

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 290**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2010 E 10787412 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.02.2015 EP 2507508**

54 Título: **Pala de turbina eólica en secciones**

30 Prioridad:

02.12.2009 DK 200970240
02.12.2009 US 265978 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

HIBBARD, PAUL y
HANCOCK, MARK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 536 290 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de turbina eólica en secciones

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a una pala en secciones para una turbina eólica, comprendiendo la pala por lo menos una primera y una segunda sección de pala que se extienden en sentidos opuestos a partir de un empalme de pala y que están conectadas estructuralmente mediante un puente de larguero.

Antecedentes

- Las turbinas eólicas modernas comprenden una pluralidad de palas de rotor de la turbina eólica, típicamente tres palas, teniendo cada pala un peso de hasta 15 t y una longitud de hasta 55 m o más.
- 10 Tradicionalmente, una pala comprende dos partes de envolvente, una que define una parte de envolvente del lado de barlovento y otra que define una parte de envolvente del lado de sotavento. Cada una de las partes de envolvente se fabrica tradicionalmente en una pieza. Para reforzar tal pala, un elemento tubular y longitudinal en forma de viga o caja, esto es, un larguero, puede actuar como viga de refuerzo que discurre a lo largo, es decir, en el sentido longitudinal de la pala. El larguero se sitúa en la cavidad entre las dos partes de envolvente de la turbina
- 15 eólica y se extiende sustancialmente a lo largo de la longitud de la cavidad de la envolvente con el fin de aumentar la resistencia y rigidez de la pala de la turbina eólica. Una pala puede estar reforzada además mediante dos o más largueros situados lado con lado en sentido longitudinal.
- Durante el funcionamiento de la turbina eólica, cada pala de la turbina eólica se ve expuesta a cargas y momentos considerables tanto en el sentido longitudinal de la pala como resultado principalmente de las fuerzas centrífugas, en el sentido de batimiento dominado por momentos de curvatura en el sentido de batimiento debidos a cargas de empuje aerodinámico, y en el sentido de arrastre principalmente debido a cargas en el sentido de arrastre dominadas por gravedad que actúan sobre la pala.
- 20 Como el tamaño de las turbinas eólicas y por tanto de las palas de las turbinas eólicas continúa creciendo, los emplazamientos de fabricación y los medios de transporte deben aumentarse para manejar palas del tamaño requerido. Esto aumenta asimismo las exigencias logísticas y aumenta los costes asociados.
- 25 Son conocidas palas de turbina eólica fabricadas en partes para un empalme posterior, sin embargo con problemas importantes para obtener la resistencia necesaria en los empalmes entre las partes de pala conectadas y para la transferencia segura de las cargas y momentos a través del empalme. Además, pueden surgir dificultades en el diseño y fabricación de los empalmes de pala sin poner en peligro la rigidez y consideraciones de peso de las palas.
- 30 El documento WO 2009/135902 muestra una pala en secciones de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Descripción de la invención

- Es un objeto de modos de realización de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica mejorada que comprende por lo menos dos secciones de pala y proporcionar un procedimiento mejorado de fabricación de tal pala.
- 35 En un primer aspecto, la invención proporciona una pala en secciones para una turbina eólica, comprendiendo la pala por lo menos una primera sección de pala y una segunda sección de pala que se extienden en sentidos opuestos a partir de un empalme de pala, donde cada sección de pala comprende una sección de larguero que forma un elemento estructural de la pala y que se extiende en el sentido longitudinal de la pala, estando conectadas la primera y la segunda secciones de pala mediante medios de fijación dispuestos para restringir el movimiento de la
- 40 primera sección de pala con respecto a la segunda sección de pala en el sentido longitudinal de la pala. La primera sección de pala y la segunda sección de pala están conectadas estructuralmente además mediante un puente de larguero que sobresale de una de las secciones de pala y termina axialmente en una parte terminal que es recibida en la sección de larguero de la otra sección de pala, teniendo el puente de larguero y la sección de larguero formas que encajan por medio de las cuales se evita el giro del puente de larguero en la sección de larguero, evitando así el
- 45 giro de una de las secciones de pala con relación a la otra sección de pala. Además, la sección de larguero de la otra sección de pala comprende una sección de recepción que se extiende desde el empalme de pala y hacia adentro hacia la sección de larguero de esa pala, y la sección de recepción sostiene el puente de larguero de tal modo que se permite el movimiento en el sentido longitudinal de la parte terminal del puente de larguero con relación a la sección de recepción.
- 50 En el contexto de la presente invención, el término "puente de larguero" se debe entender como un elemento que se extiende entre dos secciones de pala vecinas, elemento que sirve para la función de interconectar las dos secciones de pala y que sirve a los efectos de unir las dos secciones. El puente de larguero puede formar parte de la resistencia longitudinal y rigidez de curvando de la pala de la turbina eólica, siendo así parte del refuerzo de la pala.

