

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 311**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2021** **E 21153710 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024** **EP 4036400**

54 Título: **Pala de rotor de aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
21.08.2024

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY SE & CO. KG (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

LIPKA, THOMAS;
FESTNER, GERALD y
HASPEL, BENEDIKT

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 977 311 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 rotor de aerogenerador

5 La invención se refiere a una pala de rotor de aerogenerador con al menos dos segmentos de pala de rotor. Los aerogeneradores con palas de rotor de aerogenerador son ampliamente conocidos en el estado de la técnica y se utilizan para convertir la energía eólica en energía eléctrica. Los aerogeneradores están formados por multitud de componentes conectados entre sí, por ejemplo, mediante una brida. Por ejemplo, en el área de la raíz de la pala del rotor, las palas del rotor comprenden una conexión de pala del rotor con una serie de medios de conexión integrados en el laminado, a través de los cuales las palas del rotor se conectan a un anillo de cojinete del denominado cojinete de paso o a un componente conectado al anillo de cojinete, como el denominado extensor del aerogenerador, mediante tornillos de fijación o pernos de fijación. Los medios de conexión pueden, por ejemplo, diseñarse como pernos o casquillos transversales y formar parte de un inserto de brida para la conexión de las palas del rotor. Un diseño de este tipo es conocido por la solicitud internacional WO 2015/124568 A1. Además, US 2008/242129 A1 se refiere a una única arandela de unión eléctrica de dos orificios que sustituye a las arandelas planas individuales de un solo orificio que se utilizan en el proceso de unión de terminales de cables eléctricos a barras de tierra para la protección contra rayos. El estado de la técnica se describe en US 2008/240925 A1.

20 Las conexiones (embridadas) descritas anteriormente también se utilizan para conectar segmentos de palas de rotor que, dispuestos y unidos longitudinalmente, forman una pala de rotor completa. Este tipo de pala de rotor se denomina pala de rotor partida o segmentada. Por ejemplo, los medios de conexión se encuentran entonces en el laminado de un extremo de conexión respectivo o en la brida divisoria de los segmentos de las palas del rotor. Los segmentos de las palas del rotor pueden unirse entre sí mediante pernos, ya sea directamente o a través de piezas intermedias adecuadas.

25 Las palas de rotor segmentadas se prefieren sobre todo por razones de transporte y son cada vez más importantes, especialmente debido al aumento de la longitud total de las palas del rotor.

30 Un problema que surge con las palas de rotor segmentadas es que todos los sistemas y componentes de la pala están separados en la zona de separación. Por ejemplo, existe el problema de que un sistema de protección contra rayos está completamente separado en la zona de segmentación. Pero esta zona de segmentación contiene un gran número de conductores eléctricos paralelos (por ejemplo, insertos, pernos, etc.), que son muy atractivos para el impacto del rayo, pero no pueden disipar estas corrientes, por lo que existe un riesgo muy alto de chispas.

35 Por lo tanto, una tarea subyacente a la presente invención es proporcionar un concepto para palas de rotor segmentadas que permita un sistema de protección contra rayos fiable, en el que el concepto estructural de la segmentación de la pala no se vea afectado negativamente. Además, el concepto debe permitir que el sistema se instale sin herramientas, con muy poco esfuerzo y en las condiciones climáticas requeridas en el sitio de construcción. Además, se requiere que se toleren los desplazamientos transversales en la zona de segmentación (expansiones y compresiones) y que las corrientes de rayo (punta y descargas directas) puedan descargarse a tierra de forma segura.

40 Según un primer aspecto, se da a conocer una pala de rotor de aerogenerador formada por al menos dos segmentos de pala de rotor. Dichos segmentos se atornillan entre sí en los respectivos extremos de conexión mediante una pluralidad de pernos de conexión. Entre los segmentos de las palas del rotor se disponen piezas de presión en forma de manguito, cada una de las cuales está montada sobre un perno de conexión. Se proporciona una pluralidad de primeras láminas metálicas, estando dispuesta cada primera lámina metálica entre un extremo de conexión respectivo y varias piezas de presión, de modo que se forma una conexión eléctricamente conductora entre varias piezas de presión por medio de una primera lámina metálica respectiva. Las primeras láminas metálicas, asociadas al primer extremo de conexión, están dispuestas cada una desplazada con respecto a las primeras láminas metálicas, asociadas al segundo extremo terminal, con respecto a la circunferencia de la pala del rotor.

50 Para conectar los dos segmentos de la pala del rotor de un aerogenerador, éstos comprenden normalmente un gran número de elementos de conexión correspondientes, como casquillos, en los extremos de conexión a unir. Los elementos de conexión se utilizan para crear un gran número de conexiones atornilladas entre los dos segmentos. El conjunto está diseñado de tal manera que los pernos de conexión se atornillan primero en un extremo de conexión de un segmento de las palas del rotor, por ejemplo, en los casquillos. A continuación, las primeras láminas metálicas y las piezas de presión en forma de manguito se empujan sobre los pernos de conexión antes de que los extremos libres de los pernos de conexión se enrosquen en el elemento de conexión correspondiente del otro segmento de las palas del rotor y se atornillen al menos parcialmente. Por último, se atornillan los dos segmentos de las palas del rotor, atornillando y pretensando firmemente la conexión con una herramienta de montaje. Así, las piezas de presión se sujetan entre los segmentos de las palas del rotor.

Aquí y en lo que sigue, las explicaciones y características relativas a las primeras láminas metálicas también se aplican análogamente a otras láminas metálicas descritas a continuación.

65 La pala de rotor de aerogenerador inventiva prevé que las primeras láminas metálicas estén dispuestas desplazadas desde el segmento de la raíz hasta el segmento de la punta. En otras palabras, con respecto a un eje longitudinal de la

pala, una primera lámina metálica junto al segmento de la punta no se solapa totalmente con una primera lámina metálica junto al segmento de la raíz, sino sólo parcialmente. En otros, por ejemplo, una primera lámina metálica en el segmento de la punta conecta un primer grupo de piezas a presión, mientras que una primera lámina metálica opuesta en el segmento de la raíz conecta una o algunas (pero no todas) piezas a presión del primer grupo y al menos otra pieza a presión no perteneciente al primer grupo. Esto significa que, en cada caso, una sección de una primera lámina metálica en el segmento de la punta está conectada eléctricamente a través de una pieza de presión respectiva a una sección de otra primera lámina metálica en el segmento de la raíz de la pala. Debido a la disposición descrita de las primeras láminas metálicas dispuestas desplazadas entre sí a ambos lados de las piezas de presión a lo largo de la circunferencia de la pala del rotor, una transmisión de corriente debida a la caída de un rayo discurre de forma de meandro a través de las piezas de presión por medio de las primeras láminas metálicas a ambos lados de las piezas de presión. En otras palabras, las primeras láminas metálicas están dispuestas de tal manera que se establece una conexión conductora de electricidad tipo meandro a través de las piezas de presión.

Por ejemplo, las primeras láminas metálicas adyacentes, que están asociadas con el primer extremo de conexión, están separadas entre sí. Las primeras láminas metálicas adyacentes, asociadas al segundo extremo de conexión, están separadas entre sí. Esto significa que las primeras láminas metálicas adyacentes en el lado de la punta o las primeras láminas metálicas adyacentes en el lado de la raíz no entran en contacto entre sí, es decir, de forma eléctricamente conductora. En otras palabras, no hay contacto directo entre dos primeras láminas adyacentes. Por ejemplo, ninguna de las primeras láminas metálicas está en contacto directo, es decir, en contacto con otra primera lámina metálica.

Por ejemplo, con respecto a la circunferencia, los extremos izquierdo y derecho de una primera lámina coinciden esencialmente con los extremos exteriores de los respectivos elementos de conexión. En otras palabras, con respecto a la circunferencia, los extremos izquierdo y derecho de una primera lámina no se extienden sobre una superficie más externa de una pieza de presión.

Por ejemplo, las primeras láminas metálicas están dispuestas directamente en la interfaz entre el extremo de conexión y la pieza de presión, por ejemplo, en las caras de extremo pertenecientes al extremo de conexión y la pieza de presión, en particular en las superficies de contacto. No es necesario preparar o manipular las caras de extremo antes de instalar las primeras láminas metálicas.

Las primeras láminas metálicas están dispuestas entre cada extremo de conexión de los dos segmentos de las palas del rotor y las piezas de presión a lo largo de una circunferencia de la pala del rotor. Para conectarlas de forma eléctricamente conductora, cada primera lámina metálica se dispone a lo largo de la circunferencia de la pala del rotor entre un extremo de conexión correspondiente de la pala y varias piezas de presión adyacentes. Las piezas de presión y las láminas metálicas están diseñadas para ser metálicamente conductoras. En particular, las primeras láminas metálicas se sujetan en estado ensamblado entre un extremo de conexión y las piezas de presión. Así, las láminas metálicas también podrían denominarse láminas de sujeción. Las primeras láminas metálicas podrían comprender un orificio o abertura para que cada perno sea guiado a través de dicho orificio, con el fin de que se acoplen varias conexiones atornilladas, por ejemplo, piezas de presión.

