(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 687 070**

(51) Int. CI.:

F03D 80/30 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2014 E 14164222 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2930352**

(54) Título: **Pala de rotor de turbina eólica con una disposición de compensación del potencial**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2018

(73) Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

(72) Inventor/es:

OHLERICH, NICK y
HELLWIG, LUTZ

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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).

DESCRIPCION

Pala de rotor de turbina eólica con una disposición de compensación del potencial

La invención se refiere a una disposición de compensación del potencial para la conexión de dos piezas de conexión eléctrica integradas en una pala de rotor de turbina eólica.

Se conoce conservar palas de rotor de turbina eólica con una instalación de protección de los rayos contra daños a través de un impacto de rayo. A tal fin, en general, se dispone en la zona de la punta de la pala un receptor de protección de rayos. La corriente de un rayo que impacta en el receptor de protección de rayos es derivada sobre un conductor de protección de rayos hacia la raíz de la pala y desde allí a través de la góndola y la torre de la turbina eólica hacia la tierra. Aparecen dificultades especiales cuando dentro de la pala de rotor de turbina eólica están dispuestos varios elementos conductores de electricidad de manera más o menos paralela. Como consecuencia de las altas corrientes del rayo se producen entonces, debido a la inducción electromagnética, grandes diferencias del potencial entre diferentes elementos conductores de electricidad, que pueden conducir a descargas eléctricas y de esta manera a un daño o incluso a la destrucción de la pala de rotor de turbina eólica. Se conoce contrarrestar tales descargas a través de elementos de compensación del potencial.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 692 752 B1 una pala de rotor de turbina eólica, en la que un larguero interior, conductor de electricidad, está conectado con un conductor de protección de rayos dispuesto adyacente. A tal fin, en el interior de la pala de rotor están previstos elementos de compensación de potencia, que conectan el larguero y el conductor protector de rayos a través de una línea eléctrica. El contacto con el larguero se establece a través de una cinta plana conductora.

Se conoce a partir de la publicación DE 10 2012 108 124 A1 una pala de rotor de turbina eólica, en la que un conductor de protección de rayos está constituido de una cinta de material conductor de electricidad, que está dispuesto alrededor del canto extremo del perfil en el lado exterior de la pala de rotor. En el caso extremo del perfil existe, además, un dispositivo de reducción del ruido con dientes de metal, que están conectados eléctricamente con la cinta conductora y actúan como receptores de protección de rayos.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 112 448 B2 una pala de rotor de turbina eólica con varios cinturones conductores de electricidad de un material de fibras de carbono. Para la elevación de la conductividad eléctrica de los cinturones se emplean fibras de carbono recubiertas de metal, de manera que la capacidad de soporte de la corriente de los cinturones debe ser suficiente para el empleo cono conductor de protección de rayos. Adicionalmente, se puede emplear un conductor de protección de rayos metálico dispuesto en el centro. Los cinturones y, dado el caso, el conductor de protección de rayos metálico adicional están conectados entre sí en varias posiciones longitudinales en forma de conductores eléctricos interiores.

Se conoce a partir de la publicación WO 2011/127995 A1 conectar eléctricamente un estera calefactora eléctrica en el lado exterior de una pala de rotor de turbina eólica con un cable de conexión interior a través de un bulón roscado.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 664 528 B1 una pala de rotor de turbina eólica con cinturones principales conductores de electricidad de un material de fibras de carbono y dos conductores de protección de rayos dispuestos en el interior de la pala de rotor. Se establece una compensación del potencial entre un cinturón principal y un conductor de protección de rayos a través de una rejilla de cobre, que contacta con el cinturón principal y una línea de conexión eléctrica. Una sección media de la línea de conexión está atornillada con el conductor de protección de rayos. Un extremo libre de la línea de conexión está atornillado en común con piezas intermedia metálicas y la rejilla de cobre con un receptor de protección de rayos.

Se conoce a partir de la publicación EP 1 272 759 B1 una pala de rotor de turbina eólica, en la que en el lado exterior están aplicadas unas capas conductoras de electricidad como receptores de rayos. Éstos están conectados a través de medios de conexión con un conductor de protección de rayos interior.

La publicación CN 201679646 U muestra una conexión de un receptor de rayos en una pala de rotor de turbina eólica. El receptor de rayos está atornillado en un casquillo dispuesto en la pared de la pala de rotor. En el lado interior, un conductor de protección de rayos está conectado con el casquillo.

La publicación DE 102 41 770 A1 describe un disco de compensación de la tolerancia, que se puede insertar en un taladro pasante de una tira de material plano de manera móvil giratoria y que presenta una ranura, que conduce desde una primera posición de ratio hacia una segunda posición del radio. A través de la rotación del disco de compensación de la tolerancia se puede alinear la ranura con relación a un taladro de fijación.

La publicación US 2004/0056167 A1 describe una fijación de una placa en una pared con la ayuda de dos discos de compensación de la tolerancia que se pueden insertar en taladros de forma circular, que presentan,

respectivamente, una ranura.

La publicación US 2009/0246025 A1 describe una pala de rotor de turbina eólica con un conductor de protección de rayos que se extiende en el centro y con varios receptores de rayos dispuestos en un lado exterior de la pala de rotor, que están conectados en cada caso a través de una pieza de conexión con el conductor de protección de rayos y se extienden en forma de tira en la dirección del perfil.

Partiendo de aquí, el cometido de la invención es proporcionar una disposición de compensación del potencial para la conexión de dos piezas de conexión eléctrica, integradas en una pala de rotor de turbina eólica, que provoca una compensación fiable del potencial entre las dos piezas de conexión y se puede montar de una manera sencilla y en posición exacta, así como un procedimiento para la producción de tal compensación del potencial.

Este cometido se soluciona por medio de la pala de rotor de turbina eólica con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes siguientes.

La disposición de compensación del potencial sirve para la conexión de dos piezas de conexión eléctrica, integradas en una pala de rotor de turbina eólica y presenta las siguientes características:

- un carril de compensación del potencial con dos extremos, que están destinados para la conexión eléctrica en cada caso con una de las piezas de conexión, de manera que el carril de compensación del potencial presenta un taladro pasante en al menos uno de los dos extremos,
- un disco de compensación de la tolerancia, que se puede insertar de forma móvil giratoria en el taladro pasante y que presenta una ranura, que conduce desde una primera posición del radio del disco de compensación de la tolerancia hacia una segunda posición del radio del disco de compensación de la tolerancia, y
- un medio de fijación, que se puede insertar en la ranura del disco de compensación de la tolerancia y está configurado para la fijación en la pieza de conexión eléctrica.