- 5 El puente de larguero puede ser un elemento longitudinal o eje que puede tener forma de caja, cilíndrica, o cualquier otra forma tal como, por ejemplo, una forma de viga en I o cuadrangular adecuada para encajar con la sección del larguero de recepción. La forma en sección transversal del puente de larguero en una sentido transversal al puente de larguero y/o a la pala en secciones puede ser no uniforme, por ejemplo definiendo solo una o incluso ninguna línea de simetría y puede ser de cualquier forma no circular tal como oval, elíptica, o poligonal, por ejemplo triangular o cuadrangular. Además, el puente de larguero puede ser un elemento macizo, parcialmente macizo, o tubular. En el contexto de la presente invención, el término “elemento tubular” se debe entender como un elemento hueco con una forma alargada. En el caso de un elemento tubular, la geometría interna puede ser diferente de la forma externa, por ejemplo definiendo un elemento tubular en forma de un anillo alargado no circular de una forma arbitraria.
- 10 Cada sección de pala puede comprender dos o más partes de envolvente, que definen una parte de envolvente del lado de barlovento y de sotavento. Estas partes de envolvente se pueden montar antes de unir las secciones de pala primera y segunda. Una vez montadas, la primera sección de pala y la segunda sección de pala están conectadas estructuralmente por el puente de larguero que se extiende dentro de ambas partes de pala para facilitar el empalme de las secciones de pala y mediante los elementos de fijación que restringen el movimiento de la primera sección de pala con relación a la segunda sección de pala en el sentido longitudinal de la pala, por ejemplo, soportando fuerzas centrífugas en las palas durante el funcionamiento de la turbina eólica.
- 15 La pala puede comprender más de un empalme y así pues comprender más de dos secciones de pala y más de un puente de larguero por cada empalme.
- 20 Las secciones de larguero pueden tener una forma alargada y pueden ser huecas. Las secciones de larguero se pueden optimizar tanto para un momento de curvado en el sentido de batimiento dominante proveniente de cargas de empuje aerodinámico y para las menores cargas en el sentido de arrastre dominadas por gravedad.
- 25 Como las secciones de pala pueden ser menores que las envolventes de pala normales, la secciones de pala pueden ser más fáciles de transportar desde un emplazamiento de fabricación hasta un emplazamiento de montaje para su ensamblaje, en comparación con palas en una pieza. Además, el emplazamiento de montaje se puede situar cerca del lugar donde se va a utilizar la turbina eólica. Al fabricar la pala de diferentes partes, estas partes se pueden transportar sin montar, facilitando así el transporte con la posibilidad de reducir los costes asociados.
- 30 Además, la posibilidad de fabricar las palas de turbina en secciones puede reducir los costes de fabricación ya que los tamaños del molde de la pala pueden reducirse correspondientemente y con ello las exigencias de espacio necesario durante la fabricación así como el equipo para mover y manejar la secciones de pala y moldes.
- 35 Mediante una pala en secciones como la descrita anteriormente se obtiene que las secciones de pala se mantienen unidas y se evita que la sección de pala externa salga volando durante el funcionamiento mediante los medios de fijación que actúan para restringir el movimiento de la primera sección de pala con relación a la segunda sección de pala en el sentido longitudinal de la pala.
- 40 Los medios de fijación pueden comprender pernos, remaches o similares dispuestos a lo largo del empalme de pala. Además, los medios de fijación pueden comprender un elemento tensor tal como un cable dispuesto para proporcionar tensión en el sentido longitudinal de la pala entre la primera sección de pala y la segunda sección de pala con el fin de establecer una conexión pretensada entre las secciones de pala. El elemento tensor se puede disponer en cualquiera o en ambos lados del larguero. Alternativa o adicionalmente, el elemento tensor se puede disponer para discurrir por el interior del larguero y, por ejemplo, ser fijado al interior de las secciones de recepción en ambos extremos. Además, las secciones de pala se pueden conectar longitudinalmente en el empalme de pala por medio de un adhesivo.
- 45 Al conectar estructuralmente las secciones de pala por medio de un puente de larguero se obtiene que el puente de larguero asume y contribuye a transferir las cargas y momentos de curvado a través del empalme de pala de una sección de pala a la otra. Esto se garantiza además mediante el puente de larguero que es recibido en la sección de larguero de recepción que forma un elemento estructural de la pala. Así pues, se transfieren cargas y momentos de una sección de pala por medio del puente de larguero a la parte estructuralmente reforzada de la otra sección de pala capaz de transportar las cargas.
- 50 Más a menudo, es deseable igualar las rigideces de las dos secciones de pala con el fin de obtener una transición suave y continua a lo largo del empalme de pala. Sin embargo, esto puede ser muy difícil o incluso imposible de llevar a cabo en la práctica con las tolerancias de los materiales y de fabricación, lo que consecuentemente provocará, en carga, que las dos mitades se deformen de modo diferente. En lugar de tener que probar e igualar las rigideces de las dos secciones de pala, la presente invención se basa en el principio de realizar un empalme en el que tales diferencias de rigidez no sean perjudiciales. Esto se obtiene mediante la sección de recepción que sostiene el puente de larguero de tal modo que se permite el movimiento en el sentido longitudinal de la parte terminal del puente de larguero con respecto a la sección de recepción, por lo que se incorpora un cierto grado de libertad en el empalme de pala. Así pues, se puede minimizar cualesquiera concentraciones de carga y momento locales en las zonas de conexión entre el puente de larguero y la sección de larguero de recepción. Tales concentraciones locales de carga serían de otro modo inmanejablemente grandes en empalmes tradicionales tales
- 55

