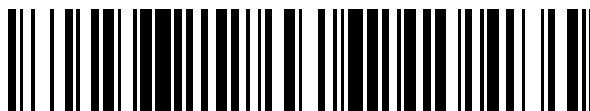


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 743**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.08.2003 PCT/EP2003/008618**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2004 WO04015265**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2003 E 03784169 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 1525395**

54 Título: **Procedimiento para producir una pala de rotor, pala de rotor correspondiente y central eólica**

30 Prioridad:

02.08.2002 DE 10235496

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

20.02.2020

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

ARELT, RAINER

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 743 743 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**PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR UNA PALA DE ROTOR, PALA DE ROTOR CORRESPONDIENTE Y CENTRAL EÓLICA**

La invención se refiere a un proceso para producir una pala de rotor para el rotor de un sistema eólico que presenta por lo menos dos elementos de pala de rotor dispuestos uno detrás del otro en una dirección longitudinal de la pala de rotor y pegados entre sí, una pala de rotor producida mediante este proceso y un sistema eólico que presenta una pala de rotor de este tipo.

Los grandes sistemas eólicos tienen una potencia nominal de varios megavatios. Para mantener estas elevadas potencias se utilizan rotores con diámetros de 100 m y más. En consecuencia, las palas de estos rotores pueden tener longitudes de 50 m o más. Estas palas de rotor se fabrican normalmente en forma de perfiles huecos, en los cuales se integra una o varias barras que absorben momentos flectores. Tanto la fabricación como el transporte de estos grandes elementos estructurales crean problemas considerables. Por esta razón, ya se han propuesto palas de rotor del tipo mencionado anteriormente que incorporan elementos de pala de rotor que son transportados individualmente al lugar del sistema eólico en el cual se van a instalar y que sólo pueden montarse allí. Para ello, ya se han propuesto procesos como los descritos al principio. Con estos procesos, puede lograrse una conexión de los elementos de palas de rotor sin influir en las propiedades aerodinámicas de la pala de rotor y también sin añadir pesos adicionales a la pala de rotor. Sin embargo, se ha comprobado que estas palas de rotor no resisten las considerables cargas variables durante el funcionamiento de un sistema eólico. En vista de estos problemas, WO 01/48378 A1 propone el uso de palas de rotor en las que los elementos individuales de las palas de rotor están conectados con la ayuda de unas piezas de empalme que unen una línea de separación entre estos elementos, en el que dichas piezas de empalme rodean determinados tornillos en la región de los extremos de los elementos de palas de rotor enfrentados entre sí. Mediante una forma especial de los tornillos se produce un pretensado de fuerza de tracción en la región de la línea de separación entre los elementos individuales de las palas de rotor en el caso de la pala de rotor propuesta por WO 01/48378 A1. Mediante dicho pretensado de fuerza de tracción se consigue que, a pesar del esfuerzo de carga alterna durante un giro del rotor de un sistema eólico, solamente se produzcan fuerzas de tracción en la zona de la línea de separación, en la que sólo varía su extensión.

Sin embargo, el uso de las palas de rotor que se describe en WO 01/48378 A1 mostró que se creaban grietas y se producían otros daños en la región de la línea de separación entre los elementos individuales de las palas de rotor durante un funcionamiento permanente de un sistema eólico. US 4.389.162 describe una pala de rotor que está compuesta por varias partes. US 4.295.790 describe una estructura de pala de un aerogenerador. US 4.643.646 describe una pala de rotor con secciones modulares.

En vista de estos problemas en el estado de la técnica, el objetivo de la invención es un proceso de producción de palas de rotor para sistemas de energía eólica con el cual puedan producirse palas de rotor adecuadas para un funcionamiento permanente de un sistema eólico y que presenten unas propiedades aerodinámicas predeterminadas, proporcionar palas de rotor producidas por dicho proceso, y proporcionar sistemas eólicos producidos utilizando dichas palas de rotor.

Respecto al proceso, el objetivo se consigue mediante una mejora en los procesos de producción de palas de rotor para sistemas eólicos conocidos, en los que por lo menos dos elementos de palas de rotor se encuentran dispuestos uno detrás del otro en una dirección longitudinal de la pala de rotor y unidos entre sí a través de por lo menos un elemento de conexión, preferiblemente dos, que unen una línea de separación entre los elementos de pala de rotor, sustancialmente caracterizado por el hecho de que por lo menos un elemento de conexión está alineado con dichos elementos de pala de rotor, en el que entre una superficie de delimitación exterior de por lo menos uno de los elementos de pala de rotor y por lo menos un segmento de fijación de la superficie de delimitación interior de dicho elemento de conexión hay formado un espacio vacío, y posteriormente el espacio vacío se llena con un adhesivo.

La invención se llevó a cabo como resultado de la realización de que los daños observados al utilizar las palas de rotor de WO 01/48378 A1 se producen principalmente por los elementos de conexión mecánicos o tornillos necesarios para una conexión de bloqueo positivo, a través de los cuales las fuerzas producidas durante el funcionamiento del sistema eólico se introducen en la estructura de la pala de rotor en una concentración de forma casi puntual y producen picos de tensión elevados que provocan los daños observados, mientras que, en el caso de las palas de rotor convencionales con elementos de palas de rotor pegados entre sí, la insuficiente resistencia de la unión adhesiva se debe al hecho de que, para crear la unión adhesiva, primero se aplica un adhesivo sobre los adherentes y, a continuación, el elemento de conexión se coloca sobre dichos adherentes y se alinea. Este proceso de alineación puede causar inclusiones locales de aire o variaciones en el grosor de la distribución del adhesivo, lo que causa la insuficiente fuerza de conexión adhesiva, tal como se ha observado. En los procesos de la invención, estos inconvenientes se eliminan ya que el elemento de conexión primero se alinea con los elementos de pala de rotor, y sólo después de ello, el espacio vacío formado entre el elemento de conexión y los elementos de pala de

rotor se llena con el adhesivo, de modo que ya no se producirá ningún cambio posterior más en la distribución de adhesivo causado por el proceso de alineación. Los elementos de pala de rotor pueden mantenerse en la posición deseada con la ayuda de un equipo de alineación adecuado antes, durante y/o después del proceso de pegado.