En las dos piezas de conexión integradas en la pala de rotor de turbina eólica se puede tratar de puntos de conexión opcionales en la pala de rotor de turbina eólica, entre los cuales deben realizarse una compensación del potencial Cada una de las dos piezas de conexión eléctrica sirve como punto de conexión para un elemento conductor de electricidad de la pala de rotor de turbina eólica, por ejemplo para un conductor de protección de rayos, para un cinturón que contiene fibras de carbono, para una línea de alimentación eléctrica o para un blindaje de una línea de señales eléctricas. Las piezas de conexión proporcionan los puntos de conexión para la disposición de compensación de potencia. En las piezas de conexión se puede tratar de cuerpos metálicos macizos, que están dispuestos dentro de la pala de rotor de turbina eólica y/o en su superficie.

El carril de compensación del potencia presenta una conductividad térmica alta y una capacidad de soporte de la corriente alta, de manera que en el caso de un impacto de rayo se lleva a cabo la compensación deseada del potencial, sin que se produzca un daño. Con preferencia, el carril de compensación del potencial está constituido de metal macizo con dimensiones de la sección transversal de por ejemplo 2 mm a 30 mm o más, en particular de cobre. A través de tal configuración de formato grande del carril de compensación del potencial se puede emplear este carril como receptor de rayos.

Las dos piezas de conexión están dispuestas en puntos diferentes de la pala de rotor de turbina eólica y ya han sido integradas en la fabricación de la pala de rotor de turbina eólica, en particular a través de incrustación en un laminado o fijación en un componente prefabricado, que se integra en la pala de rotor de turbina eólica, por ejemplo en un cinturón prefabricado. Por ejemplo, una de las dos piezas de conexión ha sido integrada en una semicáscara del lado de aspiración y la otra ha sido integrada en una semicáscara del lado de la presión y las dos semicáscaras pueden ensamblarse a continuación para formar la pala de rotor de turbina eólica.

En virtud de las dimensiones muy grandes de la pala de rotor de turbina eólica y de las etapas complicadas de fabricación, la disposición de las piezas de conexión eléctrica está sometida a tolerancias de fabricación mayores. Por ejemplo, una pieza de conexión puede estar dispuesta con relación a su posición teórica desplazada algunos milímetros hasta algunos centímetros. A pesar de todo, el carril de compensación del potencial debe montarse, entre otras cosas, por razones aerodinámicas, exactamente en una posición predeterminada paralelamente a la dirección de la circulación. Esto posibilita realizar la invención a través de un taladro pasante en al menos un extremo del carril de compensación del potencial, en el que se puede insertar el disco de compensación de la tolerancia de manera móvil giratoria.

El disco de compensación de la tolerancia presenta una ranura, en la que se puede insertar un medio de fijación. El medio de fijación sirve para la fijación del disco de compensación de la tolerancia en la pieza de conexión eléctrica. La ranura se extiende desde una primera posición del radio hacia una segunda posición del radio del disco de compensación de la tolerancia, es decir, que posibilita una inserción del medio de fijación a diferentes distancias

desde el punto medio del disco de compensación de la tolerancia. La primera posición del radio puede estar dispuesta, por ejemplo, en el centro del disco de compensación de la tolerancia o a una distancia inferior a 10 mm del mismo. A través de la rotación del disco de compensación de la tolerancia en el taladro pasante se puede encontrar una disposición, en la que está dispuesto el medio de fijación a través de la ranura con relación a la pieza de conexión, de manera que se puede fijar fácilmente.

En el estado montado, un lado superior del disco de compensación de la tolerancia puede terminar enrasado con un lado superior del carril de compensación del potencial. Esto es ventajoso desde el punto de vista aerodinámico. De manera alternativa o adicional, un lado inferior del disco de compensación de la tolerancia puede terminar enrasado con un lado inferior del carril de compensación del potencial, lo que puede simplificar una fijación que se apoya en el lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica. Con "lado superior" se entiende siempre un lado que se aleja desde la pala de rotor de turbina eólica, con "lado inferior" se entiende un lado dirigido hacia la pala de rotor de turbina eólica.

Con el medio de fijación se fija el disco de compensación de la tolerancia y el carril de compensación del potencial en la pieza de conexión. Al mismo tiempo se establece una conexión eléctrica entre la pieza de conexión y el carril de compensación del potencial. Ésta se puede transmitir a través del medio de fijación o a través de otro contacto directo o indirecto entre la pieza de conexión y el disco de compensación de la tolerancia o bien el carril de compensación del potencial. Adicionalmente, el carril de compensación del potencial se puede fijar, por ejemplo, a través de encolado con un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica.

Una ventaja especial de la invención consiste en que a pesar de las tolerancias de fabricación descritas durante la integración de las piezas de conexión de puede utilizar una disposición de compensación del potencia de elementos prefabricados. La disposición de compensación de potencian se puede montar, además, de una manera especialmente sencilla y rápida.

En una configuración, el carril de compensación del potencial presenta una forma de V con una sección de carril en el lado de aspiración para la disposición en un lado de aspiración y con una sección de carril en el lado de presión para la disposición en un lado de presión de la pala de rotor de turbina eólica, de manera que las dos secciones de carril están conectadas entre sí en la punta de la forma en V o pasan una dentro de la otra. En esta configuración, el carril de compensación del potencial está previsto para la producción de una compensación del potencia alrededor de un canto extremo del perfil de la pala de rotor de turbina eólica. La punta de la forma en V se dispone en el canto extremo del perfil. Las secciones del carril, que forman los dos brazos de la forma de la V, pueden estar adaptadas a una curvatura del lado de aspiración o bien del lado de la presión, de manera que después de la fijación del carril de compensación del potencial en la pala de rotor de turbina eólica, se apoyan, en general, en su superficie aerodinámica. El carril de compensación del potencial se puede fabricar a través de la transformación a partir de una única sección de metal. En este caso, las dos secciones interiores del carril pasan una dentro de la otra. De manera alternativa, las dos secciones del carril se pueden conectar entre sí, por ejemplo a través de soldadura, encolado conductor de electricidad o unión atornillada.