como empalmes de doble tubo o empalmes en inglete, en donde las partes se unen o se atornillan firmemente entre sí, debido a las diferencias inevitables anteriormente mencionadas de rigidez y por ello las deformaciones de las dos secciones de pala.

5 Así pues, el empalme de larguero de acuerdo con la invención es ventajoso al proporcionar un modo de acomodar las diferencias de rigidez y por lo tanto las diferencias resultantes en deformación, radio de curvatura, y desalineación angular entre las dos secciones de pala, y entre el puente de larguero y la sección de larguero de recepción.

10 Igualmente, el empalme de larguero de acuerdo con la invención es ventajoso al proporcionar un modo de acomodar ligeras desalineaciones o imprecisiones en el posicionamiento del puente de larguero con relación a la sección de recepción que se originan al inicio, por ejemplo debido a tolerancias de fabricación o de material, o durante el funcionamiento debido al asentamiento o desplazamiento de las partes estructurales del empalme de pala.

15 La sección de larguero de recepción puede definir una cavidad que se extiende longitudinalmente dentro de la cual se puede extender el puente de larguero. En un modo de realización, la cavidad se extiende a lo largo de toda la longitud de la sección de pala, mientras que la cavidad en otros modos de realización solo se extiende a través de una parte de la sección de pala.

El puente de larguero puede conectarse así a la sección de larguero de recepción con un tipo de empalme de "caja en caja", en donde el puente de larguero es recibido e insertado en una sección de larguero hueca, pero en donde el puente de larguero no obstante es libre hasta cierto punto de desplazarse longitudinalmente dentro de la sección de larguero.