Además, en la zona en la que están dispuestas las primeras láminas metálicas se suele aplicar el mayor par de apriete posible, por lo que, además de un ajuste geométrico, también se puede utilizar muy bien una conexión mecánica.

Como gran ventaja, las primeras láminas metálicas, por ejemplo, son de dimensiones muy pequeñas y/o conectan sólo unas pocas piezas de presión, como cuatro o tres piezas de presión. De forma especialmente preferente, las primeras láminas metálicas conectan dos piezas de presión cada una. En este último caso, por ejemplo, se forman dos primeras láminas metálicas y se disponen desplazadas de tal manera que una mitad de cada primera lámina metálica se dispone en un extremo respectivo de una pieza de presión.

Como ya se ha indicado anteriormente, las primeras láminas metálicas permiten una transmisión de corriente de meandro fácilmente calculable, verificable y bien controlable. Esto ofrece las siguientes ventajas:

En comparación con una lámina metálica continua que se extiende por toda la circunferencia de la pala del rotor o una semicarcasa de la pala del rotor, la solución divulgada ahorra material y masa.

En comparación con una lámina metálica de sujeción continua que se extiende por toda la circunferencia de la pala del rotor o una semicarcasa de la pala del rotor, que conecta todos los insertos entre sí y, por lo tanto, ejemplarmente tiene que tener un gran número de orificios precisos y también tiene que seguir la curvatura de la sección transversal en la zona de segmentación, las láminas metálicas según la invención no requieren una gran cadena de tolerancias en forma, contorno y posición. Más bien, estas primeras láminas (pequeñas) aprovechan especialmente el hecho de que entre unas pocas conexiones atornilladas (piezas de presión, p. ej. dos conexiones) sólo tiene que encajar una distancia corta o una única distancia estrechamente tolerada y no es necesaria ninguna curvatura, o sólo muy pequeña. El resultado es una gran precisión de ajuste en una fila teóricamente infinita de conexiones atornilladas, es decir, insertos.

En comparación con una gran lámina metálica de sujeción continua que se extiende por toda la circunferencia de la pala del rotor o de una semicarcasa de la pala del rotor y que tiene medidas anchas, las primeras láminas metálicas pueden obtenerse con espesores de pared muy precisos (hasta $\pm 0,03$ mm para flejes de acero de precisión laminados en frío

de anchura estrecha), con una alta calidad de material y con bajos costes de fabricación, en el mejor de los casos sólo es necesario un corte 2D de pequeño tamaño.

Las primeras láminas metálicas, por ejemplo las láminas muy pequeñas que sólo unen dos piezas de presión, pueden fabricarse en cantidades mayores, lo que favorece adicionalmente su fabricación.

5 En comparación con una gran lámina de sujeción continua que se extiende por toda la circunferencia de la pala del rotor o de una semicarcasa de la pala del rotor, las primeras láminas metálicas contribuyen a un tamaño de embalaje reducido y no requieren grandes esfuerzos logísticos o de embalaje para llegar al sitio de construcción o para ser manipuladas en el sitio de construcción. Por lo tanto, las primeras láminas metálicas contribuyen a una instalación muy fácil de usar y una sola persona podría manipularlas.

10 En comparación con las soluciones que prevén el montaje en otras partes conductoras de electricidad de la zona de segmentación y requieren elementos de fijación adicionales para ello, estas primeras láminas metálicas pueden montarse sin herramientas y con una mano de obra mínima en todas las condiciones climáticas requeridas.

El posicionamiento de las primeras láminas metálicas en relación con una solución que se uniría a las otras partes conductoras de electricidad de los medios de conexión (por ejemplo, abrazaderas en las piezas de presión) tiene lugar de forma casi automática, ahorra mucho tiempo y es muy preciso, además de estar libre de medios de conexión adicionales y, por tanto, de la influencia de errores.

15 Debido a la disposición desplazada, por ejemplo emparejada, de las primeras láminas metálicas, puede producirse una deformación de la sección transversal de segmentación sin que se produzca ninguna interacción importante entre una primera lámina metálica y la sección transversal de la pala, ya que la zona menos rígida entre las primeras láminas metálicas actúa como una junta.

La pieza de presión está diseñada como un manguito, es decir, la pieza de presión comprende un orificio/apertura continuo a lo largo de una dirección principal de extensión, es decir, un eje longitudinal. La pieza de presión está diseñada, por ejemplo, como un manguito de sujeción.

25 Un perno de conexión, por ejemplo, es un tornillo de rosca. El perno de conexión está diseñado, por ejemplo, como un perno de eje de expansión (con las roscas exteriores correspondientes).

Los elementos de conexión mencionados, como los casquillos o insertos, son, por ejemplo, elementos laminados en los extremos de conexión de los segmentos de las palas.

De acuerdo con una realización, la primera lámina metálica (y las siguientes que se describirán) son partes iguales. Esto significa que se utilizan piezas idénticas para ambos lados de las piezas de presión. Esto contribuye a una producción y un montaje más baratos y sencillos.

35 De acuerdo con una realización, se proporciona una segunda lámina metálica que conecta eléctricamente las piezas de presión orientadas hacia el borde de ataque y/o el borde de salida. En particular, dos piezas de presión, una en el lado de succión y otra en el lado de presión, cada una de ellas dispuesta lo más cerca posible del borde de ataque, están acopladas por la segunda lámina metálica. Del mismo modo, las piezas de presión en el borde de salida pueden estar conectadas por una segunda lámina metálica. En particular, para la conexión de las mitades de la carcasa dentro de un segmento de pala, se proporciona una lámina metálica modificada, a saber, la segunda lámina metálica, al menos en el borde de salida debido a la pequeña distancia de inserción entre las piezas de presión contra el riesgo de chispas. Ventajosamente de forma adicional en el borde de ataque, la segunda lámina metálica permite una llamada ecualización de potencial. La segunda lámina metálica, por ejemplo, tiene una longitud diferente a la primera. La segunda lámina metálica, por ejemplo, tiene otra posibilidad de fijación para receptores o elementos de cubierta aerodinámicos (véase más adelante).

De acuerdo con una realización se proporciona una tercera lámina metálica, que está dispuesta entre un extremo de conexión y sólo una pieza de presión, en particular en el caso de una pieza de presión que está adyacente al borde de ataque o al borde de salida. Por ejemplo, la pieza de presión respectiva está dispuesta lo más cerca posible del borde de ataque o del borde de salida en el lado de succión o en el lado de presión de la pala.

55 Dependiendo del diseño de las primeras láminas metálicas y de la cantidad de conexiones atornilladas, puede darse el caso de que una conexión atornillada quede sin lámina metálica. En este caso, la tercera lámina metálica podría disponerse entre un extremo de conexión y una sola pieza de presión. Por ejemplo, en el caso de las primeras láminas metálicas que se extienden sobre dos piezas de presión, la disposición de las primeras láminas metálicas podría dejar al menos un inserto por extremo de conexión en el caso de un número impar de conexiones atornilladas (o piezas de presión, respectivamente). Por ejemplo, la tercera lámina metálica podría ser una primera lámina metálica modificada, por ejemplo, en forma de disco.

60 Se observa que en las realizaciones, ninguna de las segundas y/o terceras láminas metálicas están en contacto directo o se tocan entre sí o con cualquier primera lámina metálica.

65 De acuerdo con una realización, una o más de las láminas metálicas antes mencionadas, que están asociadas con el primer segmento de las palas del rotor, están conectadas eléctricamente de forma conductora a un pararrayos del primer segmento de las palas del rotor, y/o una o más de las láminas metálicas antes mencionadas, que están asociadas con el

segundo segmento de las palas del rotor, están conectadas eléctricamente de forma conductora a un pararrayos del segundo segmento de las palas del rotor. Por ejemplo, para cada segmento, una lámina metálica en el lado de aspiración y una lámina metálica en el lado de presión están conectadas a un pararrayos, por ejemplo, un cable pararrayos. Así, se establecen dos conexiones a pararrayos para cada segmento de pala del rotor.

Según una realización, una o varias de las láminas metálicas mencionadas tienen una interfaz o medios para fijar otro componente, en particular un receptor o una cubierta aerodinámica. Por ejemplo, un pararrayos, que está conectado al sistema de protección contra rayos, está acoplado a una o más láminas metálicas, lo que resulta muy ventajoso al menos en la zona del borde de ataque.