En una configuración, el taladro pasante presenta un escalón, en el que se apoya el disco de compensación de la tolerancia insertado en el taladro pasante. El escalón puede presentar una anchura en el intervalo de por ejemplo 1 mm a 10 mm, de manera que se asegura un contacto de superficie grande entre el carril de compensación del potencial y el disco de compensación de la tolerancia. Además, se impide que el disco de compensación de la tolerancia resbale a través del taladro pasante, de manera que se consigue una fijación óptima del carril de compensación del potencial.

En una configuración, el disco de compensación de la tolerancia presenta en su periferia exterior un escalón, que se apoya en el escalón del taladro pasante. El escalón en la periferia exterior del disco de compensación de la tolerancia puede estar formado de manera complementaria al escalón en el taladro pasante. De esta manera, el disco de compensación de la tolerancia puede conducir hasta el extremo inferior del taladro pasante y y puede proporcionar allí una superficie de contacto eléctrico a la altura de la superficie de la pala de rotor de turbina eólica.

En una configuración, la ranura se extiende en el disco de compensación de la tolerancia en dirección radial. De esta manera, se puede trabajar con una ranura lineal, especialmente corta, de modo que la superficie de contacto proporcionada en el lado inferior del disco de compensación de la tolerancia es lo más grande posible.

En una configuración, la ranura en el disco de compensación de la tolerancia se extiende en forma de espiral. Durante la rotación de tal disco de compensación de la tolerancia se puede ajustar de manera especialmente fina la posición del radio, en la que se inserta el medio de fijación.

En la invención, la disposición de compensación del potencial está fijada en una de las configuraciones explicadas anteriormente en un lado exterior de una pala de rotor de turbina eólica, que presenta dos piezas de conexión eléctrica integradas, de manera que uno de los dos extremos del carril de compensación del potencial está

conectado con la otra de las dos piezas de conexión. El carril de compensación del potencial puede estar dispuesto en particular de tal manera que provoca una compensación del potencial alrededor de un canto extremo del perfil de la pala de rotor de turbina eólica, como ya se ha descrito anteriormente.

En la invención, las dos piezas de conexión están conectados en cada caso eléctricamente con un conductor de protección de rayos de la pala de rotor de turbina eólica. Por ejemplo, se puede tratar de un conductor de protección de rayos del lado de la presión o de un conductor de protección de rayos del lado de aspiración, y la disposición de compensación de la potencia puede producir una compensación del potencial entre estos dos conductores de protección de rayos.

En una configuración, una de las piezas de conexión presenta una rosca interior y el medio de fijación es un bulón roscado con una cabeza y una caña, de manera que la caña está enroscada en la rosca interior y la cabeza de apoya en el disco de compensación de la tolerancia. El bulón roscado se puede enroscar, por lo tanto, fácilmente después de la alineación del disco de compensación de la tolerancia en el taladro pasante en la rosca interior, de manera que su cabeza tira del disco de compensación de la tolerancia hacia la pieza de conexión. También se incluye una solución con una arandela adicional. En la ranura puede estar configurado un escalón, de manera que la cabeza del bulón roscado se puede disponer total o parcialmente avellanado en la ranura.

En una configuración, entre el disco de compensación de la tolerancia y la pieza de conexión eléctrica está dispuesta una pieza espaciadora conductora de electricidad, que se apoya con un lado inferior en una superficie de contacto de la pieza de conexión y con un lado superior en el disco de compensación de la tolerancia. La pieza espaciadora puede estar constituida, por ejemplo, de cobre para asegurar una alta conductividad. Puede estar realizada de una o de varias partes. La altura de la pieza espaciadora puede estar adaptada a la distancia a salvar entre el disco de compensación de la tolerancia y la pieza de conexión eléctrica. En cualquier caso, a través de la pieza espaciadora se establece un contacto eléctrico de superficie grande entre el disco de compensación de la tolerancia y la pieza de conexión.

En una configuración, en la pala de rotor de turbina eólica por encima de la pieza de conexión eléctrica está dispuesto un taladro, en el que se inserta la pieza espaciadora de manera móvil giratoria, de modo que la pieza espaciadora presenta un taladro alargado, a través del cual se conduce el medio de fijación. De manera similar a la ranura en el disco de compensación de la tolerancia, el taladro alargado puede conducir desde una primera posición del radio de la pieza espaciadora hasta una segunda posición del radio de la pieza espaciadora, por ejemplo, a partir de un punto medio de la pieza espaciadora hasta cerca de su periferia exterior. A través de la rotación de la pieza espaciadora se pueden compensar las tolerancias en el taladro. En particular, el taladro alargado se puede disponer siempre por encima de un taladro roscado en la pieza de conexión. Las tolerancias en la realización del taladro pueden aparecer, por ejemplo, por que no se puede reconocer desde el exterior la posición exacta de la pieza de conexión, por que la pieza de conexión está cubierta, por ejemplo, por algunas capas de un material de fibras.
El cometido indicado anteriormente se soluciona de la misma manera a través del procedimiento con las características de la reivindicación 10. Las configuraciones ventajosas se indican en las reivindicaciones dependientes siguientes.

El procedimiento sirve para la producción de una compensación del potencial entre dos piezas de conexión eléctrica de una pala de rotor de turbina eólica y presenta las siguientes etapas:

- preparación de una pala de rotor de turbina eólica, que presenta dos piezas de conexión eléctrica integradas, que están conectadas en cada caso eléctricamente con un conductor de protección de rayos de la pala de rotor de turbina eólica,
- disposición de un carril de compensación del potencial en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica en una disposición predeterminada,
- inserción de un disco de compensación de la tolerancia en un taladro pasante en un extremo del carril de compensación del potencial,
- alineación de una ranura configurada en el disco de compensación de la tolerancia, que conduce desde una primera posición del radio en el disco de compensación de la tolerancia hacia una segunda posición del radio del disco de compensación de la tolerancia, con relación a una de las piezas de conexión a través de la rotación del disco de compensación de la tolerancia en el taladro pasante,
- inserción de un medio de fijación en la ranura y fijación del medio de fijación en la pieza de conexión.

Con respecto a las características y ventajas del procedimiento se remite a las explicaciones anteriores de la disposición de compensación del potencial que se puede utilizar en cada una de sus configuraciones para el procedimiento. Las explicaciones de las características correspondientes de aplican, por lo tanto, de manera correspondiente.

