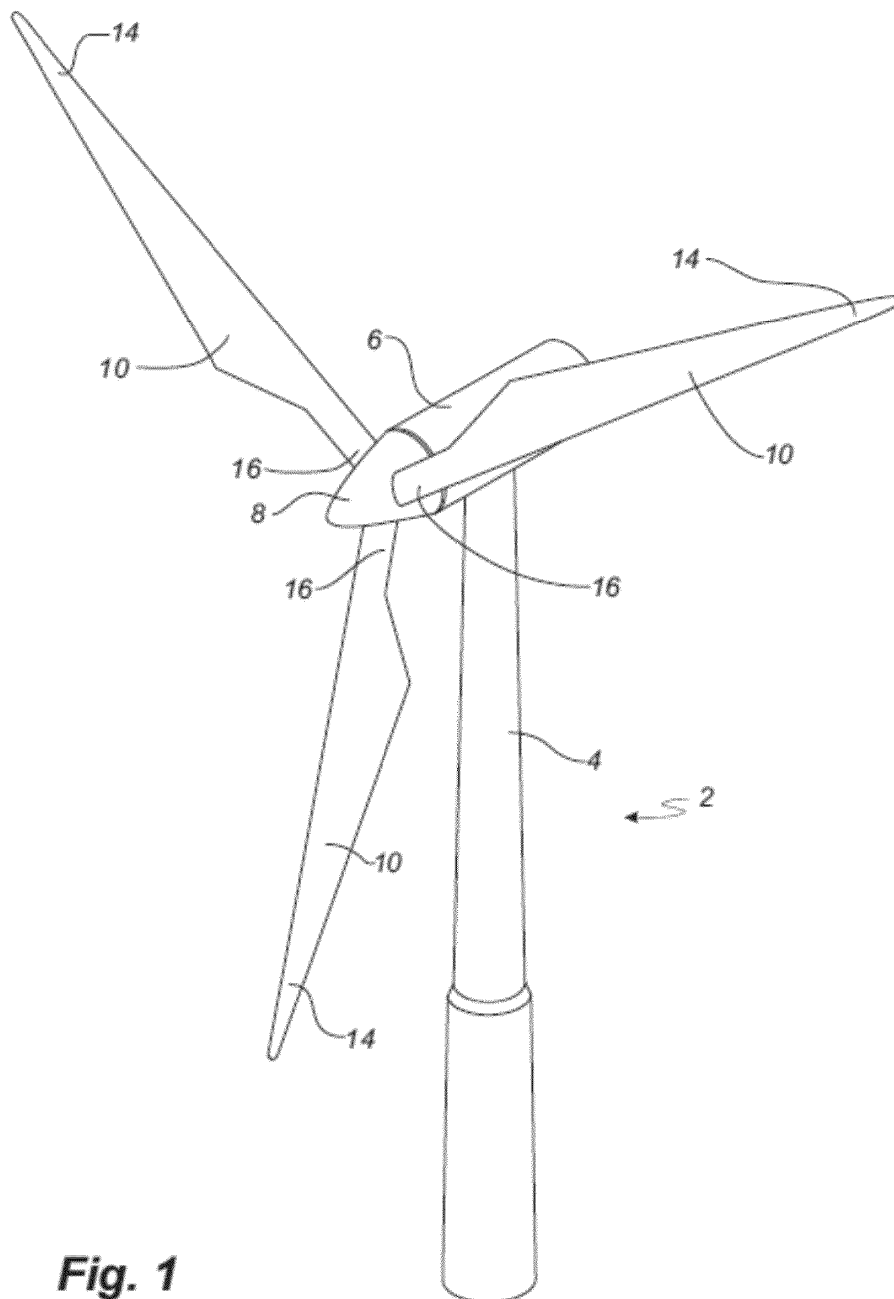
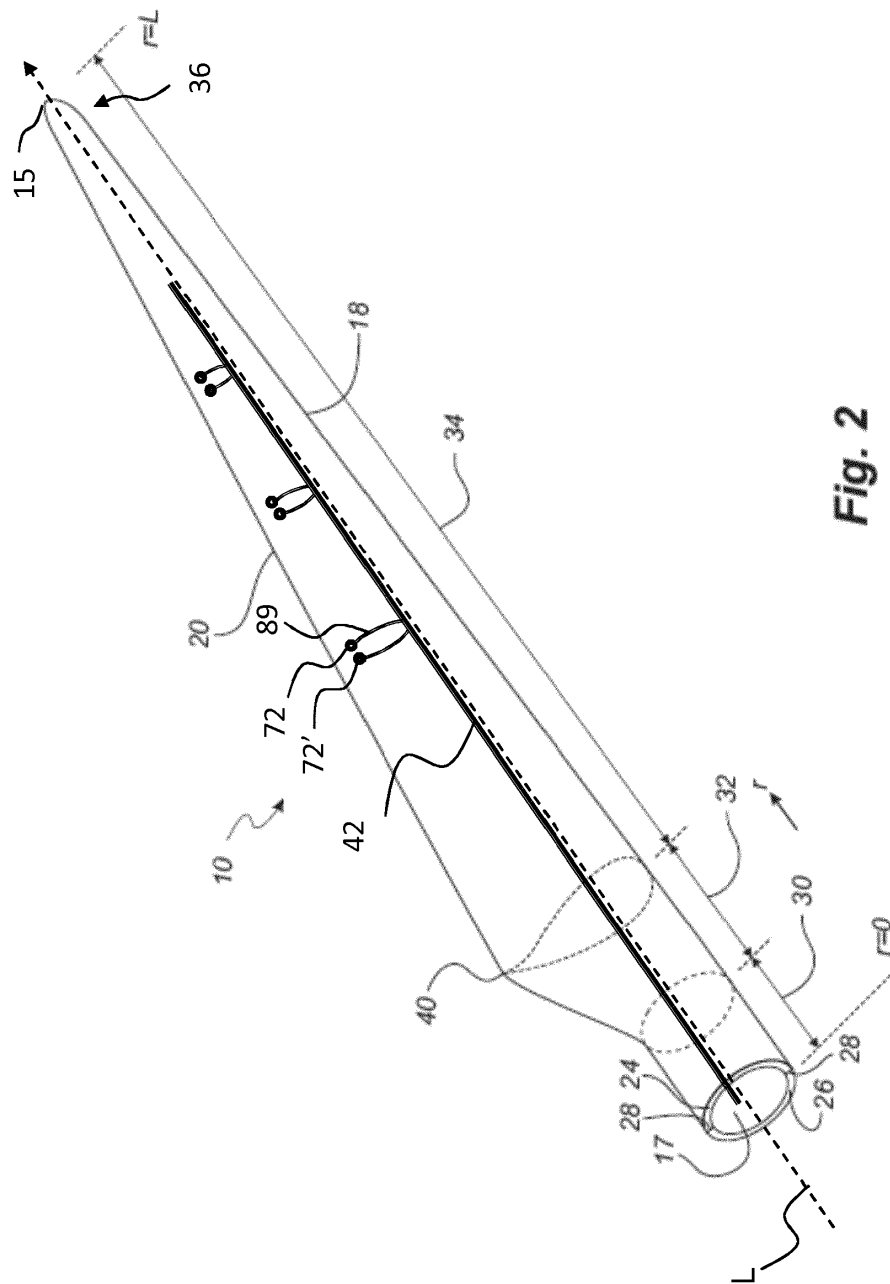