- 5 Además, en el caso de la conexión adhesiva propuesta por la invención, la introducción de la fuerza puede efectuarse mediante segmentos de palas de rotor de gran superficie para evitar la generación de picos de tensión durante el funcionamiento del sistema eólico.

10 Para obtener una conexión con las propiedades de resistencia deseadas sin influir en las propiedades aerodinámicas de la pala de rotor es particularmente adecuado bloquear la alineación del elemento de conexión antes de llenar el espacio vacío pegando un reborde de bloqueo de la superficie de delimitación interior del elemento de conexión, que rodea por lo menos parcialmente el segmento de fijación de la superficie de delimitación interior del elemento de conexión, a una superficie de delimitación exterior de por lo menos uno de los elementos de palas de rotor. De esta manera, es posible lograr una alineación sin el uso de elementos mecánicos de bloqueo, lo que
15 permite reducir aún más el riesgo de generación de picos de tensión locales. En el proceso de bloqueo se distribuye adecuadamente una resina de epoxi y/o resina de poliéster o similar engrosada de manera uniforme sobre el reborde de bloqueo y/o la superficie de delimitación exterior del elemento de pala de rotor correspondiente al reborde de bloqueo sin inclusión de aire. En este proceso, la distribución uniforme puede controlarse aplicando una cantidad de resina mayor que la necesaria para el grosor de pegado, y se examina el uso de un grosor de adhesivo
20 suficiente en el sentido de que se observa el prensado de la resina epoxi en todos los puntos del reborde de bloqueo. Aparte del bloqueo del elemento de conexión, mediante el pegado del elemento de conexión en la región del reborde de bloqueo, se consigue también un sellado del espacio vacío que posteriormente se llena con adhesivo. Después, puede favorecerse el llenado uniforme del espacio vacío con el adhesivo, para evitar inclusiones de aire en el espacio vacío, en el sentido de que, para el llenado, se genera una presión negativa en el espacio vacío, con lo cual el adhesivo es aspirado hacia el espacio vacío, y/o el adhesivo es bombeado hacia el espacio vacío con sobrepresión.

En este procedimiento es conveniente colocar la pala de rotor en posición vertical después del curado de la primera unión en la región del reborde de bloqueo, y posteriormente el espacio vacío formado entre el elemento de conexión
30 y el elemento de pala de rotor se llena con resina. A continuación, el adhesivo se introduce en el espacio vacío con sobrepresión, donde se evita la formación de inclusiones de aire mediante la aplicación de un vacío en el lugar de salida con el fin de aspirar el aire del espacio vacío. Con los procesos de la invención, pueden conseguirse resultados especialmente buenos si el espacio vacío se llena con un adhesivo con una viscosidad dinámica η en el rango de aproximadamente 130-230 Mpas, preferiblemente de aproximadamente 150-210 Mpas, en particular
35 preferiblemente de aproximadamente 170-190 Mpas, en particular de aproximadamente 180 Mpas y/o una viscosidad cinemática $\nu = \eta / \rho$ en el rango de aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ m²/s, preferiblemente de aproximadamente $1,4 \cdot 10^{-5}$ m²/s, en particular de aproximadamente $1,6 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Por lo tanto, se utiliza adecuadamente resina epoxi líquida. Después del llenado, el adhesivo puede endurecerse o templarse a temperatura ambiente y/o durante un período de tiempo de 6-10 horas a una temperatura de aproximadamente 70° C.

40 Puede obtenerse un llenado particularmente fiable del espacio vacío si el suministro de resina se efectúa en el punto más profundo del espacio vacío según se aprecia desde la superficie de delimitación exterior de la pala de rotor, y/o si se genera presión negativa en el punto más elevado del espacio vacío. También es posible garantizar que se mantengan las dimensiones del espacio vacío después de la generación de presión negativa mediante el uso de
45 separadores adecuados, tales como bloques de distancia al suelo de resina endurecida. El proceso de la invención se utiliza en particular ventajosamente para una conexión en la zona de las correas integradas en la carcasa para absorber momentos flectores ya que, en este caso, es especialmente importante mantener unos grosores de adhesivo exactos y no es posible un examen óptico del pegado completo.

50 Por lo demás, en comparación con palas de rotor formadas de una sola pieza, las palas de rotor dentro del alcance de la invención pueden producirse sin masas adicionales. Además, la conexión adhesiva de los elementos de pala de rotor de acuerdo con la invención permite unir dichos elementos sin formar discontinuidades de rigidez excesiva en las palas de rotor, por lo que se favorece todavía más la durabilidad de la conexión durante el funcionamiento del sistema eólico. Finalmente, la realización de la invención también considera el hecho de que la transmisión de
55 potencia en compuestos de fibra utilizados normalmente para producir palas de rotor de sistemas eólicos tiene que extenderse sobre una superficie que debería ser tan grande como sea posible.

Básicamente, también se considera dentro del alcance de la invención equipar uno de los elementos de pala de rotor con un casquillo que sobresale en una dirección longitudinal desde una parte delantera del mismo y equipar el otro
60 elemento de pala de rotor en su extremo orientado hacia el casquillo con una zona transversal reducida adecuadamente, de modo que dicho otro elemento de pala de rotor pueda ser empujado bajo el casquillo y posteriormente pueda efectuarse el pegado entre los elementos de pala de rotor. Sin embargo, esto ha resultado ser especialmente ventajoso respecto a la fabricación para producir por lo menos un elemento de conexión,

preferiblemente por lo menos dos, que unan una línea de separación entre los elementos de pala de rotor y que presenten por lo menos dos segmentos adherentes, en el que cada uno de los segmentos adherentes se pega junto con uno de los elementos de pala de rotor sobre una gran superficie. Los elementos de conexión pueden rodear por lo menos parcialmente el eje longitudinal de la pala de rotor en la zona de la línea de separación. En el caso de tal conexión, los elementos de pala de rotor pueden producirse utilizando moldes comunes que también se utilizan para realizar palas de rotor integrales disponiendo películas de separación en dicho molde, lo que hace posible separar los elementos de pala de rotor individuales entre sí sin destrucción durante la extracción de la pala de rotor del molde.