En una configuración, el procedimiento presenta la siguiente etapa adicional:

- realización de un taladro en la pala de rotor de la turbina eólica por encima de la pieza de conexión para liberar una fuerza de contacto de la pieza de conexión.

Esta configuración se puede emplear cuando la pieza de conexión está dispuesta en el interior de la pala de rotor de la turbina eólica y a una distancia de la superficie exterior de la pala de rotor de la turbina eólica, por ejemplo cubierta por una o varias capas de un material compuesto de fibras.

A través del taladro se crea un acceso a la pieza de conexión, en particular hacia una superficie de contacto de la pieza de conexión y/o hacia un alojamiento de la pieza de conexión para el medio de fijación.

En una configuración, el procedimiento presenta la siguiente etapa adicional:

- inserción de una pieza espaciadora conductora de electricidad en el taladro, de manera que un lado inferior de la pieza espaciadora se apoya en la superficie de contacto de la pieza de conexión y después de la fijación del disco de compensación de la tolerancia de la pieza espaciadora se apoya en un lado inferior del disco de compensación de la tolerancia.

En este caso se obtiene una conexión eléctrica de superficie grande sobre las superficies mencionadas que se apoyan entre sí. Con respecto a las configuraciones posibles de la pieza espaciadora se remite a las explicaciones anteriores.

En una configuración, la pieza espaciadora presenta un taladro alargado, que se alinea a través de la rotación de la pieza espaciadora en el taladro con relación a la pieza de conexión. También a este respecto, se remite a las explicaciones anteriores.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de un ejemplo de realización representado en las figuras. En este caso:

La figura 1 muestra una representación de la sección transversal a través de una pala de rotor de turbina eólica con una disposición de compensación del potencial de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra un carril de compensación del potencial de la figura 1 en una representación en perspectiva.

La figura 3 muestra un extremo del carril de compensación del potencial de la figura 2 en una representación despiezada ordenada con un disco de compensación de la tolerancia, con una pieza espaciadora y un bulón roscado.

La figura 4 muestra un disco de compensación de la tolerancia de la figura en una vista en planta superior sobre el lado inferior y en una representación de la sección transversal.

La figura 5 muestra una configuración alternativas de un disco de compensación de la tolerancia en una vista en planta superior sobre el lado inferior y en una representación de la sección transversal.

La figura 6 muestra una pieza espaciadora de la figura 3 en una vista en planta superior y en una representación de la sección transversal.

La figura 7 muestra una representación de la sección transversal a través de un extremo del carril de compensación del potencial de la figura 1, fijado en una pala de rotor de turbina eólica.

La representación de la sección transversal de la figura 1 muestra una pala de rotor de la turbina eólica 10, que presenta un canto saliente del perfil 12, un canto extremo del perfil 14, un lado de presión 16 y un lado de aspiración 18. La pala de rotor de la turbina eólica 10 están ensamblada a partir de una semicáscara en el lado de aspiración y de una semicáscara en el lado de la presión. Cada una de las dos semicáscaras presenta un cinturón principal 20 y 22, respectivamente. Los dos cinturones principales 20, 22 están conectados entre sí por medio de una nervadura 24, En cada una de las dos semicáscaras está dispuesto un conductor de protección de rayos 26 y 28, que se extiende en la dirección longitudinal de la pala de rotor desde una raíz de la pala no representada hasta la zona de una punta de la pala tampoco representada.

En la posición de la sección transversal mostrada, a cada uno de los conductores de protección de rayos 26, 28 está asociada una pieza de conexión 30 o bien 32, que está conectada eléctricamente con el conductor de protección de rayos 26, 28 respectivo. Los detalles de las piezas de conexión 30, 32 se explican en detalle más tarde en conexión con la figura 7.

El carril de compensación del potencial 34 presenta una sección de carril 36 en el lado de la presión y una sección

de carril 38 en el lado de aspiración, que forman en común la forma en V, de manera que la punta de la forma en V está dispuesta exactamente en el canto extremo del perfil 14. Los brazos de la forma en V se forman por las dos secciones de carril 36, 38, que están curvadas ligeramente de acuerdo con el perfil aerodinámico de la pala de rotor de la turbina eólica 10, de manera que se apoyan en su superficie.

Los dos extremos 40, 42 del carril de compensación del potencial 34 están dispuestos en el lado exterior de la pala de rotor de la turbina eólica en la zona de las dos piezas de conexión 30, 32 y están unidos allí eléctricamente con ésta. De este modo, el carril de compensación del potencial 34 provoca una compensación del potencial entre los dos conductores de protección de rayos 26, 28 alrededor del canto extremo del perfil 14.

En la figura 2 se reconoce la forma del carril de compensación del potencial 34 en representación exclusiva. El carril de compensación del potencial 34 está constituido de cobre macizo y está configurado de forma trapezoidal en la sección transversal con superficies laterales descendente hacia el lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica 10. La sección de carril 36 en el lado de presión y la sección de carril 38 en el lado de aspiración están fabricadas en cada caso de una sección de cobre individual y están soldadas entre sí en sus extremos representados a la izquierda en la figura 2, en la forma de la forma en V. En los extremos libres 40, 42 de las dos secciones de carril 36, 38 está configurado en cada caso un taladro pasante 44 y 46, respectivamente.

La figura 3 muestra el extremo 42 de la sección de carril 38 en una representación ampliada. Se reconoce allí bien la sección transversal de forma trapezoidal de la sección de carril 38 del lado de aspiración y también que el lado delantero 48 de la sección de carril 38 del lado de aspiración está biselada de la misma manera.

El taladro pasante 46 presenta un escalón 50, que presenta una anchura de aproximadamente 3 mm y está dispuesto aproximadamente a media altura del taladro pasante 46. éste divide el taladro pasante 46 en secciones aproximadamente de la misma longitud con diámetro mayor y menor.

Por encima de la sección de carril 38 del lado de aspiración se representa un disco de compensación de la tolerancia 52, que se inserta en el taladro pasante 46. Presenta una ranura 54, que está configurada en forma de espiral.

Debajo de la sección de carril 38 del lado de aspiración se muestra una pieza espaciadora 56, que está constituida de cobre macizo y presenta una forma de disco circular así como un taladro alargado 58. El diámetro exterior de la pieza espaciadora 56 es claramente menor que el diámetro del taladro pasante 46, en el ejemplo representado tiene la mitad del tamaño.