De acuerdo con una realización, las primeras láminas metálicas están formadas para conectar dos piezas de presión adyacentes de una manera eléctricamente conductora. Las funciones y ventajas descritas anteriormente se consiguen en particular gracias a estas primeras láminas metálicas.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas anteriormente se apoyan planas contra las caras de extremo correspondientes de los extremos de conexión y las piezas de presión. Así se consigue una conexión mecánica y eléctricamente conductora muy fiable y segura.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas antes mencionadas tienen uno o más rebajes a través de los cuales se guían los pernos de conexión en consecuencia. En función del número de piezas a presión que deban conectarse, cada lámina metálica dispone de los correspondientes rebajes u orificios. De este modo, se facilita enormemente el montaje y la instalación de láminas metálicas.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas anteriormente están libres de contacto con los respectivos pernos de conexión. De este modo, puede evitarse cualquier impacto mecánico o eléctrico en los pernos de conexión.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas antes mencionadas están centradas con respecto a los respectivos pernos de conexión por medio de uno o más anillos de centrado dispuestos en los extremos de conexión. De este modo, es posible una instalación fiable, fácil y segura de las láminas metálicas. Por ejemplo, el anillo de centrado tiene uno o más salientes que enganchan una abertura de una lámina metálica para centrar la lámina con respecto al perno de conexión respectivo, que se guía a través de la lámina metálica y el anillo de centrado.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas son láminas laminadas finas. En particular, el grosor de la pared de una lámina es de aproximadamente hasta un máximo de 5 mm de grosor de lámina. Estas láminas metálicas pueden fabricarse con una tolerancia muy pequeña, por ejemplo de 0,03 mm a 0,05 mm.

De acuerdo con una realización, cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas anteriormente comprenden una o más pestañas para fijar un componente adicional, en particular las pestañas que comprenden uno o más ojales para fijar el componente adicional. Las pestañas pueden ser planas, por ejemplo, extendiéndose en la zona de extensión principal de la lámina metálica, o estar en ángulo, por ejemplo, a 90 °. Este diseño optimiza la instalación y conexión de otros componentes, como un receptor de rayos o similar.

Un aspecto no reivindicado está relacionado con una lámina metálica para una pala de rotor de aerogenerador según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. La lámina metálica está diseñada para disponerse entre un extremo de conexión respectivo y varias piezas de presión de la pala del rotor del aerogenerador, de modo que se forme una conexión eléctricamente conductora entre una o más piezas de presión por medio de la lámina metálica. En particular, la lámina metálica está diseñada de tal manera que un perno de conexión puede pasar a través de la pieza metálica.

La lámina metálica permite esencialmente las ventajas y funciones mencionadas. Las características descritas anteriormente se aplican análogamente a la lámina metálica del aspecto no reivindicado.

La lámina metálica puede ser una primera, segunda o tercera lámina metálica.

Otras ventajas, características y funciones se dan en las siguientes realizaciones ejemplares de la invención, que se explican en relación con las figuras. Los elementos idénticos, similares o que actúan de forma parecida llevan los mismos signos de referencia en las figuras. No necesariamente todos los elementos mostrados y descritos se proporcionan con signos de referencia en aras de la claridad y la visibilidad.

En las figuras:

La figura 1 muestra una vista esquemática de un aerogenerador,

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de rotor partida con dos segmentos de pala de rotor,

La figura 3 muestra una vista en secciones esquemática de una conexión atornillada ejemplar de los dos segmentos de

las palas del rotor,

Las figuras 4 a 8 muestran diferentes vistas de conexiones atornilladas de una pala de rotor de aerogenerador de acuerdo con una realización,

Las figuras 9 y 10 muestran vistas en sección de dos palas de rotor de aerogenerador segmentadas diferentes de acuerdo con realizaciones de la invención, y

Las figuras 11 a 13 muestran diferentes realizaciones de una primera lámina metálica.

La figura 1 muestra una vista esquemática de un aerogenerador 100, que comprende una torre 102. La torre 102 se fija al suelo mediante una cimentación 104. En un extremo de la torre 102 opuesto al suelo está montada de forma giratoria una góndola 106. La góndola 106, por ejemplo, comprende un generador que está acoplado a un rotor 108 a través de un eje de rotor (no mostrado). El rotor 108 está formado por una o varias palas 110 (de aerogenerador) dispuestas sobre un buje de rotor 112.

Durante el funcionamiento, el rotor 108 es puesto en rotación por un flujo de aire, por ejemplo el viento. Este movimiento de rotación se transmite al generador a través del eje del rotor y, si es necesario, de una caja de cambios. El generador convierte la energía mecánica del rotor 108 en energía eléctrica.

La figura 2 muestra una pala de rotor de aerogenerador 110 ejemplar. La pala del rotor 110 tiene la forma de una pala de rotor convencional y tiene una zona de la raíz de la pala del rotor 114 orientada hacia el buje del rotor 112. La zona de la raíz de la pala del rotor 114 suele tener una sección transversal esencialmente circular. A la zona de la raíz de la pala del rotor 114 le sigue una zona de transición 116 y una zona de perfil 118 de la pala del rotor 110. La pala del rotor 110 tiene un lado de presión 122 y un lado de aspiración opuesto 124 con respecto a una dirección de extensión longitudinal 120 (también dirección de extensión principal). La pala del rotor 110 es esencialmente hueca en su interior.

En la zona de la raíz de la pala del rotor 114 está previsto un extremo de conexión de la pala del rotor 126 con una conexión de brida 128, mediante la cual la pala del rotor 110 se conecta mecánicamente a un cojinete de paso o a un extensor.

La pala del rotor 110 comprende un área de división 130 en la que se conectan entre sí un segmento 132 de la pala del rotor del lado de la raíz de la pala (primer segmento de la pala del rotor) y un segmento 134 de la pala del rotor del lado de la punta de la pala (segundo segmento de la pala del rotor). Para ello, ambos segmentos 132, 134 comprenden cada uno un área de conexión de segmento 136, 138 (también denominados extremos de conexión). La pala del rotor 110 es, por tanto, una pala de rotor partida como se ha descrito anteriormente. Cada extremo de conexión 136, 138 tiene una multitud de manguitos o casquillos 140, 142, que están dispuestos según el perfil (en dirección circunferencial) y comprenden roscas internas para la recepción de pernos roscados, también llamados pernos de cojinete o pernos de conexión. Por ejemplo, los primeros casquillos 140 comprenden roscas izquierdas (primeras roscas internas) y los segundos casquillos 142 roscas derechas (segundas roscas internas) o viceversa. Un extremo de conexión 136, 138 se realiza, por ejemplo, como un inserto de brida, que se inserta como un inserto en un molde de producción para la fabricación de la pala del rotor 110. Sin embargo, también es concebible que no se proporcione ningún inserto de brida y que los casquillos se incrusten y laminen directamente en las semicarcasas de las palas del rotor. Los casquillos son, por ejemplo, manguitos de acero.

La conexión de ambos segmentos de las palas del rotor 132, 134 se describirá con más detalle utilizando una conexión de un solo perno como ejemplo con la ayuda de la figura 3, que muestra una vista en sección esquemática en la zona de división 130 de los dos segmentos de las palas del rotor 132, 134 conectados. El primer extremo de conexión 136 del primer segmento de pala de rotor 132 comprende una multitud de primeros casquillos 140 como se ha descrito anteriormente. El segundo extremo de conexión 138 del segundo segmento de pala de rotor 134 comprende varios segundos casquillos 142. Un perno de conexión 146 se atornilla en cada par de primeros y segundos casquillos alineados 140, 142. Este perno 146 conecta mecánicamente los dos extremos de conexión 136, 138 y, por lo tanto, los dos segmentos de las palas del rotor 132, 134. Además, una pieza de presión 144 se sujeta entre los dos extremos de conexión 136, 138 por conexión de perno 148.

La figura 4 muestra tres conexiones atornilladas 148 de una pala de rotor de aerogenerador segmentada 110 según una realización de la invención. La figura 5 muestra una de estas conexiones de perno 148 en una vista de explosión. A diferencia de la realización de la figura 3, entre cada extremo de conexión 136, 138 de la pala 110 y las piezas de presión 144 se sujetan primeras láminas metálicas 150 (también denominadas primeras láminas de sujeción), después de atornillar los segmentos 132, 134 entre sí mediante los pernos 146. En particular, las primeras láminas metálicas 150 se sujetan entre las caras de extremo 152 de los primeros casquillos 140 del primer extremo de conexión 136 y las primeras caras de extremo 154 de las piezas de presión 144, así como entre las segundas caras de extremo 156 de las piezas de presión 144 y las caras de extremo 158 de los segundos casquillos 142 del segundo extremo de conexión 138.