En una realización de la invención particularmente preferida, el por lo menos un elemento de conexión se encuentra alojado por lo menos parcialmente en una cavidad formada en las superficies de delimitación exteriores de los elementos de pala de rotor en la región de la línea de separación. En este caso, el elemento de conexión puede presentar una configuración correspondiente a la configuración de regiones adyacentes de los elementos de palas de rotor, preferiblemente una configuración en forma de laminado, con el fin de obtener los grosores de material necesarios en cada ubicación de la zona de conexión en la región de la línea de separación después del pegado.

Para crear una conexión particularmente duradera, será especialmente ventajoso que la cavidad formada en las superficies de delimitación exteriores de los elementos de palas de rotor en la región de la línea de separación rodee completamente el eje longitudinal de la pala de rotor. En dicha cavidad pueden disponerse entonces dos o más elementos de conexión para crear la conexión deseada. En vista del mantenimiento de la fuerza deseada en la región de la conexión entre los elementos individuales de las palas de rotor, ha resultado especialmente ventajoso que la circunferencia de por lo menos un elemento de pala de rotor se estreche hacia la línea de separación, preferiblemente en forma de cuña en un plano de corte que se extienda perpendicularmente al eje longitudinal para formar la cavidad. Dicho estrechamiento en forma de cuña de los elementos de palas de rotor, también denominado bufanda, permite una transición especialmente suave en la zona de la línea de separación entre los elementos de palas de rotor, lo que ayuda a evitar picos de tensión excesivos.

En la pala de rotor de la invención, las fuerzas y momentos en la región de la línea de separación se transmiten por empuje en los adherentes, de modo que puede obtenerse una conexión fija permanente mediante la selección de un proceso de pegado adecuado. Para obtener una conexión entre los elementos de pala de rotor y los elementos de conexión que se extienda sobre una superficie lo más grande posible, dichos elementos de conexión tienen una superficie de delimitación interior que se extiende de manera complementaria al perfil de la cavidad, en el cual puede omitirse un espacio lleno con un adhesivo entre la superficie de delimitación de la cavidad y la superficie de delimitación interior del elemento de conexión. Una pala de rotor de la invención puede diseñarse sin ninguna influencia en las propiedades aerodinámicas en la región de la línea de separación si el elemento de conexión tiene una superficie exterior que se encuentre a nivel con las regiones adyacentes de las superficies exteriores de los elementos de pala de rotor.

Tal como ya se ha explicado anteriormente, el elemento de pala de rotor de la invención puede construirse en forma de cuerpo hueco con una carcasa que contenga por lo menos una barra que absorba momentos flectores. En el caso de estos elementos de palas de rotor, la carcasa está convenientemente formada por plásticos reforzados con fibras. Las fuerzas de flexión son absorbidas por la barra integrada en las carcasas en este caso. Las barras suelen estar formadas por dos correas integradas en las mitades de la carcasa y conectadas entre sí a través de uno o más puentes.

Tal como se desprende de la explicación anterior con relación a las palas de rotor de la invención, un sistema eólico de la invención que tenga un rotor que presente por lo menos una pala de rotor y que gire alrededor de un eje de rotor que se extienda aproximadamente horizontal, en el que por lo menos una pala de rotor presente por lo menos dos elementos de pala de rotor dispuestos uno detrás del otro en una dirección longitudinal de la pala de rotor y conectados entre sí, se caracteriza esencialmente por el hecho de que por lo menos dos de los elementos de palas de rotor se pegan entre sí, en el que la conexión adhesiva se efectúa llenando un espacio vacío formado entre un elemento de conexión y los elementos de palas de rotor.

Tal como ya se ha explicado anteriormente, los elementos de palas de rotor adecuados para producir palas de rotor de acuerdo con la invención pueden producirse en el mismo molde que se utiliza para las palas de rotor integrales comunes si, en el lugar de separación deseado, se coloca una parte formadora y, si es necesario, para la formación del espacio vacío, se coloca una película separadora en dicho molde. También el elemento de conexión puede producirse en el mismo molde que los elementos de pala de rotor si la parte formadora se extrae de dicho molde y se inserta una parte de relleno realizada complementaria al mismo, de manera que pueda producirse un elemento de conexión que tenga forma de parte formadora.

Una pala de rotor producida de acuerdo con la invención también puede separarse de nuevo en el lugar de conexión. Ésta se corta simplemente con un corte perpendicular al eje longitudinal de la pala de rotor. A

continuación, sólo hay que volver a crear las superficies de las bufandas mediante rectificado o fresado. En el lugar de construcción, la pala de rotor puede montarse y conectarse de nuevo mediante el proceso descrito anteriormente.

En el ámbito de la invención, para realizar una conexión entre los elementos de palas de rotor, puede prescindirse del uso de elementos de conexión mecánicos. Así, la conexión propuesta por la invención es adecuada para compuestos de fibra y, por lo tanto, muy ligera. La única masa adicional en comparación con las palas de los rotores formadas integralmente es la masa de adhesivo. La conexión puede realizarse mediante piezas preformadas que contienen todos los elementos estructurales de la pala de rotor no dividida y, una vez endurecida completamente, sólo es necesario unirla a las superficies de la pala de rotor mediante un adhesivo de un grosor definido.

A continuación, se explicará la invención con referencia a los dibujos. Se hace referencia a dichos dibujos respecto a todos los detalles que son esenciales en relación con la invención y no se explican con mayor detalle en la descripción, en los cuales

La figura 1 muestra una vista en despiece de una pala de rotor de acuerdo con una primera realización de la invención,

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de un elemento de pala de rotor de acuerdo con una segunda realización de la invención, en la que dicho elemento de pala de rotor se encuentra dispuesto radialmente en su interior,

La figura 3 muestra una vista en perspectiva del elemento de pala de rotor de acuerdo con la segunda realización de la invención, en la que dicho elemento de pala de rotor se encuentra dispuesto radialmente en el exterior,

La figura 4 muestra un elemento de conexión superior para conectar los elementos de palas de rotor que se muestran en las figuras 2 y 3, y

La figura 5 muestra un elemento de conexión inferior para conectar los elementos de palas de rotor que se muestran en la figura 2 y 3.