Como medio de fijación sirve un bulón roscado 60, que presenta una cabeza 62 y una aña 64.

Durante el montaje del carril de compensación del potencial 34 en la pala de rotor de la turbina eólica 10 se practica por encima de una pieza de conexión 32 integrada en la semicáscara del lado de aspiración en primer lugar un taladro, en el que se inserta la pieza espaciadora 56. En el caso de que el taladro no se inserte exactamente por encima del centro de la pieza de conexión 32, se puede girar la pieza espaciadora 56 hasta que un taladro roscado configurado en la pieza de conexión 32 (ver la figura 7) sea totalmente visible a través del taladro alargado 58. A continuación se dispone el carril de compensación del potencia 34 en la pala de rotor de la turbina eólica y se alinea en la posición prevista, en particular de tal manera que una dirección longitudinal del carril de compensación del potencial 34 se encuentra exactamente en la dirección de la circulación.

A continuación se inserta el disco de compensación de la tolerancia 52 en el taladro pasante 46 y, dado el caso, se gira hasta que el taladro alargado 58 en la pieza espaciadora 56 y el taladro roscado 84 que se encuentra debajo de la pieza de conexión 32 son visibles a través de la ranura 54. A continuación se puede insertar el bulón roscado 60 en la ranura 54, se puede guiar a través del taladro alargado 58 y se puede enroscar en el taladro roscado 84 de la pieza de conexión 32. Después del apriete del bulón roscado 60, su cabeza 62 se apoya en el disco de compensación de la tolerancia 32 y tira de éste hacia el escalón 50 y se aproxima junto con la sección de carril 38 del lado de aspiración a la pieza espaciadora 56 y a la pieza de conexión 32.

La figura 4 muestra otros detalles del disco de compensación de la tolerancia 52. A la izquierda se muestra una vista en planta superior sobre el lado inferior, a partir de la cual se deduce que el disco de compensación de la tolerancia 52 presenta en su periferia exterior de la misma manera un escalón 66 y, por lo tanto, está configurado de forma complementaria del orificio pasante 46 con su escalón 50. La ranura 54 está configurada en forma de espiral y conduce desde una primera posición del radio R1 hacia una segunda posición del radio R2, de manera que la primera posición del radio R1 está dispuesta cerca del punto medio 68 del disco de compensación de la tolerancia 52 y la segunda posición del radio R2 está dispuesta cerca de la periferia exterior del disco de compensación de la tolerancia 52.

La representación de la sección transversal contenida de la misma manera en la figura 4 a lo largo de la línea

horizontal de trazos de la figura 4 muestra de manera especialmente clara el escalón 66 en la periferia exterior del disco de compensación de la tolerancia 52 y, además, a sección transversal de la ranura 54, que presenta sobre ambos lados, respectivamente, un escalón 70.

La figura 5 muestra una configuración alternativa del disco de compensación de la tolerancia 52. A la izquierda se muestra una vista en planta superior sobre el lado inferior, a partir de la cual se deduce claramente que el disco de compensación de la tolerancia 52 presenta en su periferia exterior un escalón 66 y, por lo tanto, está configurado de forma complementaria del orificio pasante 46 con su escalón 50. La ranura 54 está configurada en forma de un taladro alargado.

La figura 6 muestra detalles de la pieza espaciadora 56 en una vista en planta superior y en una representación de la sección transversal. La pieza espaciadora 56 presenta un taladro 58, que puentea una posición del radio R3.

La figura 7 muestra un fragmento ampliado a través del extremo 42 de la sección de carril 38 del lado de aspiración 38 y una pared 70 dispuesta debajo de la semicáscara del lado de aspiración de la pala de rotor de turbina eólica 10. La pared 70 presenta en el centro un inserto 72 de un material de plástico espumoso o de madera de balsa, en el que está integrado un conductor de protección de rayos 28. El conductor de protección de rayos 28 se extiende en la dirección longitudinal de la pala de rotor, es decir, esencialmente perpendicular al carril de compensación del potencial 34. Por encima y por debajo del inserto 72 existen en cada caso varias capas 74, 76 de un material de plástico reforzado con fibras de vidrio. El conductor de protección de rayos 28 presenta un cuerpo de conexión metálico 78, en el que está configurada una rosca interior 80. La pieza de conexión 32 es un cuerpo metálico cilíndrico macizo, que presenta en su extremo inferior una sección de rosca 82, que está enroscada en la rosca interior 80. Además, la pieza de conexión 32 tiene un taladro roscado 84.

La pieza de conexión 32 está encolada en un taladro en el inserto 72 y de esta manera está integrada en la pala de rotor de turbina eólica 10. Durante la fabricación de la semicáscara la pala de rotor de turbina eólica a través de la conexión del inserto 72 con las capas 74, 76 se cubre en primer lugar totalmente la pieza de conexión 32, de manera que la rosca interior 84 se protege, sin embargo, por medio de un tornillo insertado o con la ayuda de una almohadilla adhesiva contra la penetración de adhesivo. Después del endurecimiento de la semicáscara de la pala de rotor, la pieza de conexión 32 se puede localizar todavía desde el exterior a través de varias capas 76 y se puede liberar en una primera etapa a través de la realización de un taladro 86 a través de las capas 76. Se reconoce en la figura 7 que este taladro 86 no ha sido realizado exactamente concéntrico al taladro roscado 84, sino desplazado algunos milímetros con relación al mismo.

En la etapa siguiente se introduce en el taladro 86 la pieza espaciadora 56 con el taladro alargado 58. Se gira de tal manera que el taladro alargado 58 está dispuesto exactamente por encima del taladro roscado 84. La altura de la pieza espaciadora 56 se selecciona de tal manera que su lado superior se proyecta ligeramente por encima de la superficie exterior de la pared 70 y sobresale una capa de adhesivo 88 aplicada encima.
El carril de compensación del potencial 34 se coloca entonces exactamente en la disposición prevista en la pala de rotor de turbina eólica 10. El disco de compensación de la tolerancia 52 se inserta en el taladro pasante 46 de la sección de carril 38 del lado de aspiración, de manera que el escalón 66 del disco de compensación de la tolerancia 52 se apoya en el escalón 50 del taladro pasante 46. El disco de compensación de la tolerancia 52 se gira de tal manera que la ranura 54 está dispuesta exactamente por encima del taladro roscado 54. Ahora se puede enroscar el taladro roscado 60 a través de la ranura 54 y el taladro alargado 58 en el taladro roscado 84.