Fig. 1



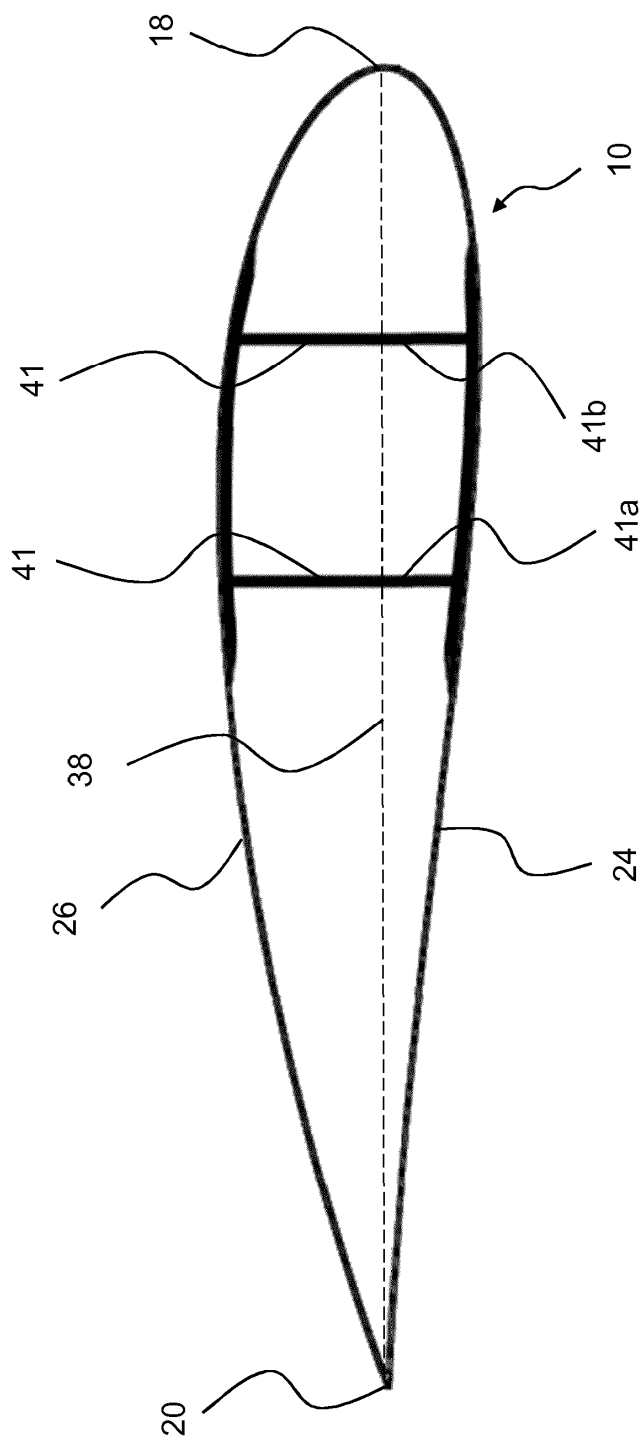


Fig. 3

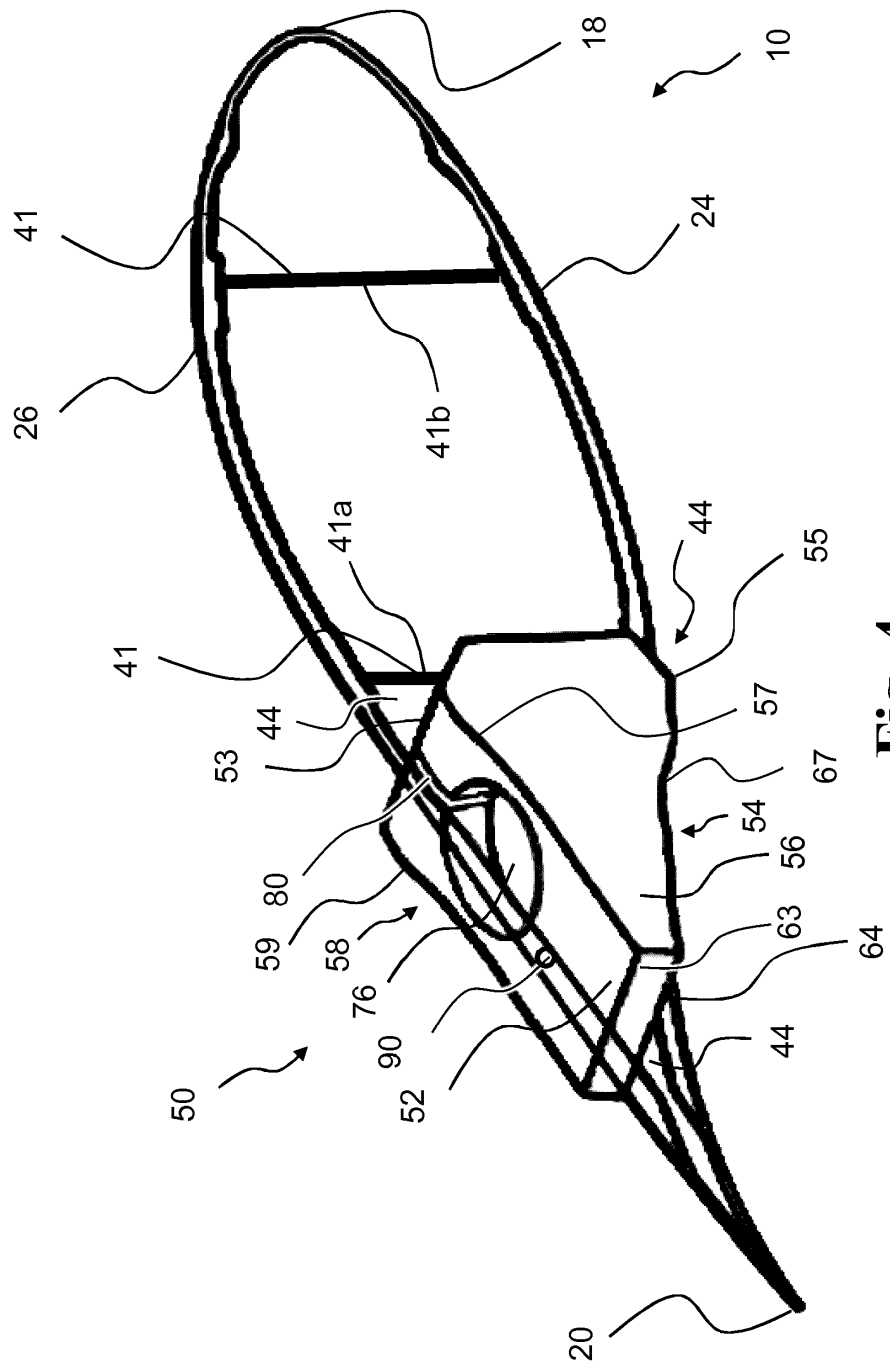


Fig. 4

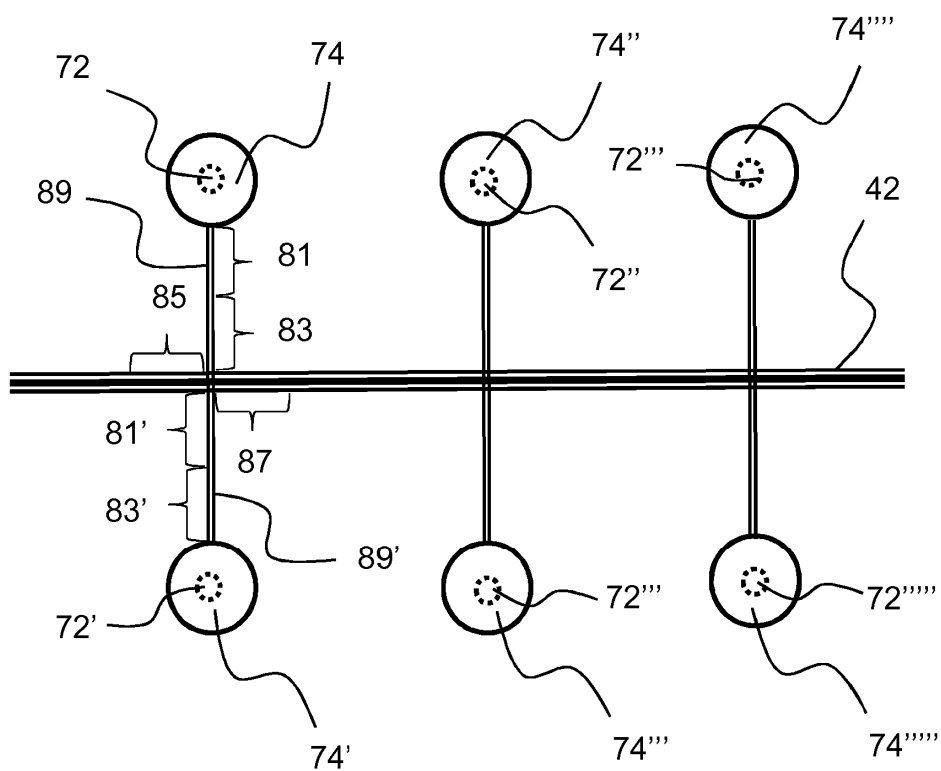