La pala de rotor mostrada en los dibujos comprende dos elementos de pala de rotor 12 y 14 dispuestos uno detrás del otro en dirección longitudinal, y dos elementos de conexión 32 y 34 que unen una línea de separación 16 entre los elementos de pala de rotor. En estado montado, dichos elementos de conexión están dispuestos en unas cavidades 22 y 24 de los elementos de palas de rotor 12 y 14 formados por una disminución de los extremos de los elementos de palas de rotor 12 y 14 orientados hacia la línea de separación. En la realización mostrada en el dibujo, dichas cavidades 22 y 24 están diseñadas de manera que rodean completamente el eje longitudinal de la pala de rotor. Las dimensiones de los elementos de conexión 32 y 34 están diseñadas para coincidir con las de dichas cavidades 22 y 24, de manera que los elementos de conexión 32 y 34, cuando están alineados a nivel con las superficies de delimitación exteriores 13 y 15 de los elementos de palas de rotor, todavía dejan un espacio vacío entre las superficies de delimitación de los elementos de palas de rotor 12 y 14 formando dichas cavidades 22 y 24 y las superficies de delimitación interiores de dichos elementos de conexión 32 y 34.

Para el montaje de la pala de rotor que se muestra en el dibujo, los elementos de la pala de rotor 12 y 14 y los elementos de conexión 32 y 34 se colocan primero en la alineación a nivel deseada. El espacio vacío formado entre las superficies de delimitación exterior de las cavidades 22 y 24 y las superficies interiores de delimitación de los elementos de conexión 32 y 34 se llenan después con un adhesivo, que posteriormente se endurece.

El elemento de pala de rotor 100 mostrado en la figura 2 está diseñado en forma de cuerpo hueco con una carcasa 110 formada por un compuesto de fibra y una barra 120 para absorber momentos flectores en el interior de dicha carcasa 110. La citada carcasa 110 del elemento de pala de rotor que se encuentra dispuesta radialmente en estado montado tiene dos segmentos de fijación 112 y 114 en su región extrema radialmente exterior. En la región de dichos segmentos de fijación 112 y 114, el citado elemento de pala de rotor 100 es en forma de cuña, de modo que la sección transversal del elemento de pala de rotor se estrecha en un plano de corte que se extiende perpendicularmente a la dirección longitudinal en la región de los segmentos de fijación 112 y 114 en forma de cuña. Tal como se desprende claramente de la figura 2, el segmento de fijación 112 se extiende en dirección longitudinal del elemento de pala de rotor 100 a lo largo del borde posterior del elemento de pala de rotor 100 hacia afuera del saliente sometido al flujo, mientras que el segmento de fijación 114 se extiende en la región de la barra 120 en una dirección longitudinal del elemento de pala de rotor.

Alrededor de los segmentos de fijación 112 y 114 se extiende un reborde de bloqueo 116 que presenta dos segmentos de bloqueo 117 y 118. En la región del segmento de bloqueo exterior 118 solamente se elimina la capa exterior del compuesto de fibra mientras que, en la región del segmento de bloqueo interior 117, se eliminan dos capas exteriores del compuesto de fibra que forman la carcasa 110. En la figura 2 sólo se muestra la superficie de delimitación superior de la carcasa 110 del elemento de pala de rotor 100. La superficie de delimitación inferior está diseñada de manera similar con dos segmentos de fijación, alrededor de los cuales se extiende un reborde de bloqueo que tiene dos segmentos de bloqueo.

En la figura 3, se muestra un elemento de pala de rotor 200 que se dispone radialmente en el exterior y que se encuentra adyacente al elemento de pala de rotor 100 mostrado en la figura 2 en estado montado. Al igual que el elemento de pala de rotor 100, dicho elemento de pala de rotor 200 presenta dos segmentos de fijación en forma de cuña 212 y 214 en su región extrema radialmente interior orientada hacia al elemento de pala de rotor 100 que se muestra en la figura 2, en la que, al igual que el segmento de fijación 112 del elemento de pala de rotor 100, el segmento de fijación 212 se extiende en dirección longitudinal del elemento de pala de rotor 200 a lo largo del borde del elemento de pala de rotor 200 hacia afuera del saliente del elemento de pala de rotor 200 que está sometido al flujo, mientras que el segmento de fijación 214 se extiende en la región de la barra 220 que se encuentra dispuesta en el interior de la carcasa 210 en una dirección longitudinal del elemento de pala de rotor 200. Alrededor de los segmentos de fijación 212 y 214 también se extiende un reborde de bloqueo 216 que tiene dos segmentos de fijación 217 y 218.

La figura 4 muestra un elemento de conexión 300 para conectar dichos elementos de palas de rotor 100 y 200, que une una línea de separación entre estos elementos de palas de rotor. El elemento de conexión 300 comprende en total cuatro segmentos de fijación 312, 312a, 314 y 314a, en el que los segmentos de conexión 312 y 314 están diseñados para ser complementarios a los segmentos de conexión 212 y 214, mientras que los segmentos de conexión 312a y 314a están diseñados para ser complementarios a los segmentos de conexión 112 y 114. Esto significa que los segmentos de fijación de dicho elemento de conexión 300 se estrechan a modo de cuña a partir de la línea de separación formada entre los elementos de palas de rotor 100 y 200. Alrededor de los segmentos de fijación 312 y 314 de dicho elemento de conexión 300 se extiende un reborde de bloqueo 316 que tiene dos segmentos de bloqueo 317 y 318. Del mismo modo, alrededor de los segmentos de fijación 312a y 314a se extiende un reborde de bloqueo 316a que tiene dos segmentos de bloqueo 317a y 318a.