Por último, se aprieta el bulón roscado 60 tan fijamente que el lado inferior del disco de compensación de la tolerancia 52 se apoya en el lado superior de la pieza espaciadora 56 y el lado interior de la pieza espaciadores 56 se apoya en la superficie de contacto 90 de la pieza de conexión 32. De esta manera y a través del contacto de superficie grande entre los dos escalones 50, 66 se establece una conexión eléctrica con capacidad de transporte de alta corriente entre el extremo 42 del carril de compensación del potencial 34 y la pieza de conexión 32.

Se entiende que la conexión entre el otro extremo 40 del carril de compensación del potencial 34 se puede establecer exactamente de la misma manera.

Lista de signos de referencia

10	Pala de rotor de turbina eólica
12	Canto saliente del perfil
14	Canto del extremo del perfil
16	Lado de presión
18	Lado de aspiración
20, 22	Cinturón principal
24	Nervadura
26, 28	Conductor de protección de rayos

30, 32	Pieza de conexión
34	Carril de compensación del potencial
36	Sección del carril del lado de presión
38	Sección del carril del lado de aspiración
40, 42	Extremos del carril de compensación del potencial
44, 46	Taladro pasante
48	Lado delantero
50	Escalón
52	Disco de compensación de la tolerancia
54	Ranura
56	Pieza espaciadora
58	Taladro alargado
60	Bulón roscado
62	Cabeza
64	Caña
66	Escalón
68	Punto medio
70	Pared
72	Inserto
74, 76	Capas
78	Cuerpo de unión
80	Rosca interior
82	Sección roscada
84	Taladro roscado
86	Taladro
88	Capa adhesiva
90	Superficie de contacto

REIVINDICACIONES

1.- Pala de rotor de turbina eólica (10) con dos piezas de conexión eléctrica (30, 32) integradas, que están conectadas en cada caso eléctricamente con un conductor de protección de rayos (26, 28) de la pala de rotor de turbina eólica (10), y con una disposición de compensación del potencial, **caracterizada** porque

- la disposición de compensación del potencial está prevista para la conexión de las dos piezas de conexión eléctrica (30, 32), y está fijada en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica (10) y **caracterizada** por
- un carril de compensación del potencial (34) con dos extremos (40, 42), en el que uno de los dos extremos (40) del carril de compensación del potencial (34) está conectado eléctricamente con una de las dos piezas de conexión (30) y el otro de los dos extremos (42) está conectado eléctricamente con la otra de las dos piezas de conexión (32) y el carril de compensación del potencial (34) presenta en al menos uno de los dos extremos (40, 42) un taladro pasante (46)
- un disco de compensación de la tolerancia (52), que está insertado de forma móvil giratoria en el taladro pasante (46) y que presenta una ranura (54), que conduce desde una primera posición del radio (R1) del disco de compensación de la tolerancia (52) hacia una segunda posición del radio (R2) del disco de compensación de la tolerancia (52), y
- un medio de fijación, que está insertado en la ranura (54) del disco de compensación de la tolerancia (52) y está fijado en la pieza de conexión eléctrica (30, 32).

2.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque el carril de compensación del potencial presenta una forma de V con una sección de carril (38) en el lado de aspiración para la disposición en un lado de aspiración (18) y con una sección de carril (36) en el lado de la presión para la disposición en un lado de la presión (16) de la pala de rotor de turbina eólica (10), en la que las dos secciones del carril (36, 38) están conectadas entre sí en la punta de la forma de la V o pasan una dentro de la otra.

3.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el taladro pasante (46) presenta un escalón (50), en el que se apoya el disco de compensación de la tolerancia (52) insertado en el taladro pasante (46).

4.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizada** porque el disco de compensación de la tolerancia (52) presenta en su periferia exterior un escalón (66), que se apoya en el escalón (50) del taladro pasante (44, 46).

5.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizada** porque la ranura (54) se extiende en dirección radial en el disco de compensación de la tolerancia (52).

6.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizada** porque la ranura (54) se extiende en forma de espiral en el disco de compensación de la tolerancia (52).

7.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 **caracterizada** porque una de las dos piezas de conexión (30, 32) presenta un taladro roscado (84) y el medio de fijación es un bulón roscado (60) con una cabeza (62) y una caña (64), en la que la caña (64) está enroscada en el taladro roscado (84) y la cabeza (62) se apoya en el disco de compensación de la tolerancia (52).

8.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 **caracterizada** porque entre el disco de compensación de la tolerancia (52) y la pieza de conexión eléctrica (30, 32) está dispuesta una pieza espaciadora (56) conductora de electricidad (56), que se apoya con un lado inferior en una superficie de contacto (90) de la pieza de conexión (30, 32) y con un lado superior en el disco de compensación de la tolerancia (52).

9.- Pala de rotor de turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada** porque en la pala de rotor de turbina eólica (10) por encima de la pieza de conexión eléctrica está dispuesto un taladro (86), en el que está insertada de forma móvil giratoria la pieza espaciadora (56), en la que la pieza espaciadora (56) presenta un talado alargado (58), a través del cual se conduce el medio de fijación.

10.- Procedimiento para la producción de una compensación del potencial entre dos piezas de conexión eléctrica (30, 32) de una pala de rotor de turbina eólica (10) con las siguientes etapas:

- preparación de una pala de rotor de turbina eólica (10), que presenta dos piezas de conexión eléctrica (30, 32) integradas, que están conectadas en cada caso eléctricamente con un conductor de protección de rayos (26, 28) de la pala de rotor de turbina eólica (10),
- disposición de un carril de compensación del potencial (34) en un lado exterior de la pala de rotor de turbina eólica (10 en una disposición predeterminada,

- inserción de un disco de compensación de la tolerancia (52) en un taladro pasante (46) en un extremo del carril de compensación del potencial (34),
- alineación de una ranura (54) configurada en el disco de compensación de la tolerancia (52), que conduce desde una primera posición del radio (R1) en el disco de compensación de la tolerancia (52) hacia una segunda posición del radio (R2) del disco de compensación de la tolerancia (52), con relación a una de las piezas de conexión (30, 32) a través de la rotación del disco de compensación de la tolerancia (52) en el taladro pasante (46),
- inserción de un medio de fijación en la ranura (54) y fijación del medio de fijación en la pieza de conexión (30, 32).