Las primeras láminas metálicas 150 están dispuestas a lo largo de la circunferencia 151 (indicada en la figura 4) de la pala 110 en los lados de succión y presión 124, 122. Las primeras láminas metálicas 150 son partes iguales. Cada primera

- lámina metálica 150 es eléctricamente conductora y acopla dos piezas de presión 144 de forma eléctricamente conductora. En la realización mostrada, cada una de las primeras láminas metálicas 150 comprende dos aberturas 160 (rebajes). A través de las aberturas 160 pueden pasar los pernos de conexión 146. Las piezas de presión 144 también son conductoras de la electricidad y están formadas, por ejemplo, por un metal. Las primeras láminas metálicas 150 están diseñadas y montadas entre los segmentos 132, 134 y las piezas de presión 144 de forma que no se establezca ningún contacto con los pernos 146. Esto puede verse en las figuras 6a, 6b que muestran una vista en sección A-A y una vista en detalle Z. Para asegurar una instalación muy fácil y fiable, se montan anillos de centrado opcionales 162 (también denominados anillos de soporte) en los casquillos 140, 142 y sobresalen a través de las primeras láminas metálicas 150 para centrarlas con respecto a los pernos 146.
- Como puede observarse en las figuras (véanse las figuras 4, 5, 7, 8), cada primera lámina metálica 150 del primer extremo de conexión 136 está dispuesta desplazada con respecto a una primera lámina metálica 150 opuesta respectiva del segundo extremo de conexión 138, con respecto a la circunferencia 151 de la pala 110. Por lo tanto, en la realización mostrada, una mitad de una primera lámina metálica 150 en el extremo de primera conexión del lado de la raíz 136 está conectada a una mitad de una lámina metálica 150 en el extremo de segunda conexión del lado de la punta 138 a través de la pieza de presión 144.
- La figura 7 muestra que una primera lámina metálica 150, que está asociada al primer extremo de conexión 136 o al primer segmento de pala de rotor 132 (segmento de la raíz), está acoplada a un primer cable pararrayos 164 de forma eléctricamente conductora. Del mismo modo, una primera lámina metálica 150, que está asociada al segundo extremo de conexión 138 o al segundo segmento de las palas del rotor 134 (segmento de la punta), está acoplada a un segundo cable pararrayos 166 de forma eléctricamente conductora. Los cables pararrayos 164, 166 forman parte de un sistema de protección contra rayos.
- En el ejemplo mostrado, las conexiones atornilladas 148 están dispuestas en el lado de aspiración 124 de la pala 110. En el lado de presión 124, se prevé una instalación similar. Por lo tanto, se pueden proporcionar más cables pararrayos 164, 166 primero y segundo de tal manera que cada segmento 132, 134 tenga un cable pararrayos 164 o 166 tanto en el lado de aspiración como en el lado de presión 124, 122.
- Para la conexión a los cables pararrayos 164, 166, las primeras láminas metálicas 150 tienen una o varias interfaces, por ejemplo ojales (véanse también las figuras 11 a 13 y la descripción correspondiente más adelante).
- Como se muestra en la figura 8, el diseño y la disposición descritos anteriormente de las primeras láminas metálicas 150 permiten una conexión conductora de electricidad en forma de meandro para el sistema de protección contra rayos. En otras palabras, una trayectoria de corriente 168 es como un meandro en el área de división 130 y va desde (una mitad de) una primera lámina metálica 150 en el primer extremo de conexión 136 sobre una pieza de presión correspondiente 144 hasta (una mitad de) la primera lámina metálica 150 opuesta en el segundo extremo de conexión 138. La trayectoria de corriente 168 comprende varias secciones, a saber, una primera sección de trayectoria de segmento 168a (pararrayos), secciones de trayectoria de la lámina metálica 168b, secciones de trayectoria de la pieza de presión 168c y una segunda sección de trayectoria de segmento 168d (pararrayos). En particular, las secciones de trayectoria de la lámina metálica 168b y las secciones de trayectoria de la pieza a presión 168c establecen la trayectoria de la corriente en forma de meandro.
- Dependiendo de la cantidad de piezas de presión 144 a conectar por una primera lámina metálica 150 y dependiendo de la cantidad de conexiones atornilladas 148 a establecer, pueden darse diferentes situaciones, como se muestra ejemplarmente en las figuras 9a a 10b. En particular, las conexiones atornilladas simples 148 (y por lo tanto las respectivas piezas de presión 144 y los casquillos 140, 142) podrían permanecer libres de las primeras láminas metálicas 150 en los extremos del lado de aspiración y presión 124, 122 con respecto a la circunferencia 151 de la pala 110.
- Las figuras 9a y 9b muestran dicha pala de rotor de aerogenerador 110 en el área de división 130 de acuerdo con una realización de la invención. La figura 9a muestra el primer segmento 132 y el primer extremo de conexión 136, mientras que la figura 9b muestra el segundo segmento 134 y el segundo extremo de conexión 138. Tanto en el lado de aspiración como en el de presión 124, 122 hay un número impar de conexiones atornilladas 148 (sólo dos indicadas con signos de referencia en la figura 9a). En el primer segmento 132, las primeras láminas metálicas 150 están dispuestas como se ha descrito anteriormente, de manera que tanto en el lado de aspiración como en el de presión 124, 122, una única y última conexión atornillada 148* (último primer casquillo 140*) orientada hacia el borde de salida 170 permanecería libre de una primera lámina metálica 150. En este caso, se proporciona una segunda lámina metálica 174, que es similar a una primera lámina metálica 150 y está diseñada para conectar estas últimas conexiones atornilladas 148* (es decir, los respectivos primeros casquillos 140 y piezas de presión 144) con el fin de continuar la disposición similar a un meandro desde el lado de succión al lado de presión 124, 122 en el primer segmento 132.
- Correspondientemente, debido al número impar de conexiones atornilladas 148, las últimas conexiones atornilladas 148* (últimos segundos casquillos 142*) permanecen libres de una primera lámina metálica 150 en el segundo segmento 134, sin embargo en el borde de ataque 172 (orientado hacia el borde de ataque 172). En el borde de ataque 172 no se establece ninguna conexión desde el lado de presión al de aspiración 122, 124 y para cada última conexión de perno 148* se proporciona una tercera lámina metálica 176, por ejemplo en forma de disco.

De este modo, se consigue la conexión conductora de electricidad de tipo meandro desde el lado de presión al de aspiración 124, 122 desde el primer al segundo segmento 132, 134 y entre cada pieza de presión 144 y los extremos de conexión 136, 138 se proporciona una lámina metálica (primera, segunda y tercera). Esto garantiza que cada conexión de perno 148, 148* tenga también una disposición mecánica similar.

Las figuras 10a y 10b muestran una realización ligeramente diferente de la invención en comparación con el ejemplo de acuerdo con las figuras 9a y 9b. Aquí, se proporciona un número par de conexiones atornilladas 148 en el lado de presión y de aspiración 122, 124. En el segundo segmento 134 sólo pueden utilizarse primeras láminas metálicas 150 y ninguna conexión de perno 148 (es decir, el segundo casquillo 142) queda libre de una primera lámina metálica 150. En el primer segmento, en ambos extremos de los lados de aspiración y presión 124, 122 una única conexión atornillada 148* permanece libre con respecto a la circunferencia 151. En este caso, las conexiones atornilladas 148* (por ejemplo, los primeros casquillos 140*) en el borde de salida 170 y en el borde de ataque 172 en el primer segmento 132 están conectadas conductivamente a través de una segunda lámina metálica 174.

Se observa que cada lámina metálica 150, 174, 176 queda plana contra las caras correspondientes (por ejemplo, las caras de extremo de las respectivas piezas de presión 144). Además, cada lámina metálica es una lámina laminada fina como se describe en la parte introductoria.

Como puede verse en las figuras, las láminas metálicas 150, 174, 176 no están en contacto directo eléctricamente conductor con otra lámina metálica. En otras palabras, cada dos láminas metálicas adyacentes en un segmento de pala 132, 134 no están en contacto directo entre sí. En particular, no se establece ningún contacto conductor de electricidad. Como puede observarse en las figuras, con respecto a la circunferencia 151 los extremos izquierdo y derecho de una lámina metálica 150, 174, 176 coinciden esencialmente con los extremos exteriores de los respectivos casquillos o bujes 140, 142. En otras palabras, con respecto a la circunferencia 151, los extremos izquierdo y derecho de la lámina metálica 150, 174, 176 no se extienden sobre un extremo más exterior de una pieza de presión 144.

Las figuras 11 a 13 muestran diferentes realizaciones de una lámina metálica 178 para las palas del rotor 110 descritas anteriormente y conexiones atornilladas 148/148*, que permite la fijación de cables pararrayos (por ejemplo, cables de descarga), receptores o elementos de cubierta aerodinámica. Las características y funciones descritas anteriormente con respecto a una primera, una segunda o una tercera lámina metálica 150, 174, 176 se aplican de manera similar a la lámina metálica 178. Los siguientes detalles son análogamente aplicables a una primera, una segunda o una tercera lámina metálica 150, 174, 176.

La lámina metálica 178 comprende una o más aberturas 160 como se ha descrito anteriormente para ser montada sobre los respectivos pernos de conexión 146. La lámina metálica 178 comprende una o más pestañas 180 que sobresalen de un cuerpo principal 182. El cuerpo principal 182 se define como la parte de la lámina metálica 178 que se extiende entre las conexiones atornilladas 148 a lo largo de la circunferencia 151 y conecta las piezas de presión 144 y los casquillos 140, 142. Las pestañas 180 son parte integrante de la lámina metálica 178 y pueden extenderse completamente en el área de extensión principal 184 de la lámina metálica 178 o pueden tener una sección doblada al menos parcialmente 186, por ejemplo a 90 °. Las pestañas 180 comprenden una o más interfaces 188 para la fijación de otros componentes. Las interfaces 188 son ojales en las realizaciones mostradas.

Las realizaciones descritas anteriormente permiten las funciones, efectos y ventajas enumerados en la parte introductoria de este escrito.