Los segmentos de bloqueo exteriores 318 y 318a están formados por un material correspondiente al material de la capa exterior de las carcasas 110 y 210, respectivamente, mientras que los segmentos de bloqueo interiores 317 y 317a presentan una configuración correspondiente a la configuración de las dos capas exteriores de las carcasas 110 y 210, respectivamente. De esta manera, puede conseguirse que el elemento de conexión 300 presente una configuración en forma de laminado correspondiente a la configuración de regiones adyacentes de los elementos de palas de rotor 100 y 200, en la que, adaptando los rebordes de bloqueo y los segmentos de fijación del elemento de conexión 300 a la estructura de los segmentos de fijación y los rebordes de bloqueo de los elementos de palas de rotor 100 y 200, se conseguirá una configuración de palas totalmente homogénea y sin discontinuidades de rigidez. De este modo, se evita la formación de picos de tensión en la zona de la línea de separación entre los elementos de palas de rotor 100 y 200. Se consigue una reducción adicional de las cargas de las palas de rotor en la región de la línea de separación por el hecho de que las transiciones entre los bordes del elemento de conexión que se extienden rectilíneos son redondeadas, de modo que tampoco aquí se producen cambios discontinuos en la estructura de las palas.

Al igual que el elemento de conexión superior 300 mostrado en la figura 4, el elemento de conexión inferior 400 mostrado en la figura 5 tiene en total cuatro segmentos de fijación 412, 412a, 414 y 414a, cada uno de los cuales se estrecha en forma de cuña a partir de la línea de separación. Alrededor de los segmentos de fijación 412 y 414 se extiende un reborde de bloqueo que tiene dos segmentos de bloqueo 417 y 418. Del mismo modo, alrededor de los segmentos de fijación 412a y 414a se extiende un reborde de bloqueo 416a que tiene dos segmentos de bloqueo 417a y 418a.

Para el montaje de los elementos estructurales mostrados en las figuras 2-5, primero se disponen los elementos de palas de rotor 100 y 200 uno detrás del otro en dirección longitudinal y se alinean. Posteriormente, dichos elementos de conexión 300 y 400 se fijan en la región de sus rebordes de bloqueo 316 y 316a, y 416 y 416a, respectivamente, a correspondientes rebordes de bloqueo de los elementos de palas de rotor con la ayuda de una resina gruesa. Las dimensiones de los segmentos de fijación de los elementos de conexión 300 y 400 se adaptan a las dimensiones de los segmentos de fijación de los elementos de palas de rotor 100 y 200 de manera que, después de fijar los elementos de conexión 300 y 400 en la región de los rebordes de bloqueo, entre los segmentos de fijación de los elementos de palas de rotor 100 y 200 y los segmentos de fijación de los elementos de conexión 300 y 400 quedan unos espacios vacíos. Para estabilizar estos espacios vacíos, pueden colocarse unos separadores adecuados en los espacios vacíos durante el montaje. Después del curado de la resina gruesa utilizada para adherir los elementos de conexión 300 y 400 a los elementos de palas de rotor 100 y 200 en la región de los rebordes de bloqueo, se llenan los espacios vacíos con un adhesivo, en el que el adhesivo se inyecta con sobrepresión en los espacios vacíos formados, en los cuales se ha creado antes una presión negativa.

Para crear un canal que permita la introducción del adhesivo en el espacio vacío formado entre los segmentos de fijación, al fijar los elementos de conexión en la región de los rebordes de bloqueo, en la región de los rebordes de bloqueo se coloca una tira de goma, en el que dicha tira puede retirarse para la formación del canal. A través del montaje explicado anteriormente se consigue una conexión fija entre los elementos de palas de rotor 100 y 200 sin ningún cambio discontinuo en la estructura de la pala del rotor en la región de la línea de separación entre los

elementos de palas de rotor. De este modo, a través de la disposición de los segmentos de fijación en la región de las barras 120 y 220, por una parte, y los bordes de los elementos de palas de rotor hacia afuera del saliente sometido al flujo, se consigue una conexión especialmente fuerte en las regiones con más tensiones durante el funcionamiento de un sistema eólico.