Fig. 5

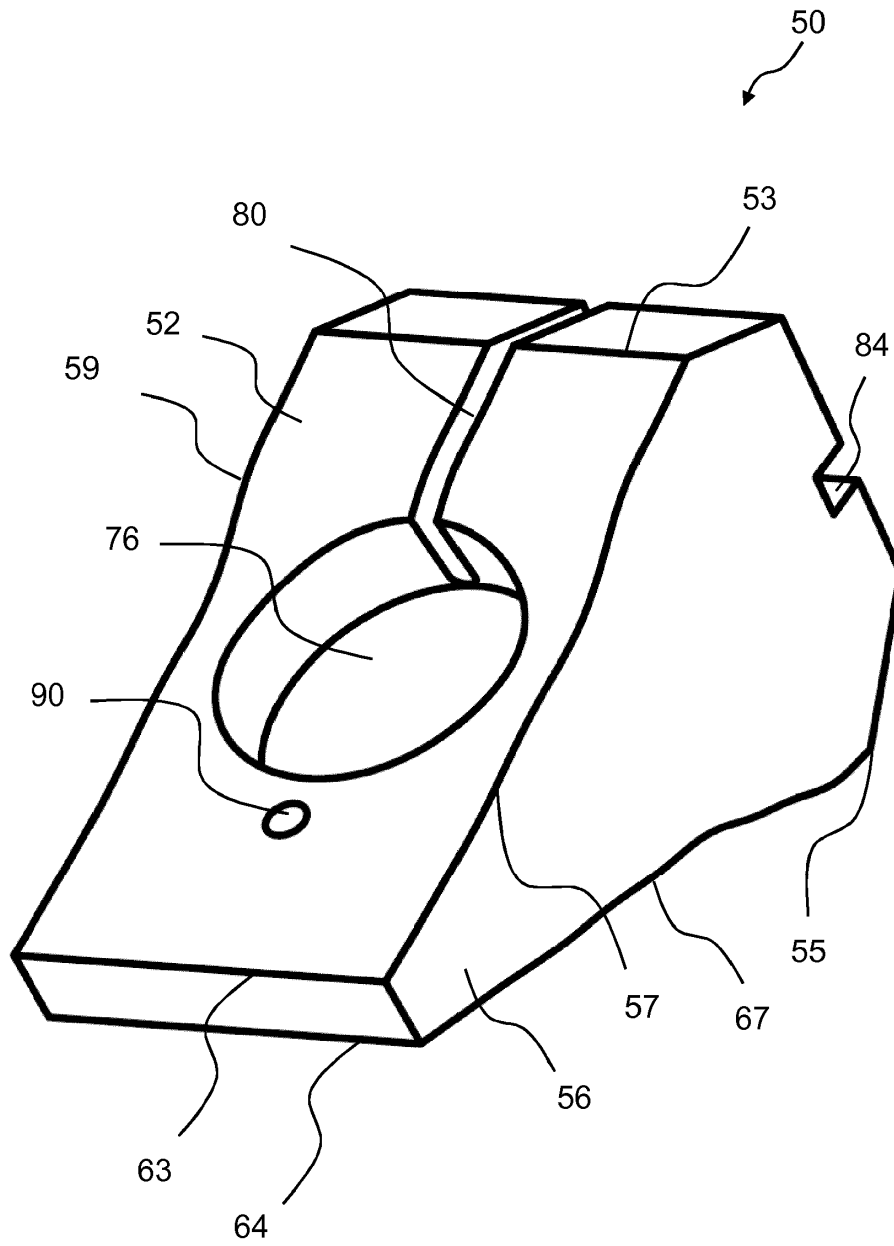


Fig. 6a

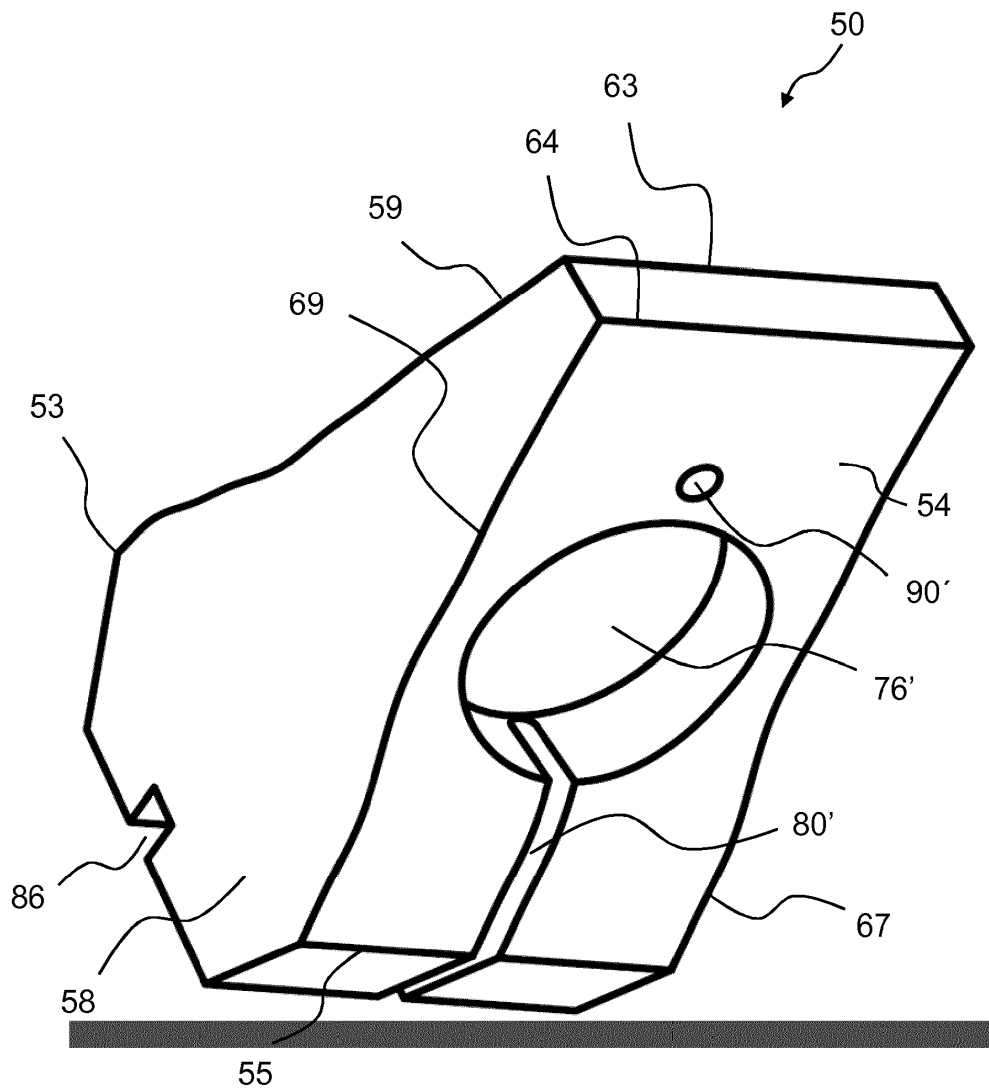


Fig. 6b