Signos de referencia

100 aerogeneradores
 102 torre
 104 cimentación
 106 góndola
 108 rotor
 110 pala del rotor
 112 buje del rotor
 114 superficie de la raíz de la pala del rotor
 116 área de transición
 118 área de perfil
 120 dirección de extensión longitudinal
 122 lado de presión
 124 lado de aspiración
 126 extremo de conexión de las palas del rotor
 128 conexión de brida
 130 área de división
 132 primer segmento de las palas del rotor
 134 segundo segmento de las palas del rotor

	136 primer extremo de conexión (lado de la raíz)
	138 segundo extremo de conexión (lado de la punta)
	140/140* primer casquillo
	142/142* segundo casquillo
5	144 pieza de presión
	146 perno de conexión
	148/148* conexión atornillada
	150 primera lámina metálica
	151 circunferencia
10	152 cara de extremo del primer casquillo/primer extremo de conexión
	154 primera cara de extremo de la pieza de presión
	156 segunda cara de extremo de la pieza de presión
	158 cara de extremo del segundo casquillo/segundo extremo de conexión
	160 apertura
15	162 anillo de centrado
	164 primer pararrayos
	166 segundo pararrayos
	168 trayectoria actual
	168a primera trayectoria de segmento
20	168b sección de trayectoria de la lámina metálica
	168c sección de trayectoria de la pieza a presión
	168d segunda sección de trayectoria del segmento
	170 borde de salida
	172 borde de ataque
25	174 segunda lámina metálica
	176 tercera lámina metálica
	178 lámina metálica
	180 pestaña
	182 cuerpo principal
30	184 área de extensión principal
	186 sección doblada
	188 interfaz

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor de aerogenerador (110), que está formada por al menos dos segmentos de pala de rotor (132, 134), donde dichos segmentos (132, 134) están atornillados entre sí en sus respectivos extremos de conexión (136, 138) mediante una pluralidad de pernos de conexión (146), caracterizada porque:

entre los segmentos de las palas del rotor (132, 134) se disponen piezas de presión en forma de manguito (144), cada una de las cuales está montada sobre un perno de conexión (146), se proporciona una pluralidad de primeras láminas metálicas (150), estando dispuesta cada primera lámina metálica (150) entre un respectivo extremo de conexión (136, 138) y varias piezas de presión (144), de modo que se forma una conexión eléctricamente conductora entre piezas de presión adyacentes (144) por medio de una primera lámina metálica (150), y las primeras láminas metálicas (150), que están asociadas al primer extremo de conexión (136), están dispuestas cada una a lo largo de la circunferencia (151) de la pala del rotor (110) desplazadas con respecto a las primeras láminas metálicas (150), que están asociadas al segundo extremo de conexión (138).
2. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con la reivindicación 1, donde las primeras láminas metálicas adyacentes (151) están separadas entre sí.
3. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde las primeras láminas metálicas (150) son partes iguales.
4. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se proporciona una segunda lámina metálica (174) que conecta eléctricamente en forma conductora las piezas de presión (144) orientadas hacia el borde de ataque (172) y/o el borde de salida (170).
5. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde se proporciona una tercera lámina metálica (176), que está dispuesta entre un extremo de conexión respectivo (136, 138) y una sola pieza de presión (144), en particular en el caso de una pieza de presión (144) orientada hacia el borde de ataque (172) o el borde de salida (170).
6. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una o más de las láminas metálicas (150, 174, 176) mencionadas anteriormente, que están asociadas con el primer segmento de pala de rotor (132), están conectadas eléctricamente de forma conductora a un pararrayos (164) del primer segmento de pala de rotor (132), y/o una o más de las láminas metálicas (150, 174, 176) mencionadas anteriormente, que están asociadas con el segundo segmento de pala de rotor (134), están conectadas eléctricamente de forma conductora a un pararrayos (166) del segundo segmento de pala de rotor (134).
7. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una o más de las láminas metálicas (150, 174, 176) antes mencionadas tienen una interfaz (188) o medios para fijar otro componente, en particular un receptor o una cubierta aerodinámica.
8. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las primeras láminas metálicas (150) están formadas para conectar dos piezas de presión (144) de manera eléctricamente conductora.
9. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas (150, 174, 176) antes mencionadas están sujetas, en particular entre caras de extremo opuestas (152 a 158) diseñadas como superficies de contacto.
10. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas (150, 174, 176) se apoyan planas contra las correspondientes caras de extremo (152 a 158) de los extremos de conexión (136, 138) y las piezas de presión (144).
11. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas (150, 174, 176) tienen varios rebajes (160) a través de los cuales se guían en consecuencia los pernos de conexión (146).
12. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas (150, 174, 176) están libres de contacto con los respectivos pernos de conexión (146).
13. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas (150, 174, 176) están centradas con respecto a los respectivos pernos de conexión (146) mediante uno o más anillos de centrado (162) dispuestos en los extremos de conexión (136, 138).
14. Pala de rotor de aerogenerador (110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cualquiera o todas las láminas metálicas mencionadas (150, 174, 176) comprenden una o más pestañas (180) para fijar un

componente adicional, en particular las pestañas (180) que comprenden uno o más ojales para fijar el componente adicional.