5 La invención no se limita a la realización explicada mediante los dibujos. Se considera también el uso de elementos de palas de rotor en los que las cavidades en los extremos de los elementos de palas de rotor orientados hacia la línea de separación 16 presentan forma de cuña de un modo diferente. Además, también se considera el uso de
10 palas de rotor que tengan más de dos elementos de palas de rotor. Los elementos de conexión pueden presentar aquí formas sustancialmente deseadas. En particular, no es necesario que los elementos de conexión rodeen completamente el eje longitudinal de la pala de rotor.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para producir una pala de rotor para una central eólica que presenta por lo menos dos elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200) dispuestos uno detrás del otro en dirección longitudinal de la pala de rotor y unidos entre sí a través de por lo menos un elementos de conexión (32, 34; 300, 400), preferiblemente por lo menos dos, que unen un espacio de separación (16) entre los elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200), caracterizado por el hecho de que por lo menos un elemento de conexión (32, 34; 300, 400) está alineado con los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) formando un espacio vacío entre una superficie de delimitación exterior (13, 15) de por lo menos uno de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) y por lo menos un segmento de fijación (312, 312, 312a, 314, 314a; 412, 412a, 414, 414a) de la superficie de delimitación interior de este elemento de conexión (32, 34; 300, 400), y el espacio vacío se llena después con un adhesivo, en particular con una resina.
2. Proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la alineación del elemento de conexión (32, 34; 300, 400) se lleva a cabo antes de llenar el espacio vacío mediante el pegado de un reborde de bloqueo (316, 316a, 318, 318, 318a) que rodea por lo menos parcialmente el segmento de fijación (312, 312a, 314, 314a; 412, 412a, 414, 414a; 416, 416a, 418, 418a) de la superficie de delimitación interior del elemento de conexión (32, 34; 300, 400) con una superficie de delimitación exterior (13, 15) de por lo menos uno de los elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200).
3. Proceso de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que el espacio vacío se sella herméticamente por lo menos en la región del reborde de bloqueo (316, 316a, 318, 318a; 416, 416a, 418, 418a).
4. Proceso de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, caracterizado por el hecho de que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) se pega a por lo menos uno de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) en la zona del reborde de bloqueo (316, 316a, 318, 318a, 416, 416a, 418, 418a) con una resina epoxi y/o resina de poliéster espesada.
5. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que, para el llenado, se genera una presión negativa en el espacio vacío y/o el adhesivo (resina) se bombea al espacio vacío con sobrepresión.
6. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el espacio vacío se llena con un adhesivo con una viscosidad dinámica η en el rango de aproximadamente 130-230, preferiblemente aproximadamente 150-210, más preferiblemente aproximadamente 170-190, en particular aproximadamente 180 MPas y/o una viscosidad cinemática $\nu = \eta / \rho$ en el rango de aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ m²/s, preferiblemente $1,4 \cdot 10^{-5}$ m²/s, en particular de aproximadamente $1,6 \cdot 10^{-5}$ m²/s.
7. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el espacio vacío se llena con resina epoxi líquida y/o resina de poliéster.
8. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el adhesivo se cura después del llenado a temperatura ambiente y/o durante un período de 6 a 10 horas a una temperatura de aproximadamente 70°C.
9. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la resina se aplica en el punto más bajo del espacio vacío, visto desde la superficie de delimitación exterior (13, 15) de la pala de rotor, y/o la presión negativa se genera en el punto más alto.
10. Proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que, los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) se producen en el mismo molde, en el que, en el lugar de separación deseado, se inserta una pieza formadora y, opcionalmente, una película separadora para formar el espacio vacío.
11. Proceso de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por el hecho de que por lo menos un elemento de conexión se produce con la misma forma que los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200).
12. Pala de rotor para el rotor de una central eólica, producida mediante un proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que presenta por lo menos dos elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200) que se encuentran dispuestos uno detrás del otro en la dirección longitudinal de la pala de rotor y se pegan entre sí, que comprende por lo menos un elemento de conexión (32, 34; 300, 400), preferiblemente por lo menos dos, que une una línea de separación (16) entre los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) y que presentan por lo menos dos segmentos de superficie adheridos, cada uno de los cuales está pegado con uno de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) sobre una gran superficie.

13. Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizada por el hecho de que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) está alojado por lo menos parcialmente en una cavidad formada por las superficies de delimitación exteriores (13, 15) de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) en la región de la línea de separación (16).
- 5 14. Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizada por el hecho de que la cavidad rodea por lo menos parcialmente el eje longitudinal de la pala de rotor.
- 10 15. Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, caracterizada por el hecho de que la circunferencia exterior de por lo menos un elemento de pala de rotor (12, 14; 100, 200) se estrecha hacia la línea de separación preferiblemente en forma de cuña en un plano de corte que se extiende perpendicularmente al eje longitudinal para formar la cavidad.
- 15 16. Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizada por el hecho de que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) tiene una superficie de delimitación interior que se extiende de manera complementaria al perfil de la cavidad (22, 24).
- 20 17. Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 13 a 16, caracterizada por el hecho de que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) tiene una superficie exterior alineada con las regiones adyacentes de las superficies exteriores (13, 15) de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200).
- 25 18. Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizada por el hecho de que por lo menos un elemento de conexión (32, 34; 300, 400) presenta una estructura preferiblemente laminada que corresponde a la estructura de regiones adyacentes de los elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200).
- 30 19. Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por el hecho de que por lo menos un elemento de pala de rotor (12, 14; 100, 200) es a modo de cuerpo hueco con una carcasa (110, 210) que recibe por lo menos un larguero (120, 220) que absorbe fuerzas de flexión.
- 30 20. Planta eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 19 con un rotor que tiene un rotor que presenta por lo menos una pala de rotor y que gira alrededor de un eje de rotor que se extiende aproximadamente horizontal.
- 35 21. Sistema de conexión de elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) para una pala de rotor de una central eólica, que comprende unos elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) y un elemento de conexión (32, 34; 300, 400) que presenta por lo menos dos segmentos de fijación (312, 312a, 314, 314a; 412, 412a, 414, 414a), y los segmentos de fijación (312, 312a, 314, 314, 314a; 412, 412a, 414, 414a) son rebordes de bloqueo circunferenciales (317, 317a; 318, 318a), en el que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) presenta un estrechamiento dirigido hacia el exterior en la dirección del eje longitudinal de los elementos de palas de rotor (12, 14; 100, 200) que se conectan, y en el que el estrechamiento está formado de manera que el elemento de conexión (32, 34; 300, 400) puede formar una cavidad con los elementos de pala de rotor (12, 14; 100, 200) que se conectan.
- 40