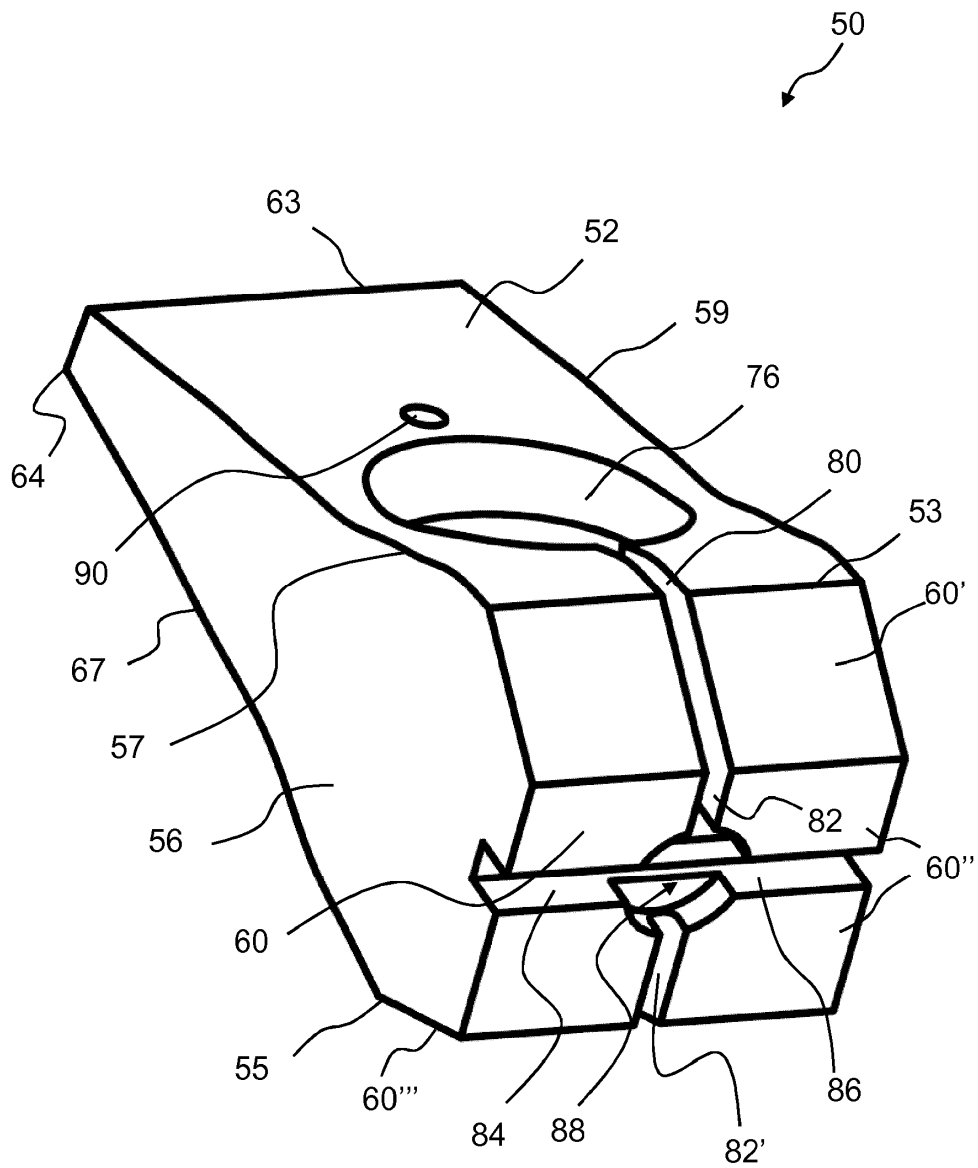


Fig. 7

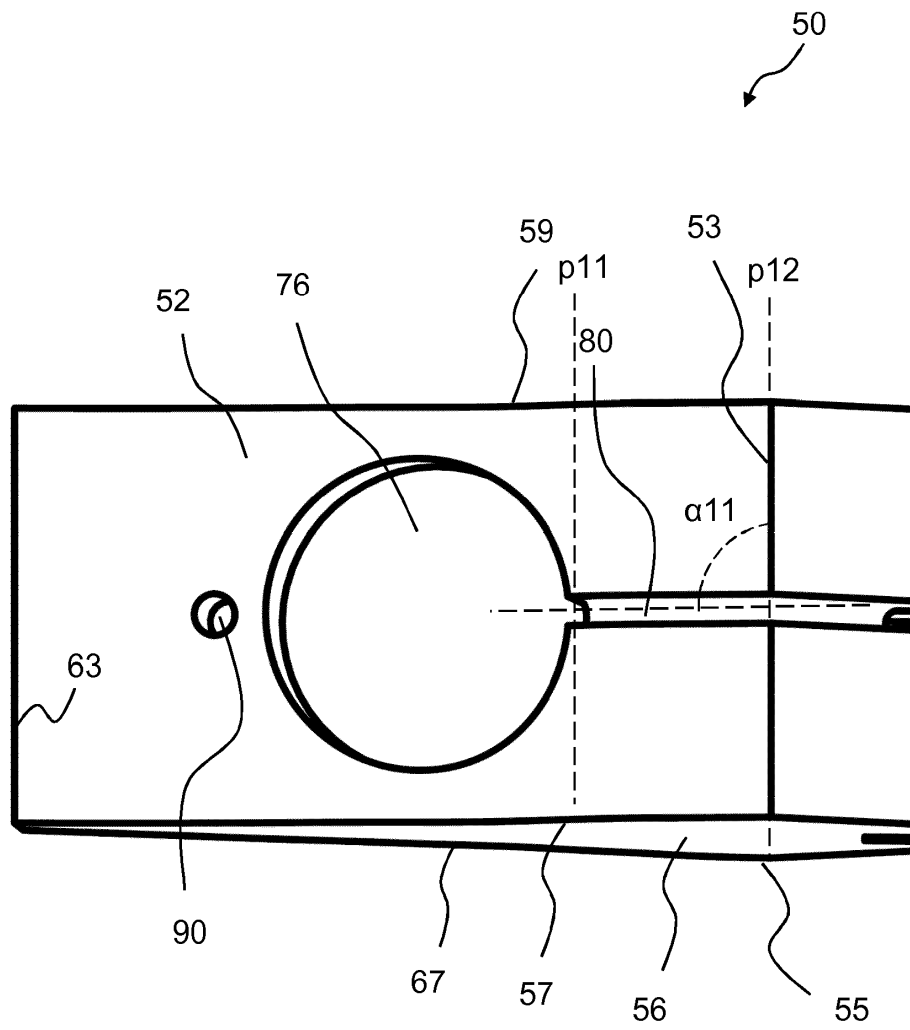


Fig. 8

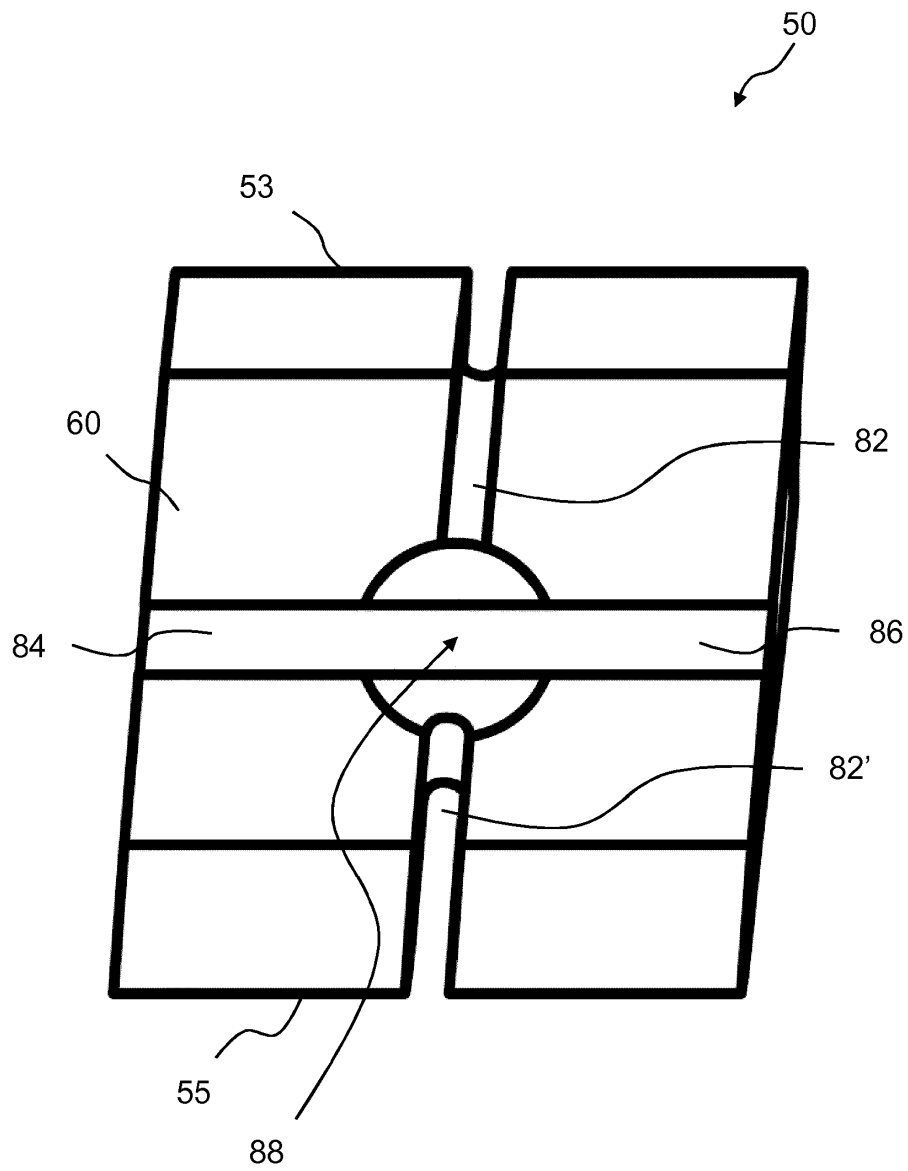