11.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado** por la siguiente etapa adicional:

- realización de un taladro (86) en la pala de rotor de la turbina eólica (10) por encima de la pieza de conexión (30, 32) para liberar una fuerza de contacto (90) de la pieza de conexión (32).

12.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** por la siguiente etapa adicional:

- inserción de una pieza espaciadora (56) conductora de electricidad en el taladro (68), de manera que un lado inferior de la pieza espaciadora (56) se apoya en la superficie de contacto (90) de la pieza de conexión (30, 32) y después de la fijación del disco de compensación de la tolerancia (52) de la pieza espaciadora (56) se apoya en un lado inferior del disco de compensación de la tolerancia (52).

13.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque la pieza espaciadora (56) presenta un taladro alargado (58), que se alinea a través de la rotación de la pieza espaciadora (56) en el taladro (86) con relación a la pieza de conexión (30, 32).

Fig. 1

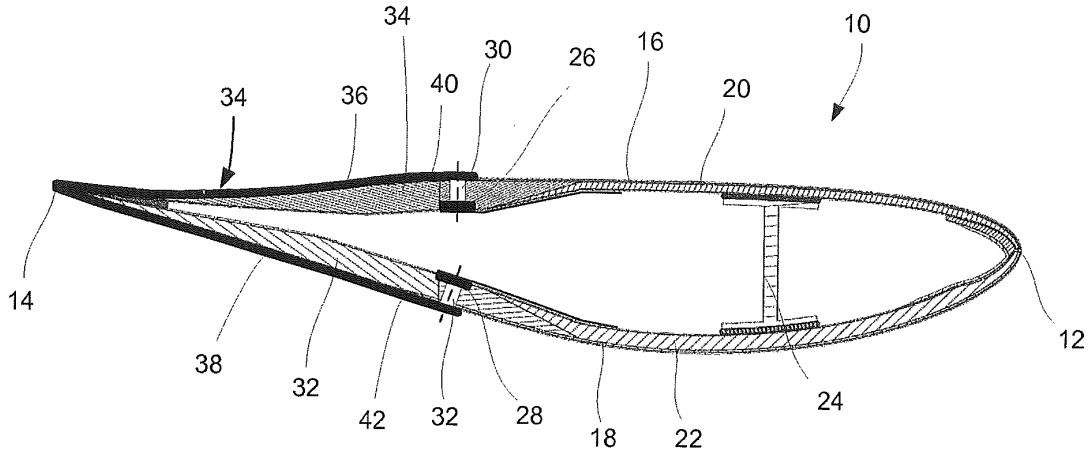

34
30
26
16
10
34
36
40
20
14
38
32
42
32
28
18
22
24
12

Fig. 2

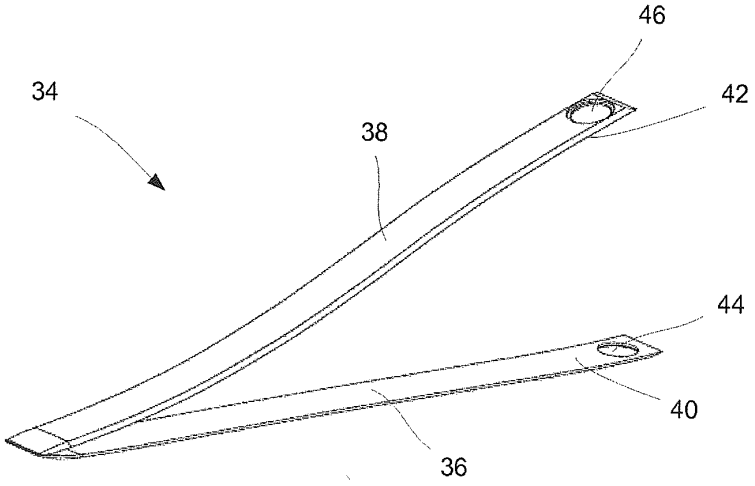

46
34
42
38
44
40
36

Fig. 3

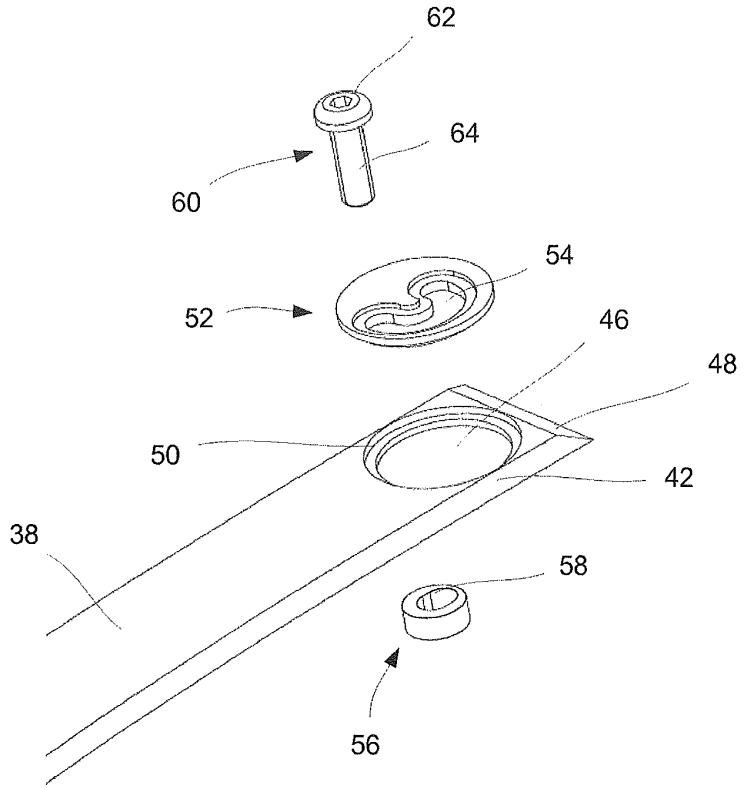


Fig. 4

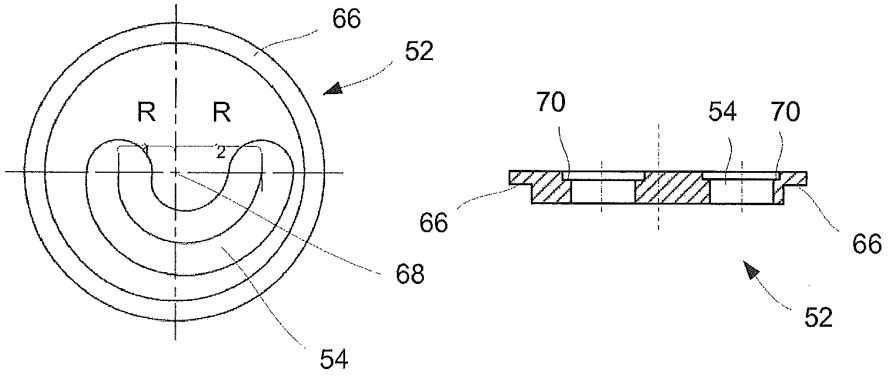


Fig. 5

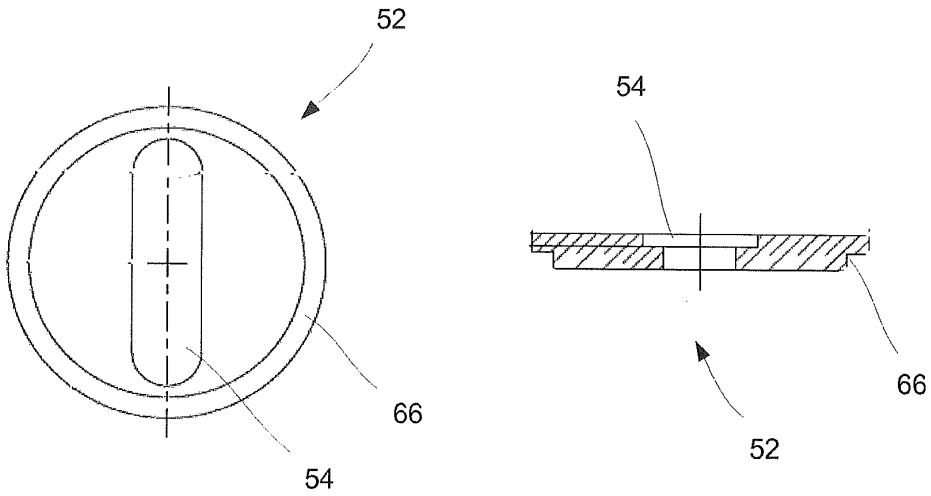


Fig. 6

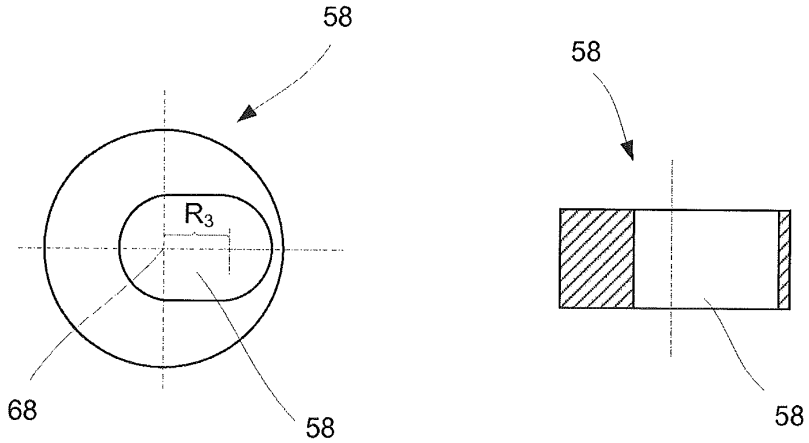
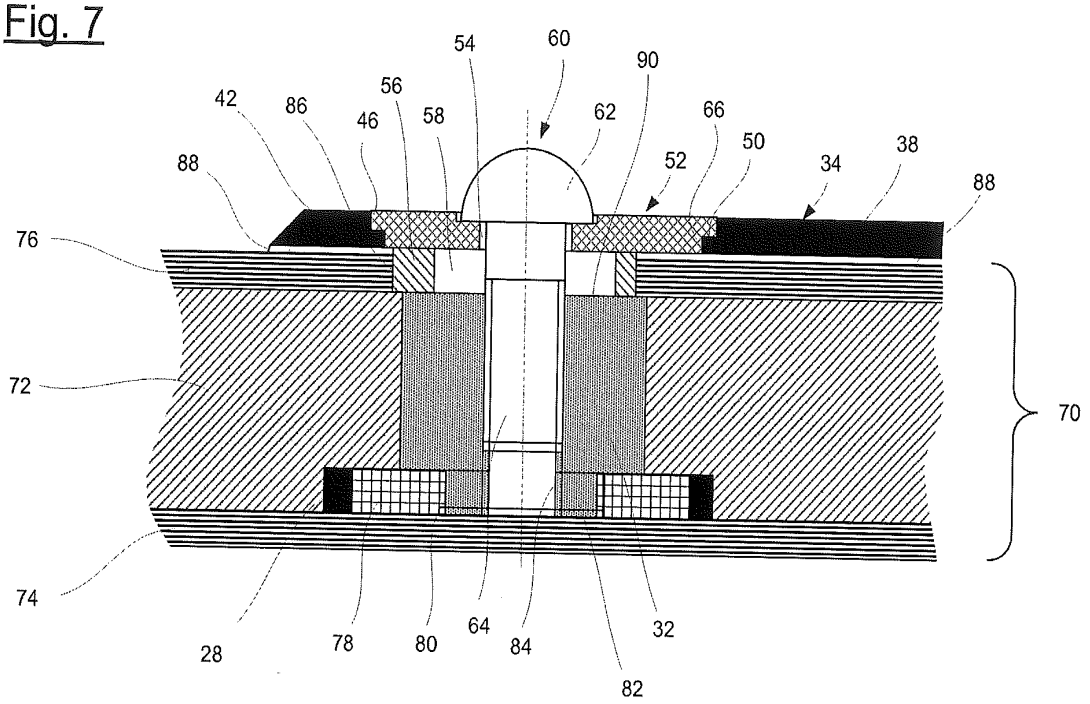


Fig. 7


54
60
90
42
86
56
46
58
62
66
50
38
88
52
34
88
76
72
70
74
28
78
80
64
84
32
82