FIG 1

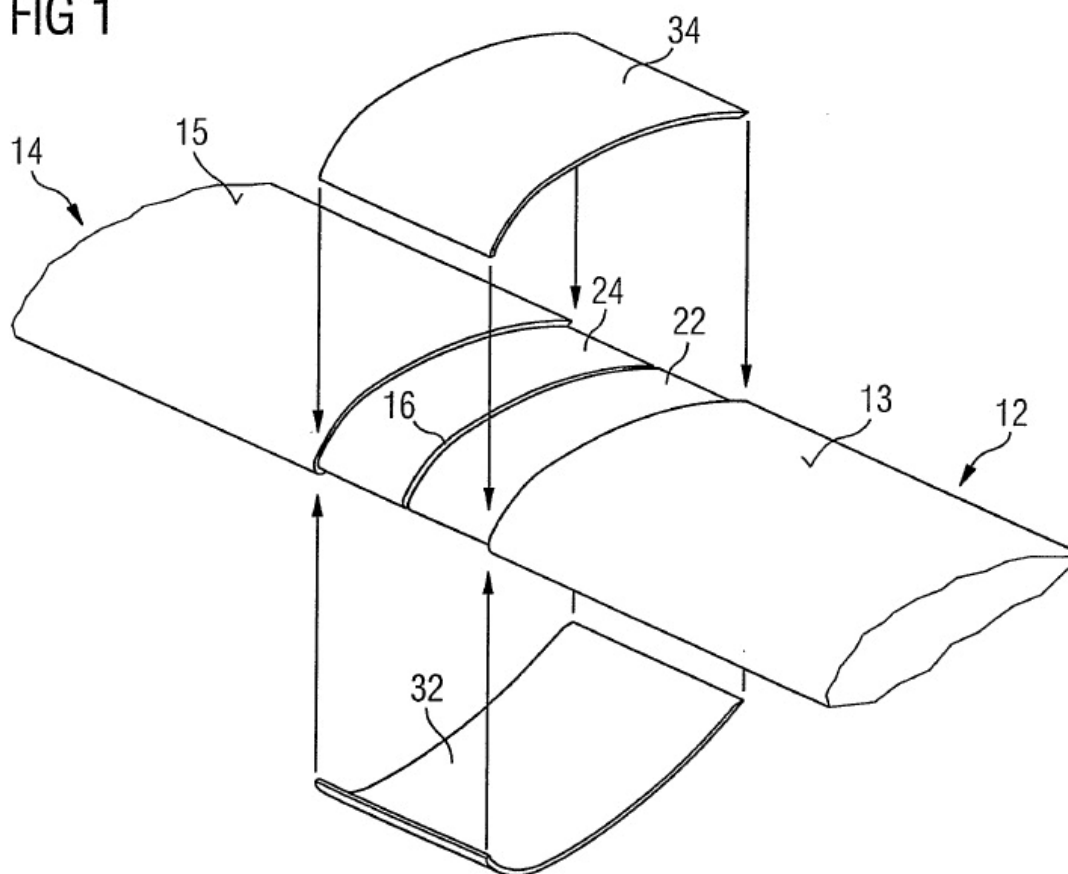


FIG 2

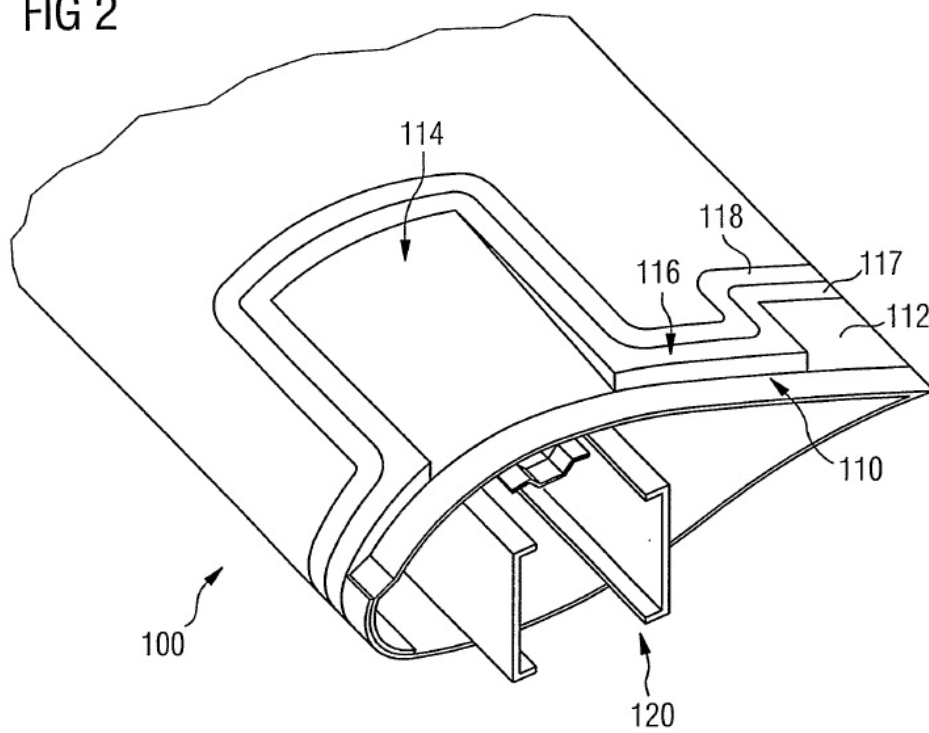


FIG 3

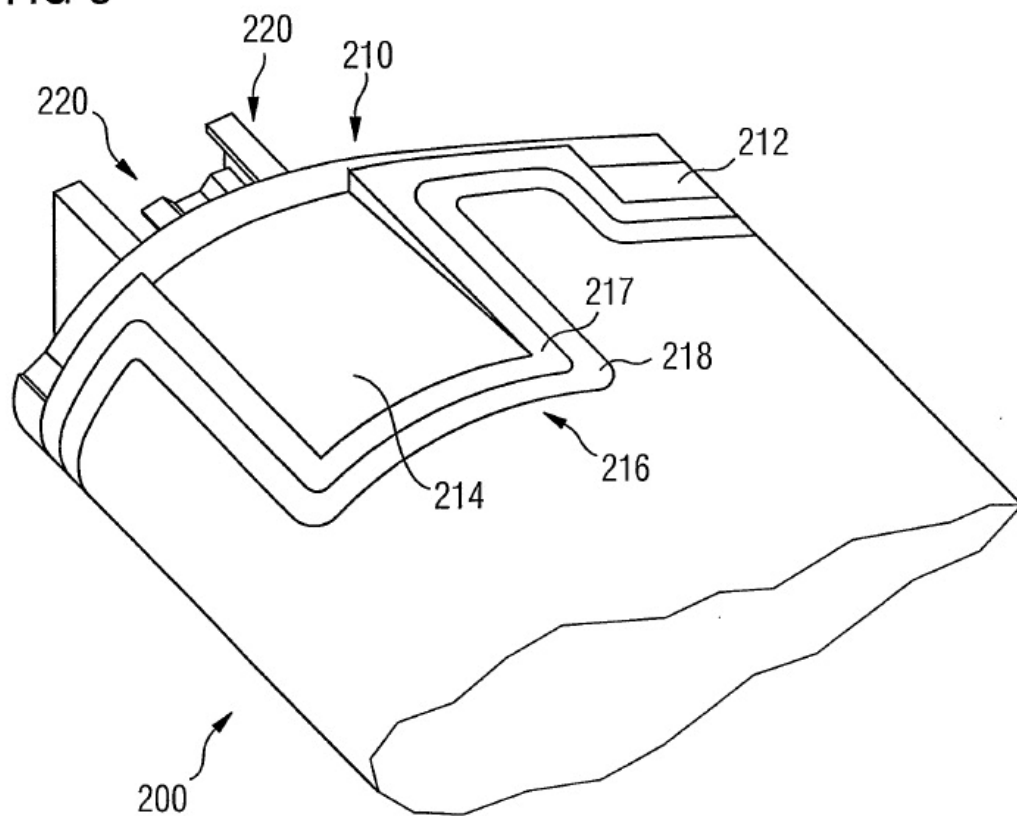


FIG 4

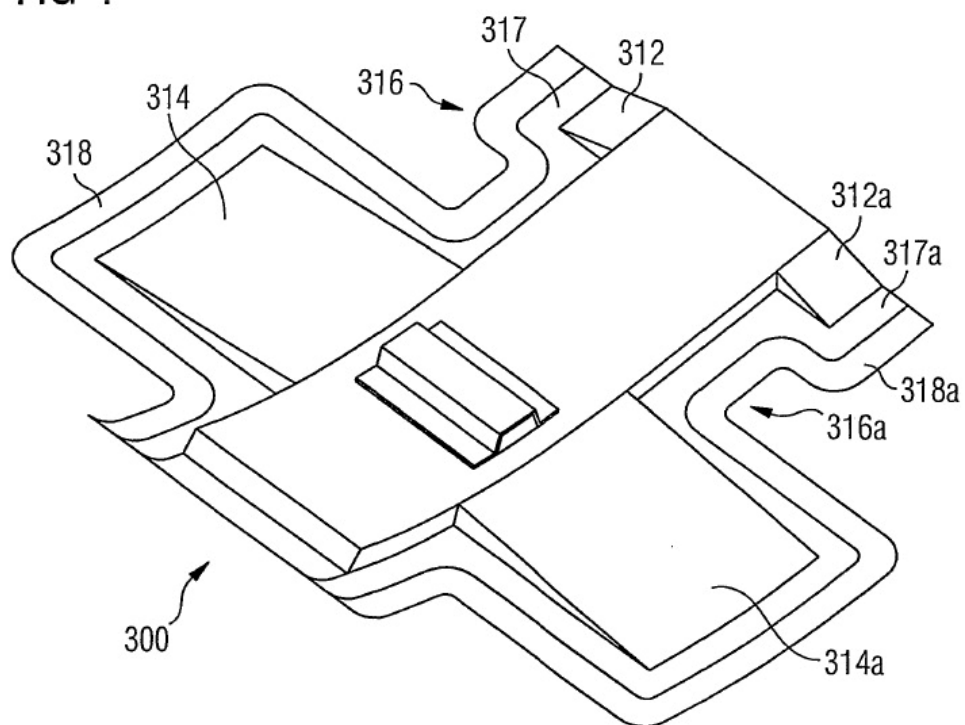
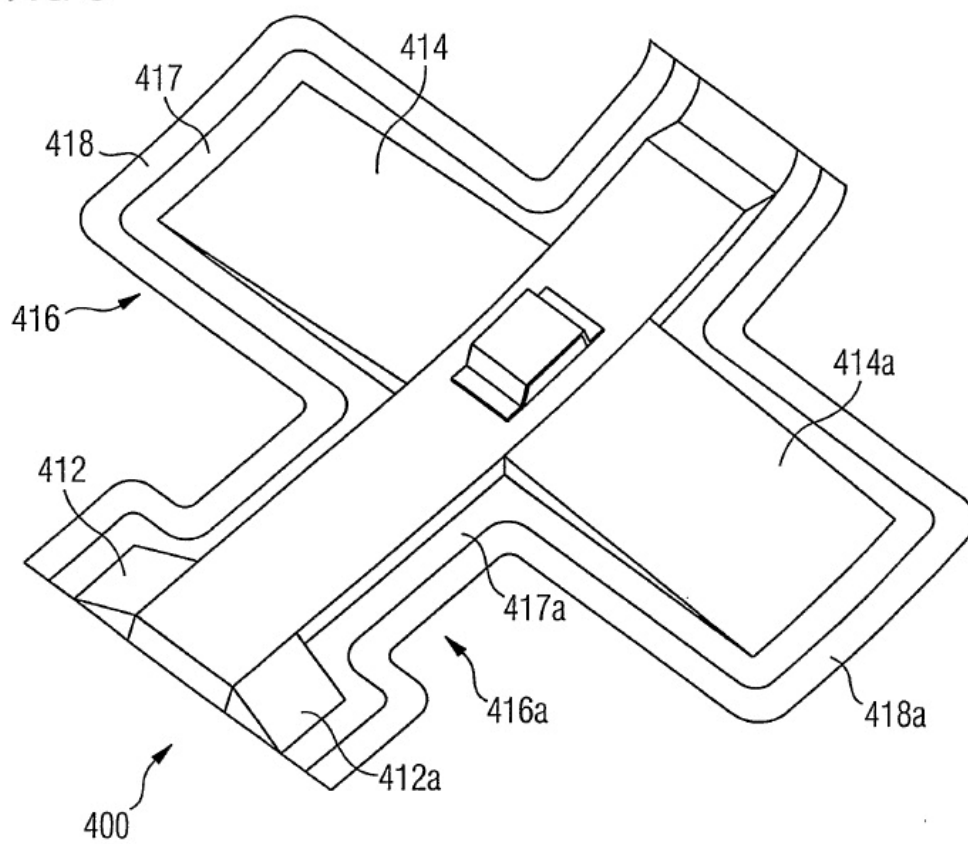


FIG 5



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

- | | | |
|----|--|---|
| 10 | <ul style="list-style-type: none">• WO 01148378 A1 [0002]• WO 0148378 A1 [0002] [0003] [0006]• US 4389162 A [0003] | <ul style="list-style-type: none">• US 4295790 A [0003]• US 4643646 A [0003] |
|----|--|---|