Fig. 9

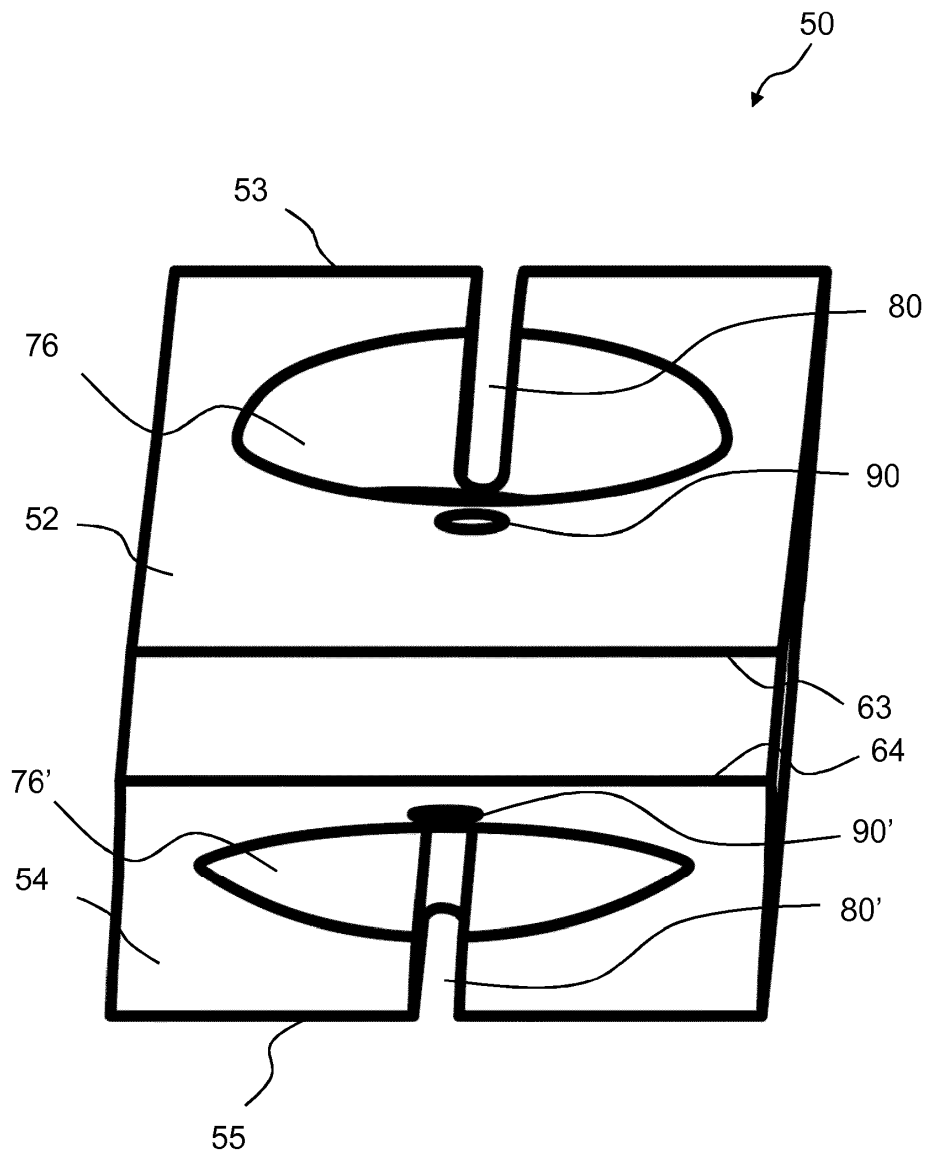


Fig. 10

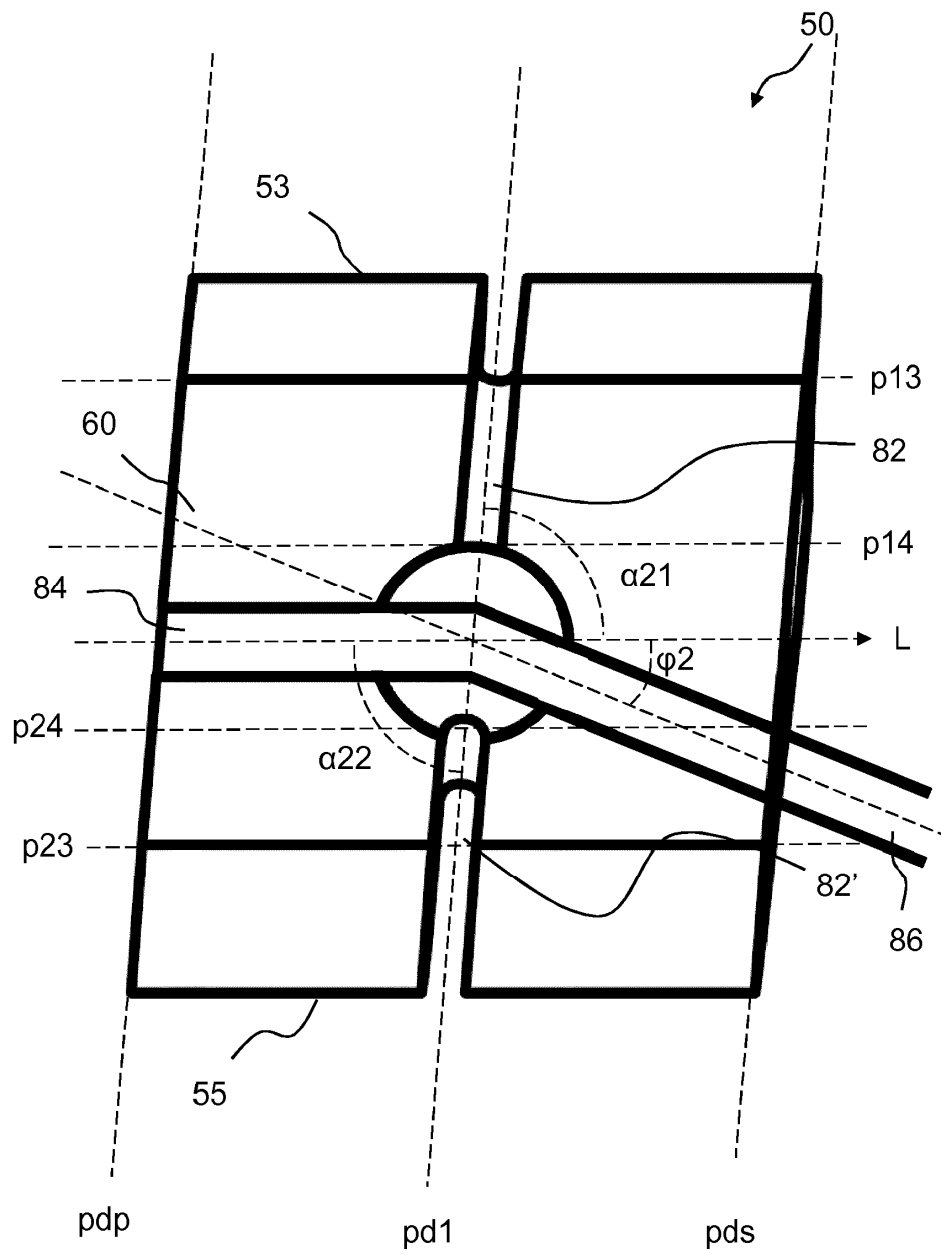


Fig. 11a