Fig. 1

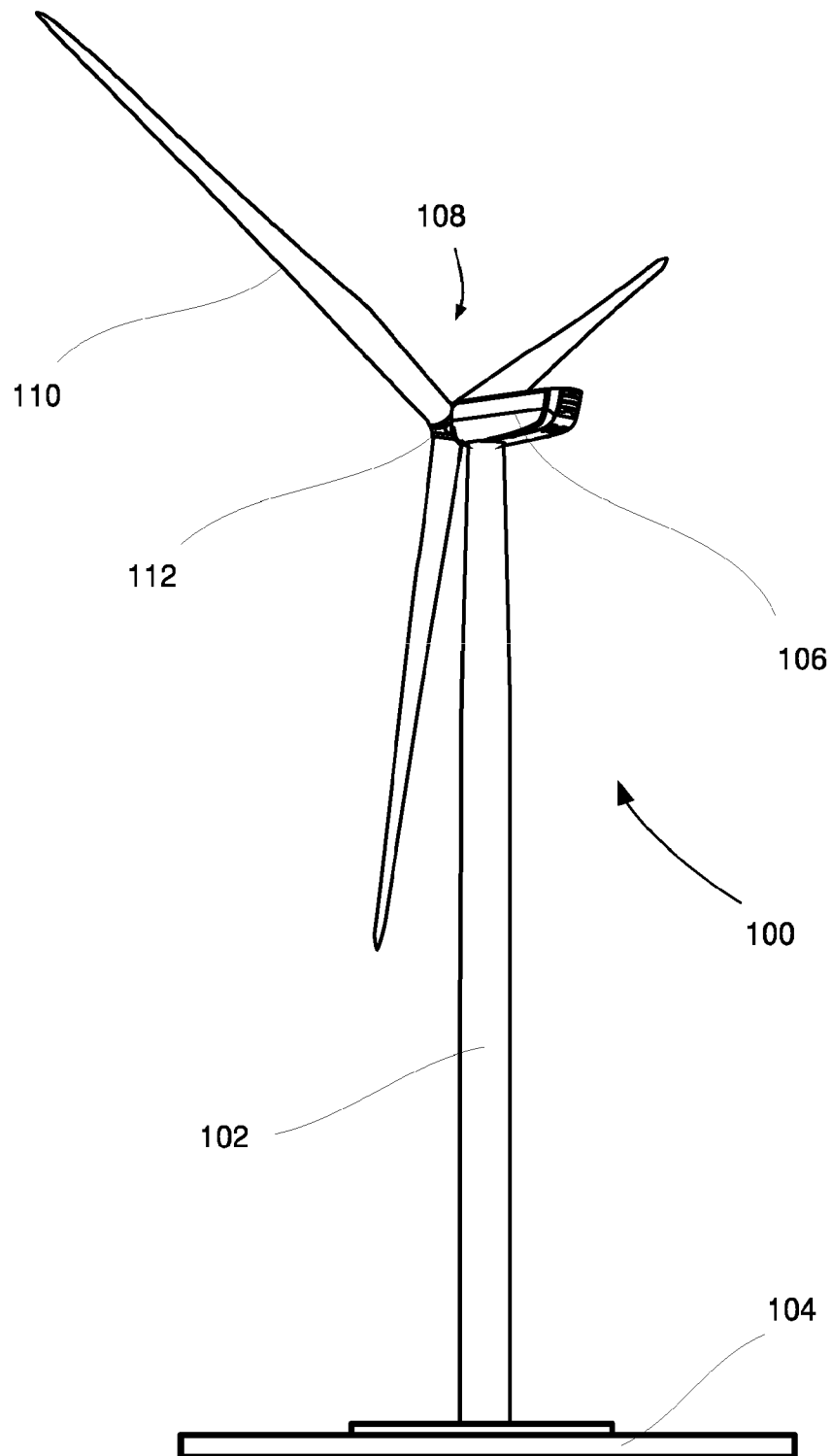


Fig. 2

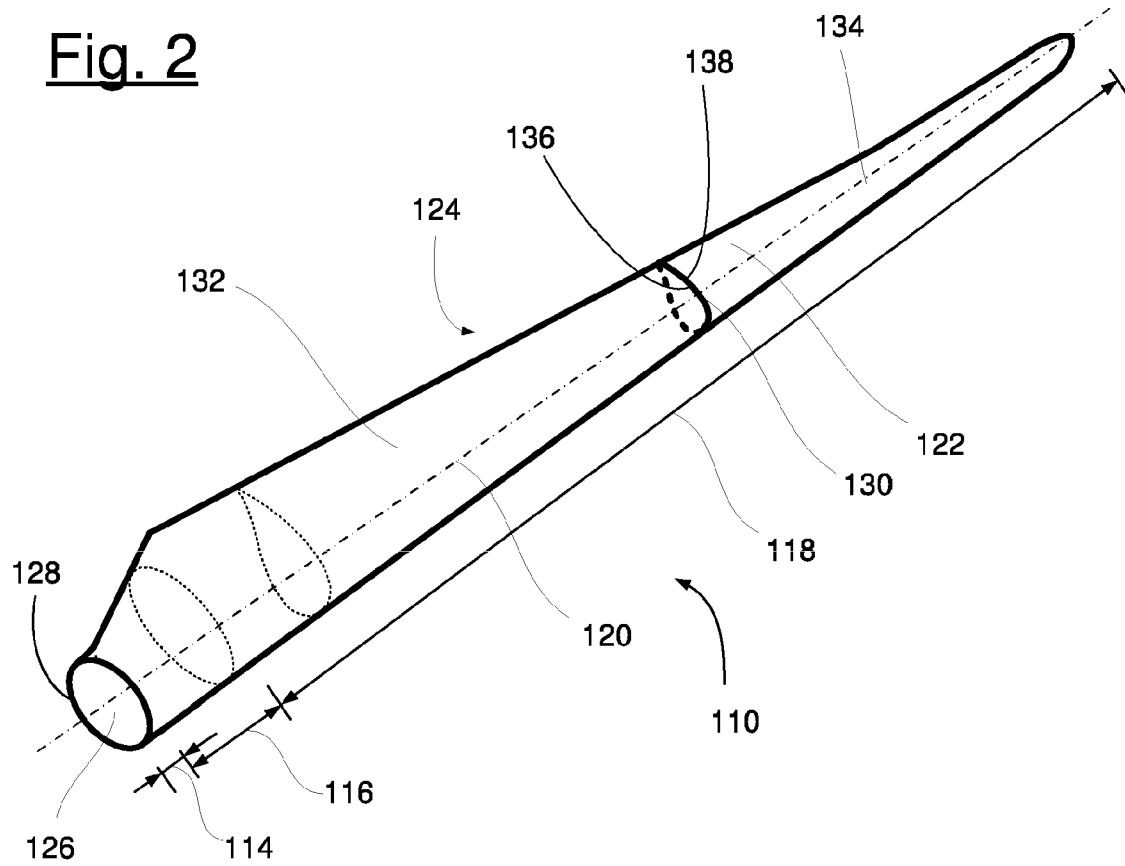


Fig. 3

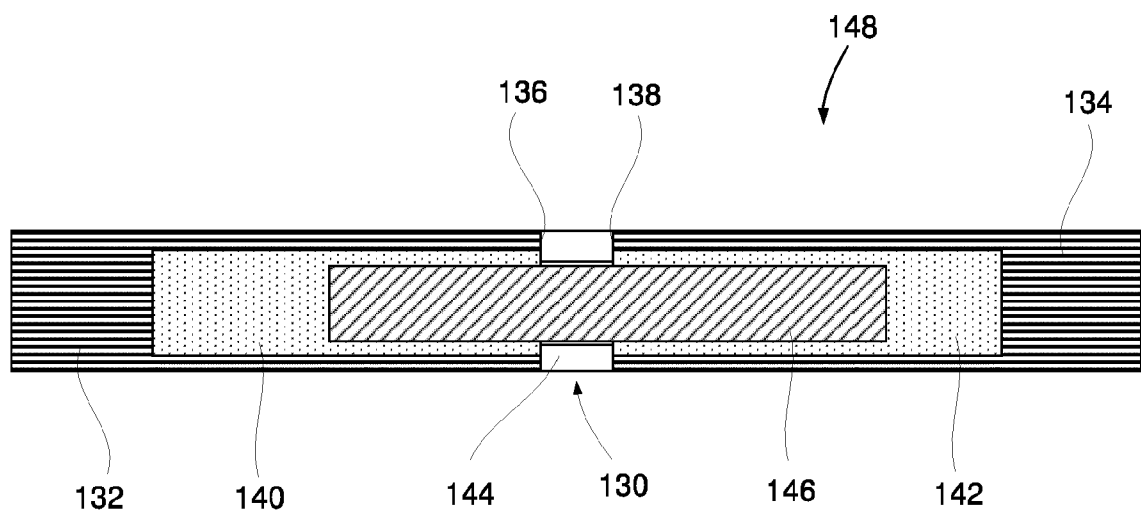


Fig. 4

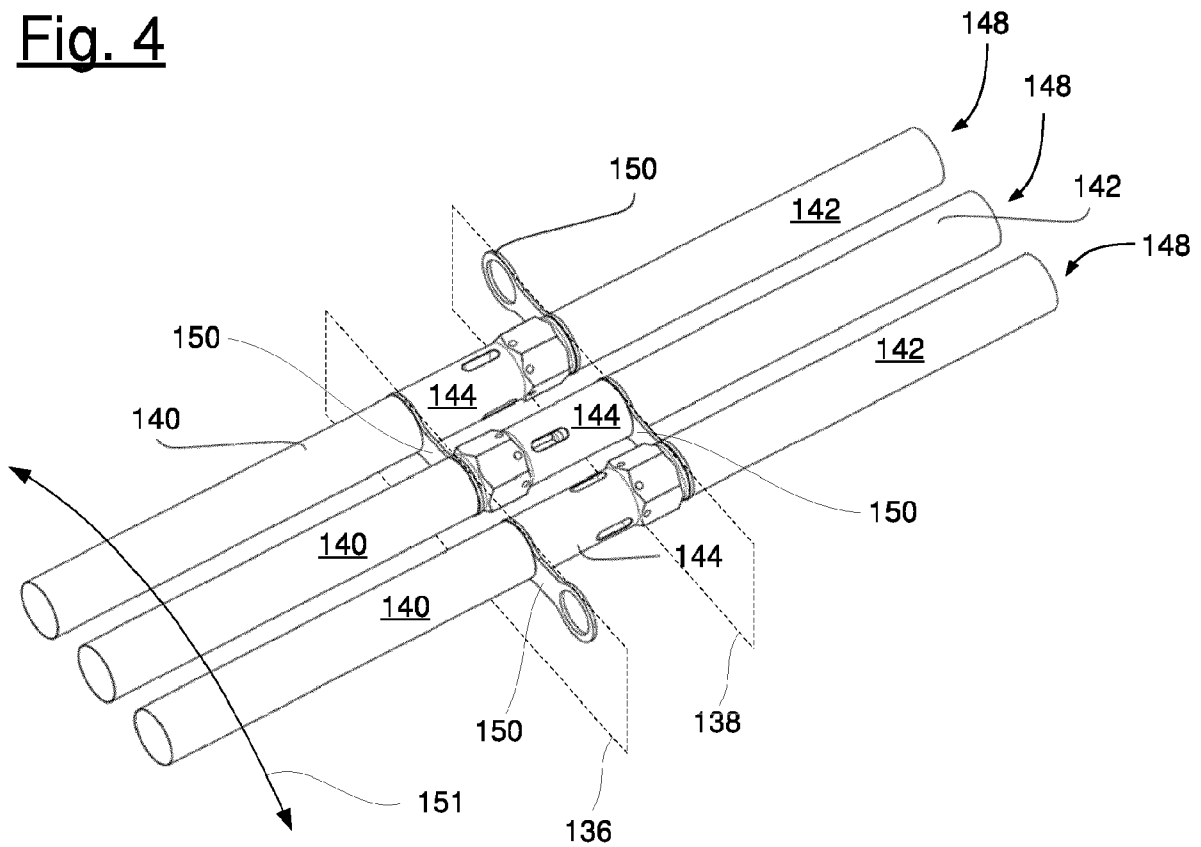


Fig. 5

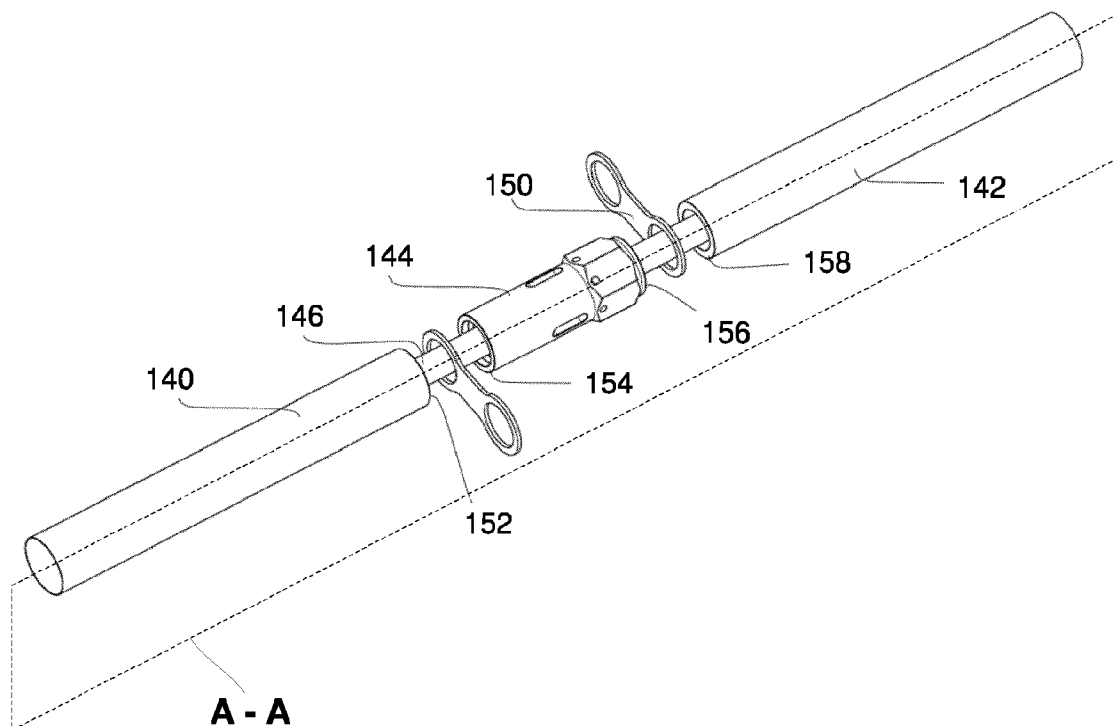


Fig. 6a