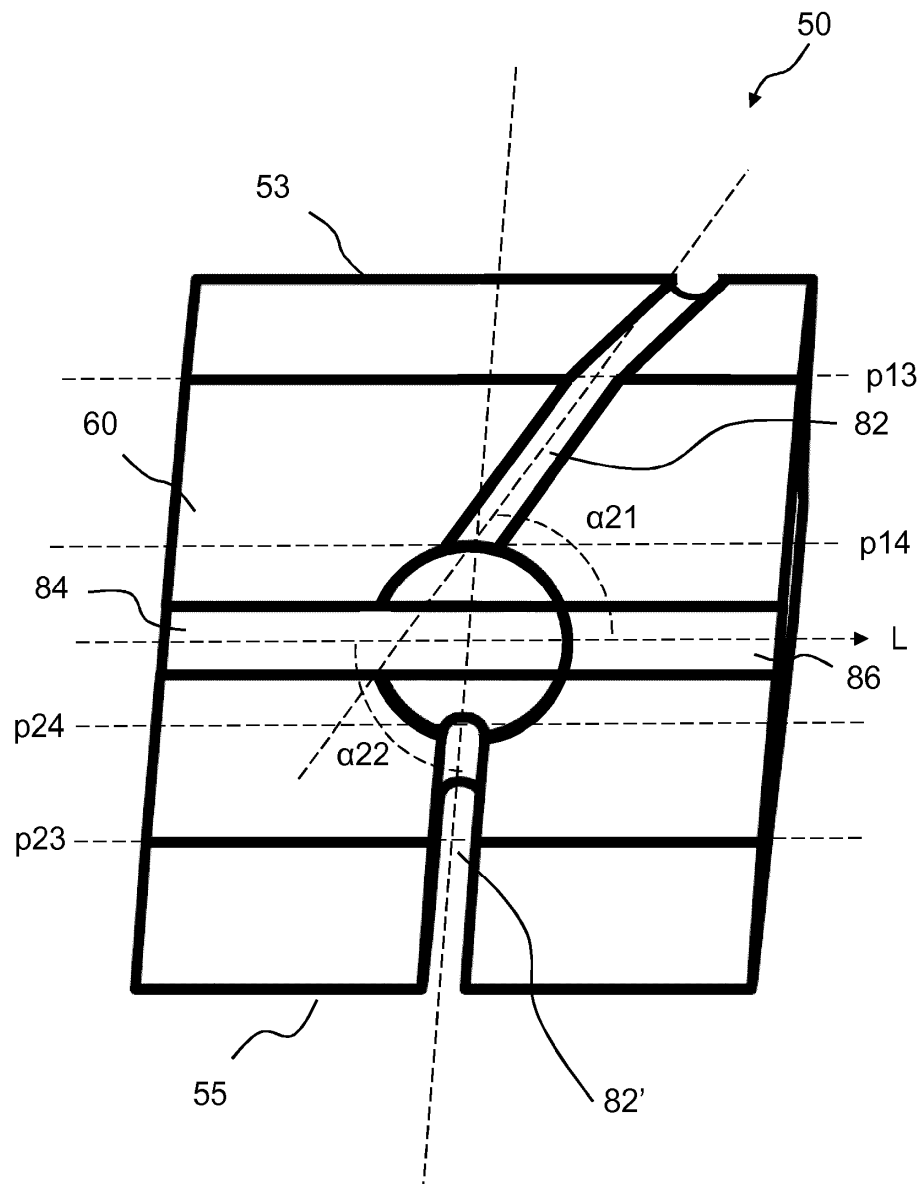


Fig. 11b

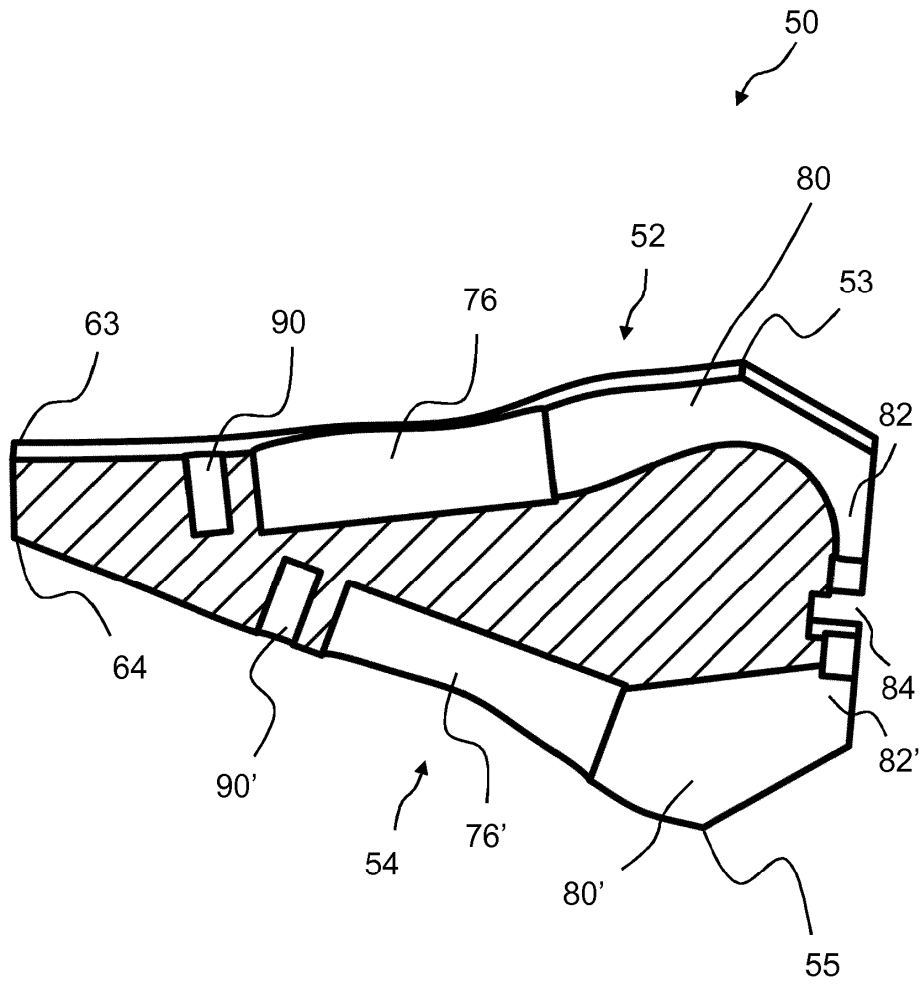


Fig. 12

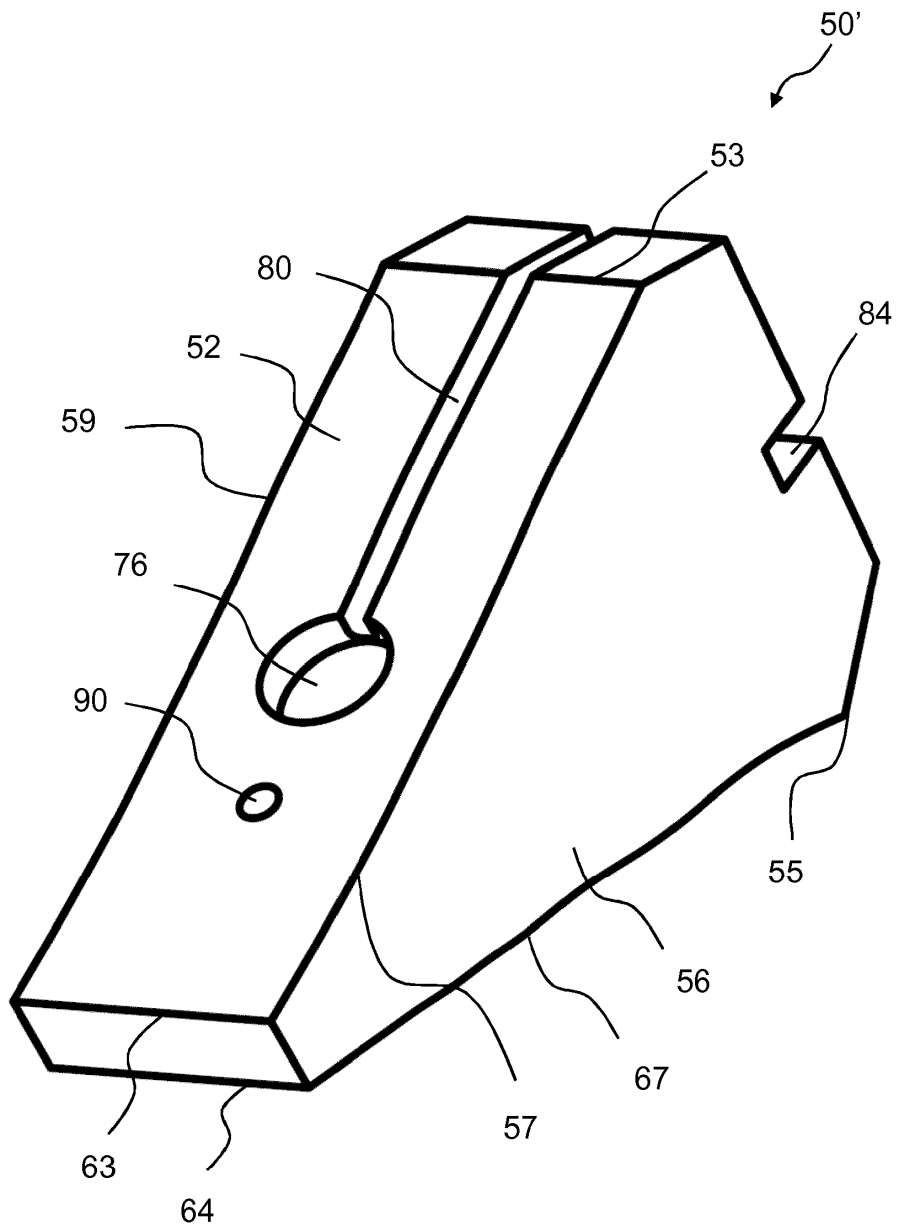