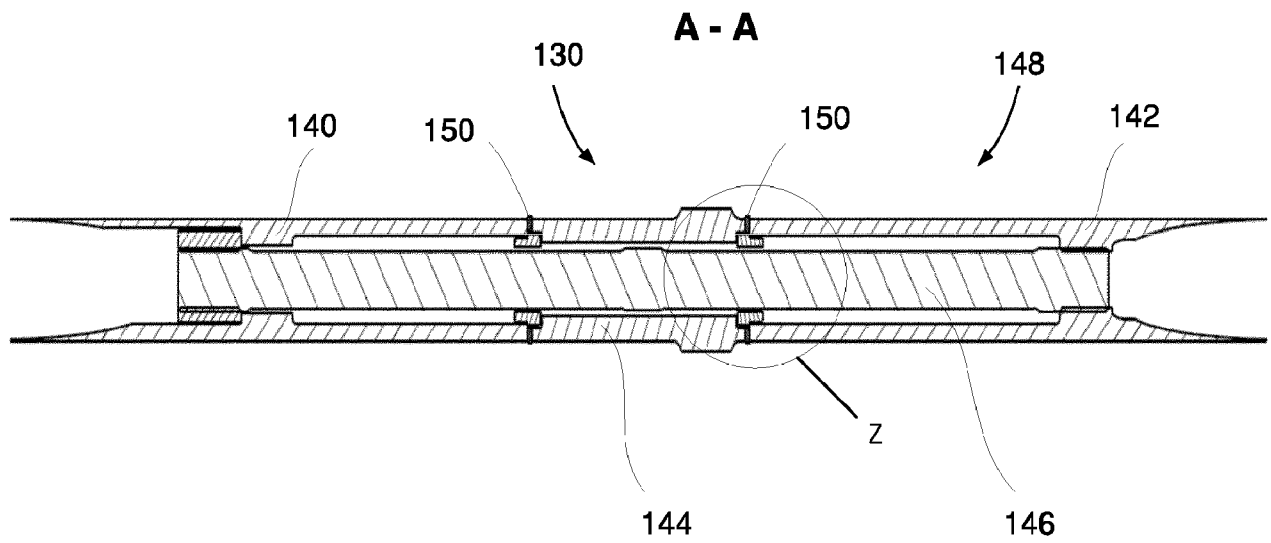


Fig. 6b

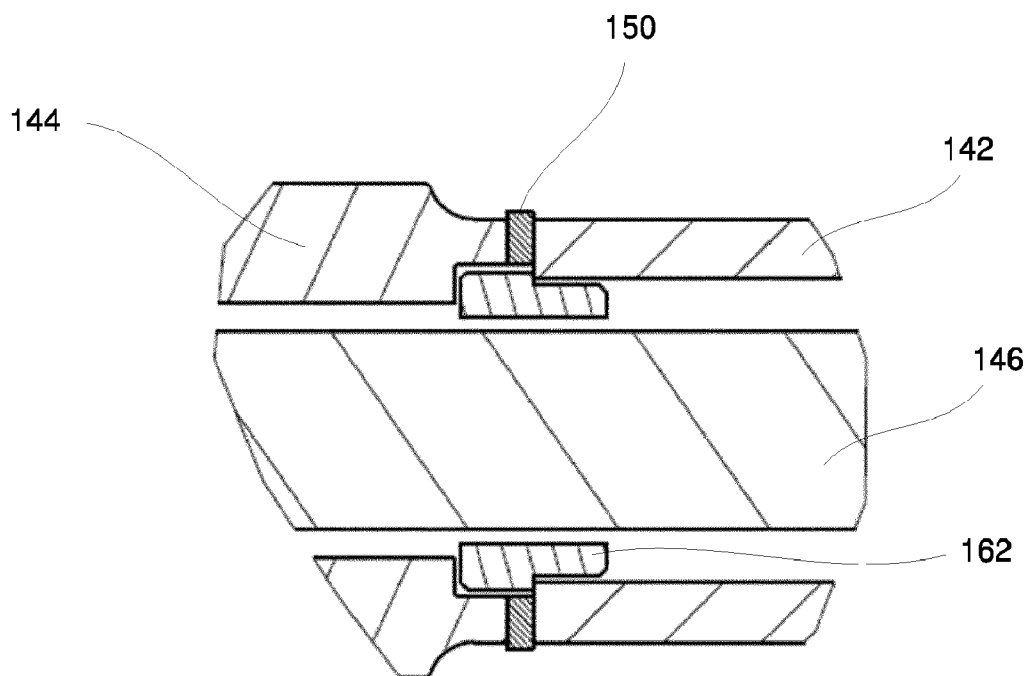


Fig. 7

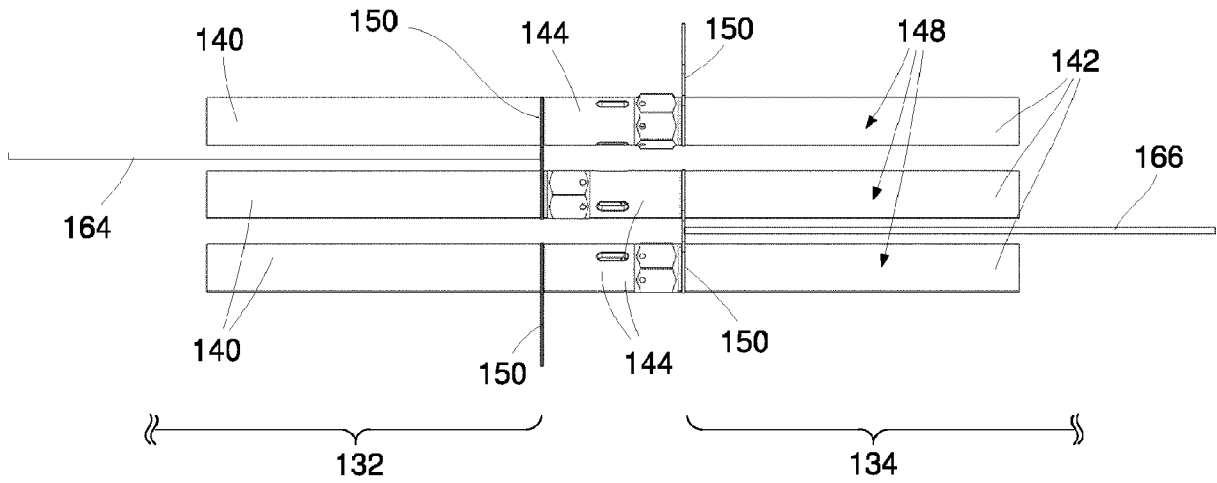


Fig. 8

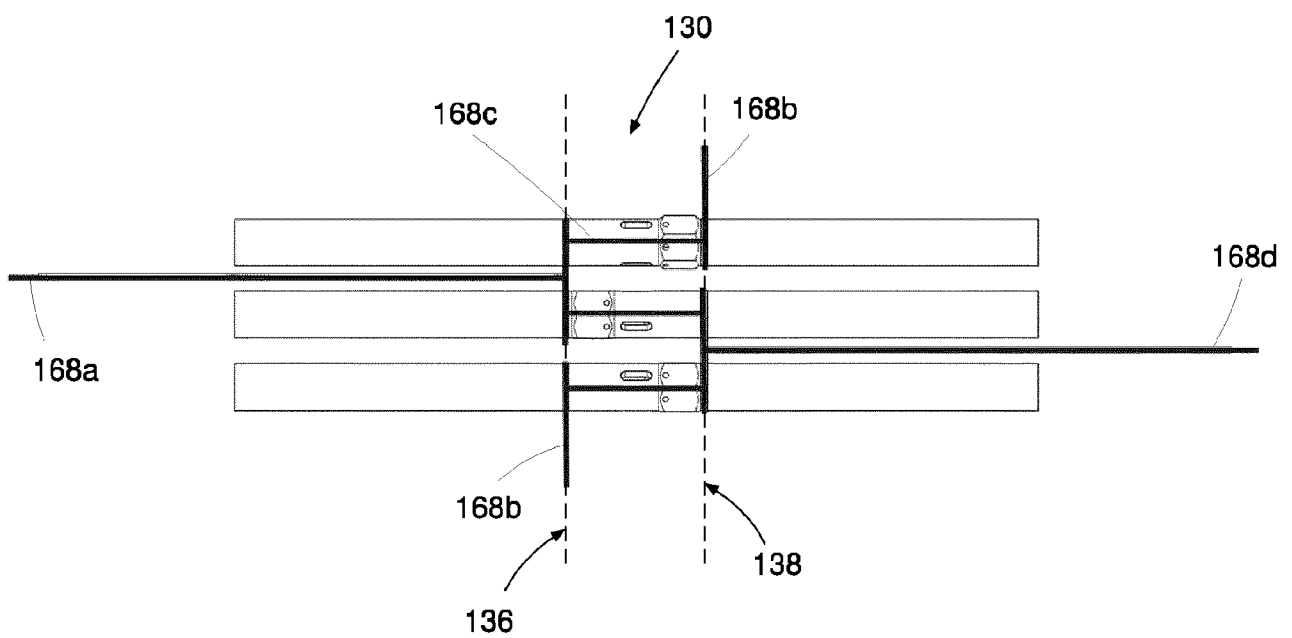


Fig. 9a

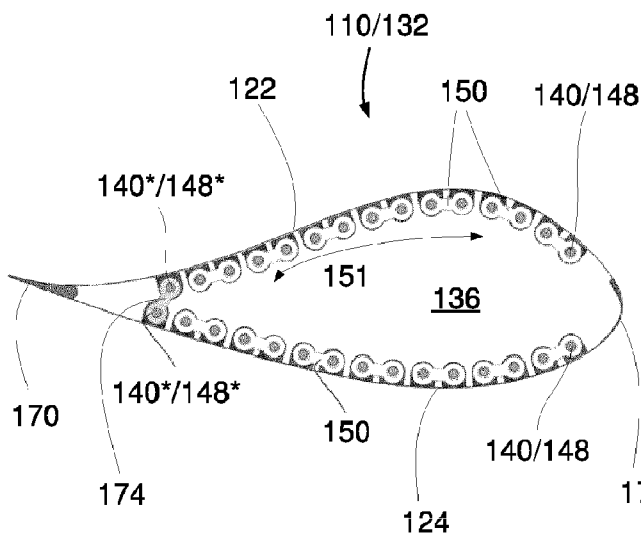


Fig. 9b