Fig. 13

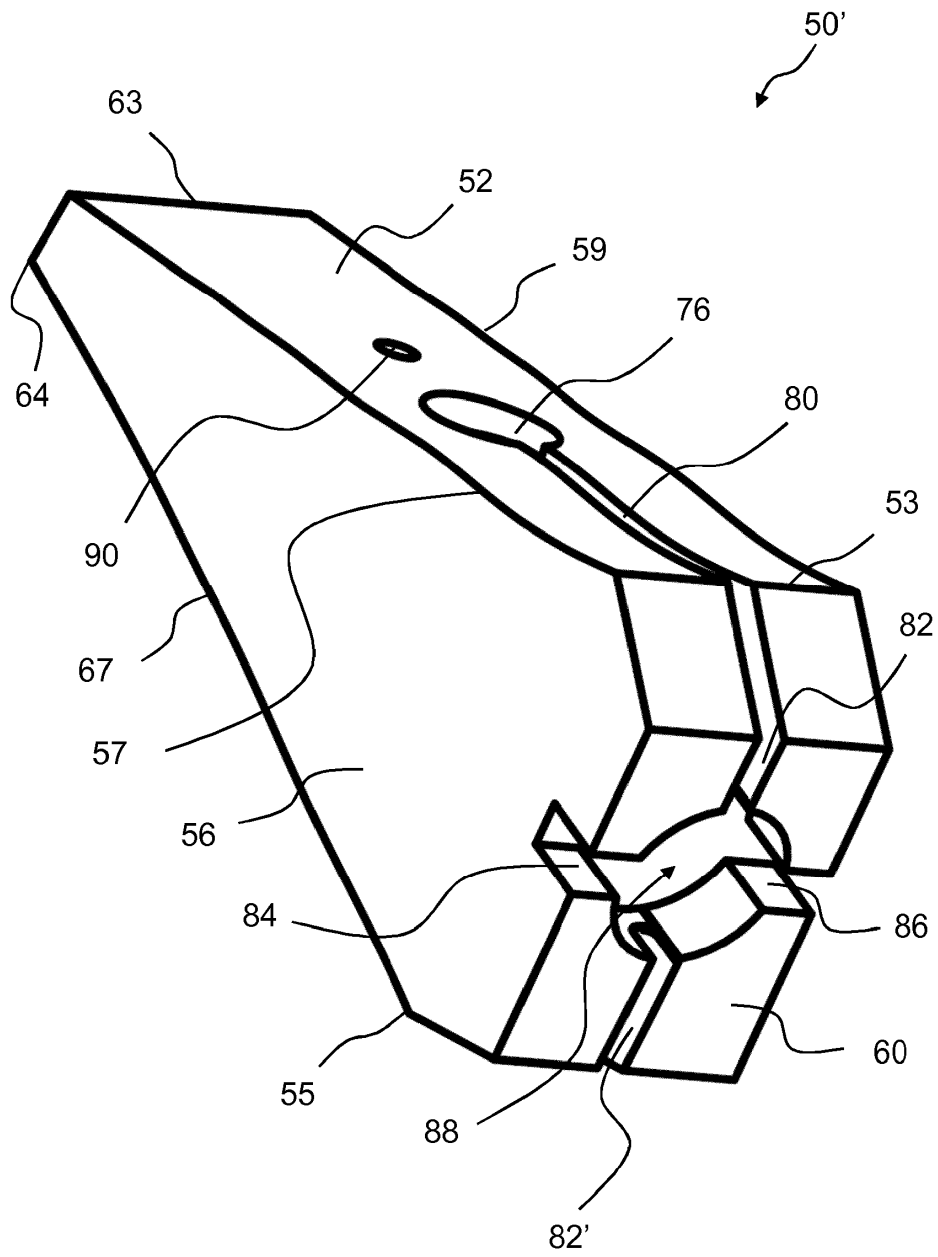


Fig. 14

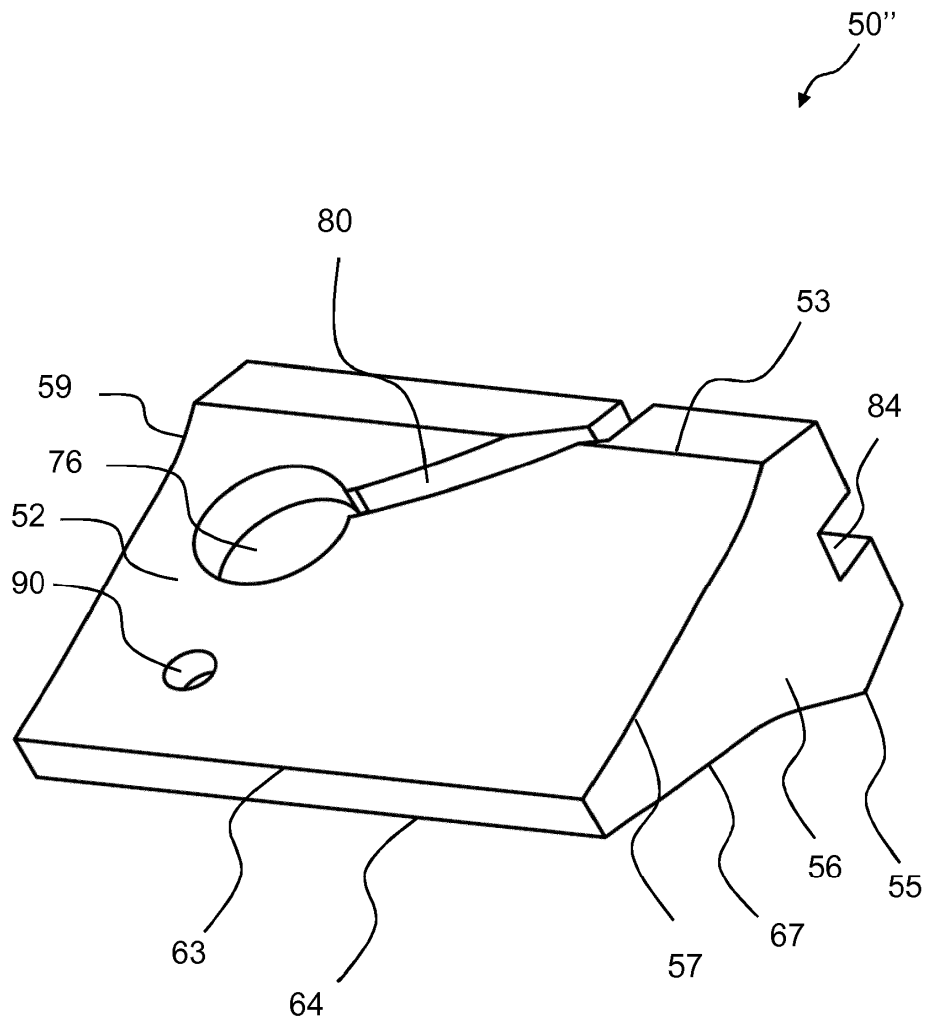


Fig. 15