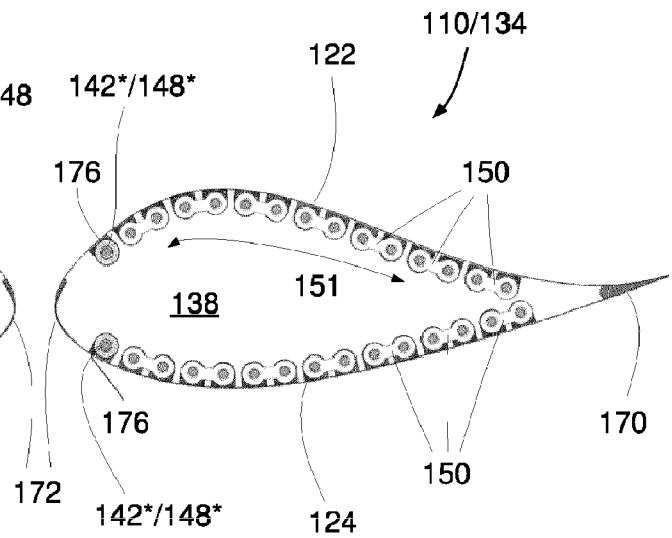


Fig. 10a

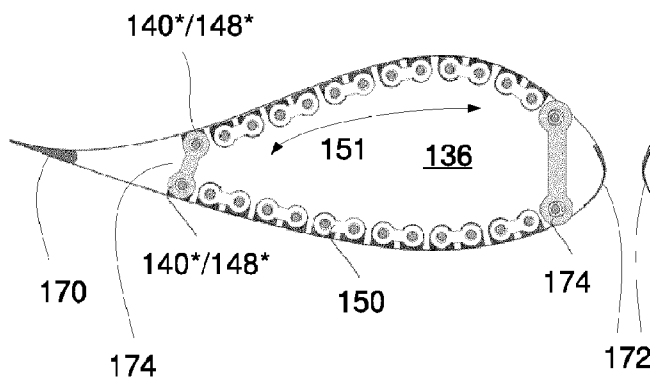


Fig. 10b

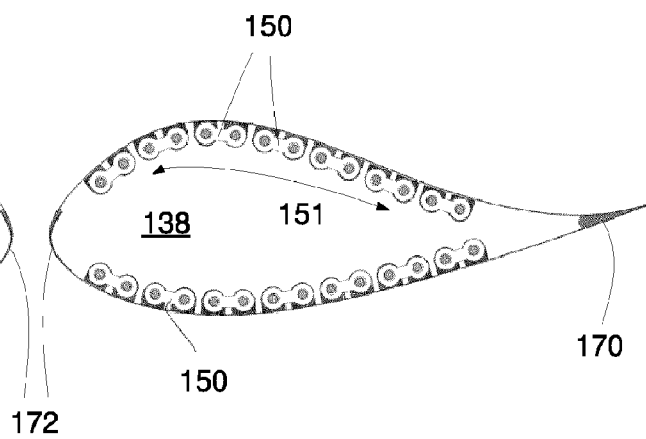


Fig. 11

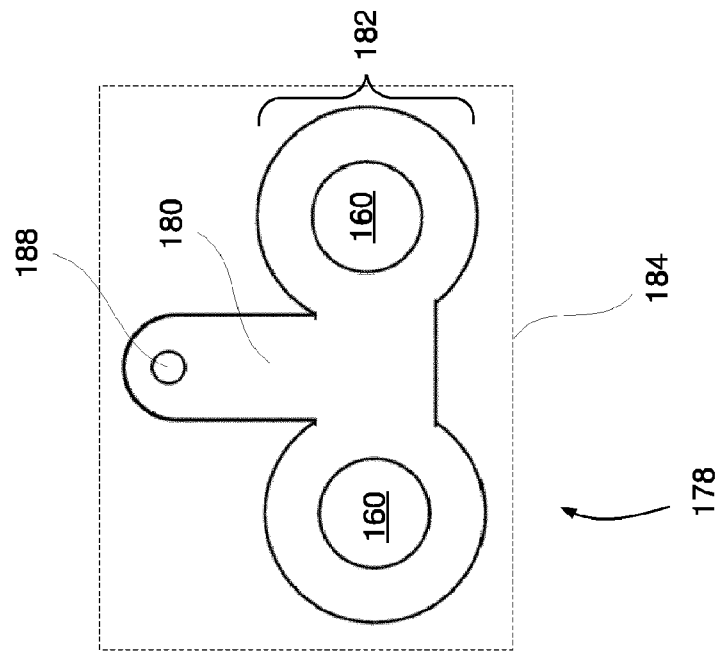


Fig. 12

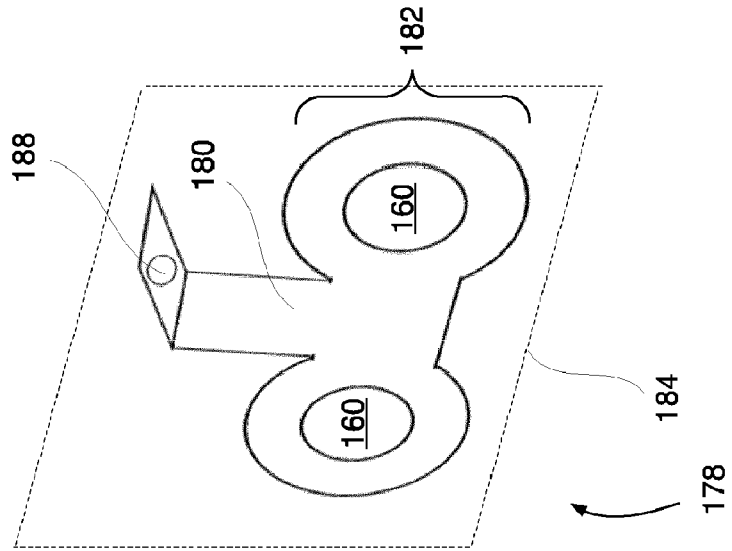


Fig. 13