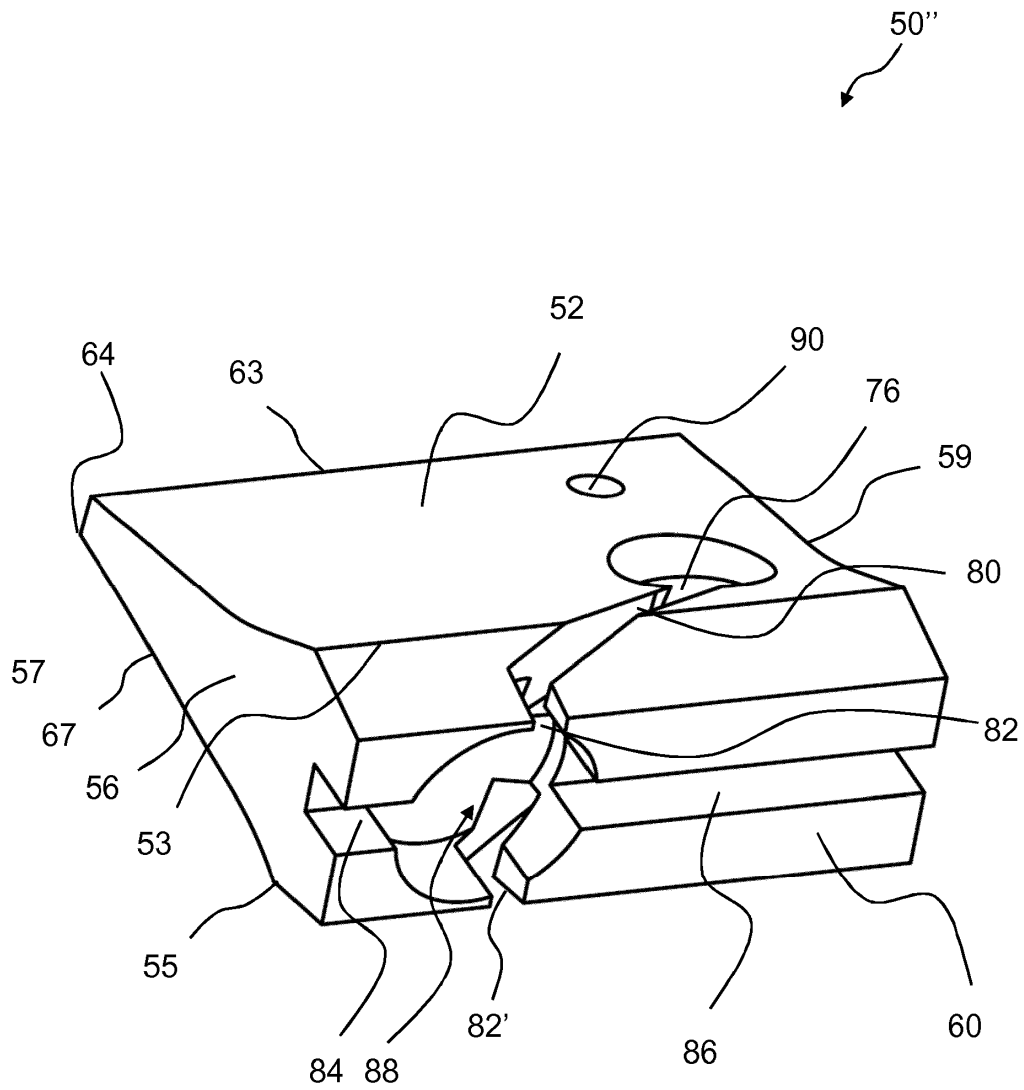


Fig. 16

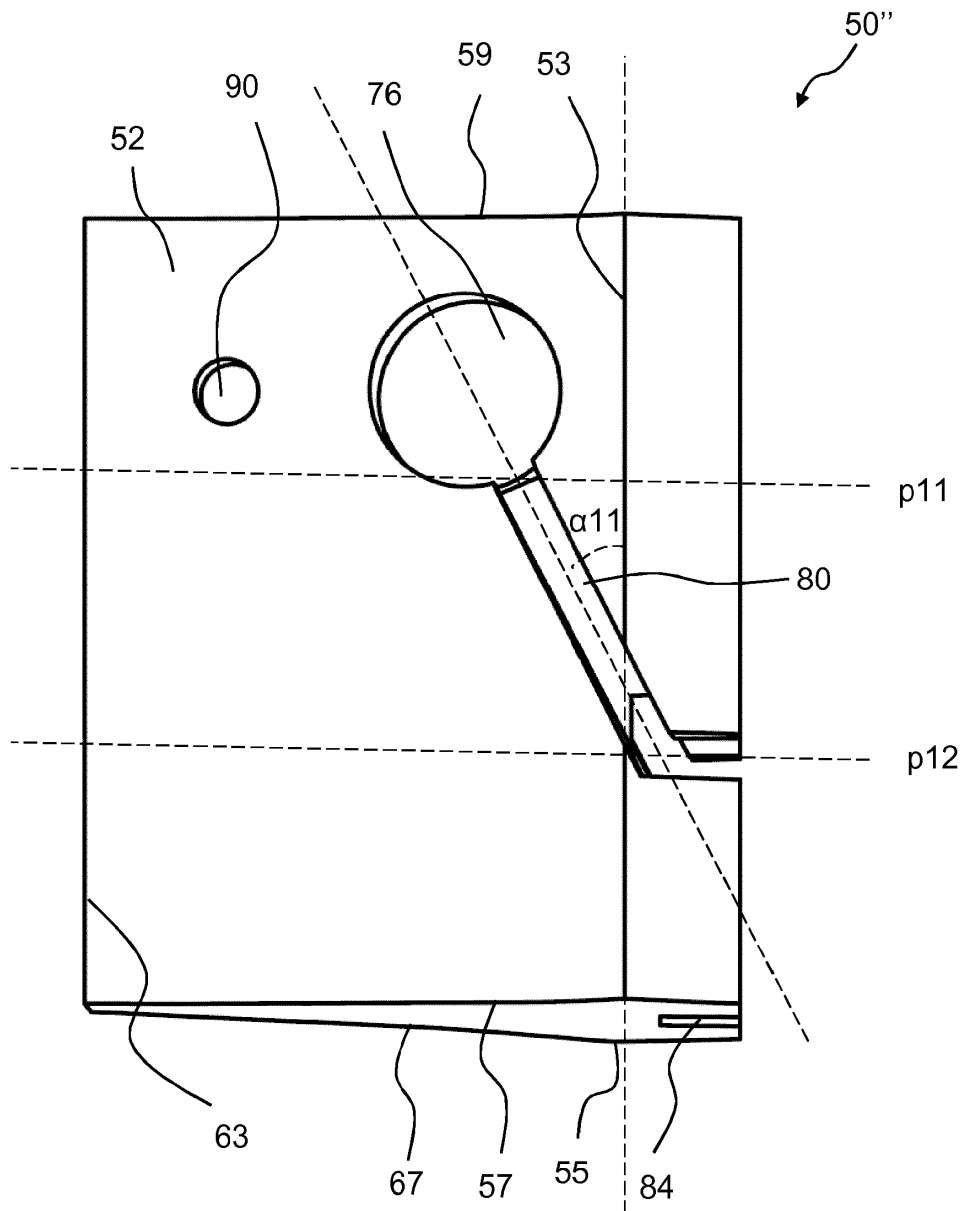


Fig. 17

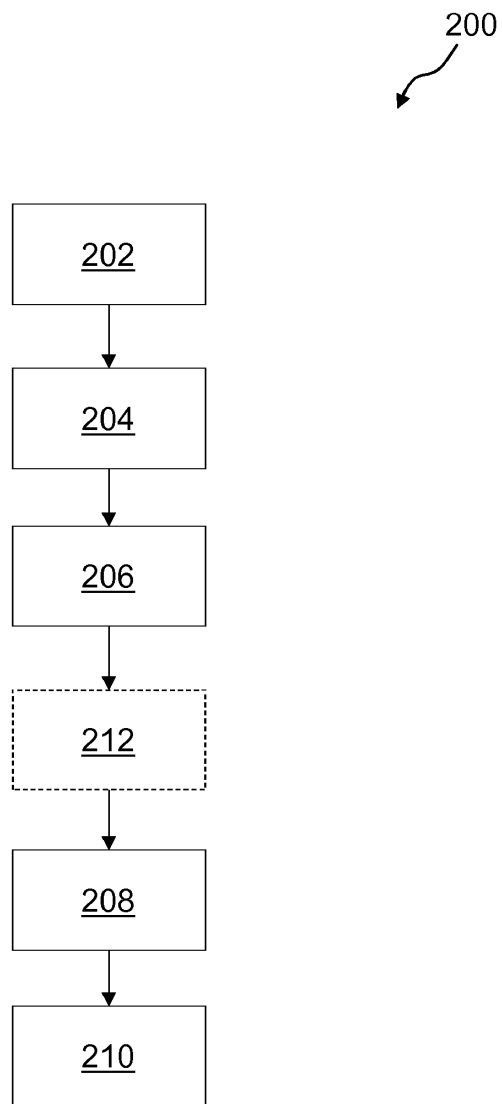


Fig. 18