20 El movimiento de giro de una de las secciones de pala con relación a la otra está limitado por el puente de larguero y la sección de larguero que tienen formas que encajan. Esto se puede realizar, por ejemplo, mediante un puente de larguero en forma de caja o no circular que se inserta en y es recibido por una sección de larguero de forma similar en sección transversal aunque ligeramente agrandada.

25 De acuerdo con un modo de realización de la invención, la sección de recepción forma un contacto con el puente de larguero a lo largo de una primera sección de contacto y forma una distancia al puente de larguero a lo largo de una segunda sección sin contacto. Así pues, se obtiene que el puente de larguero no está en contacto con la sección de larguero de recepción a lo largo de toda su longitud, lo que le permite que se deforme adicionalmente sin inducir fuerzas de contacto en la sección de recepción a lo largo de la sección sin contacto. La primera sección de contacto se puede situar cerca de o de tal modo que comprenda la parte terminal del puente de larguero de tal modo que soporte el puente de larguero en o cerca de su extremo. La segunda sección sin contacto se puede extender en toda la longitud o en parte de la longitud entre la primera sección de contacto y el empalme de pala. La primera sección de contacto se puede formar además más cerca del empalme de pala permitiendo así que la parte terminal del puente de larguero se deforme libremente en el otro lado de la sección de contacto.

35 La sección de recepción puede sostener y formar además un contacto con el puente de larguero a lo largo de varias secciones de contacto a intervalos a lo largo de la longitud del puente de larguero, aumentando así la rigidez del empalme de larguero. Además, múltiples secciones de contacto pueden aumentar la transferencia especialmente de las cargas de curvado a lo largo de la longitud del empalme, evitando aun así conectar rígidamente el puente de larguero con la sección de larguero.

40 De acuerdo con un modo de realización adicional de la invención, la sección de recepción sostiene el puente de larguero por medio de por lo menos un elemento de cojinete tal como, por ejemplo, un casquillo, un cojinete plano, deslizante, o por ejemplo un cojinete de fluido o de flexión. Los casquillos o cojinetes planos pueden ser ventajosos ya que son fáciles de prefabricar con un bajo coste y fáciles de insertar en la sección de larguero de recepción durante la fabricación de la pala o durante el montaje de las secciones de pala. Los casquillos o cojinetes de los tipos anteriormente mencionados pueden ser ventajosos además al proporcionar unos medios de conexión resistentes y duraderos para sostener el puente de larguero capaces de transferir y soportar las cargas del puente de larguero durante el curvado y deformación de la pala, cargas que pueden ser de una magnitud considerable. El puente de larguero puede comprender, por ejemplo, uno o más ejes insertados en uno o más casquillos tales que los ejes puedan moverse en su sentido longitudinal y tales que se proporcione un cierto acomodo en el empalme para aceptar cualquier desalineación angular entre el puente de larguero y el casquillo y evitar o reducir los riesgos de concentraciones de carga en el empalme.

50 En un modo de realización adicional el por lo menos un elemento de cojinete se dispone en la proximidad de un extremo del puente de larguero. Así pues se obtiene que se explota toda la longitud del puente de larguero para transferir las cargas de una de las secciones de pala por medio del puente de larguero a la otra sección de pala, por lo que se pueden transferir además el curvado y las cargas y momentos de torsión a la parte de la pala de recepción.

55 En un modo de realización adicional el por lo menos un elemento de cojinete se dispone en la proximidad del empalme de pala sosteniendo así el empalme de pala cuando entra en la sección de pala de recepción. Así pues, el movimiento de un extremo de la sección de pala con relación al otro se minimiza por lo menos en la región cerca del

puente de larguero y en el plano transversal a la longitud del puente de larguero. Además, el elemento de cojinete se puede utilizar para conectar las dos secciones de pala longitudinalmente en el empalme de pala, por ejemplo al comprender taladros o roscas para pernos o similares, o actuando como una superficie de conexión que se une a una parte correspondiente en la otra sección de pala.

5 Además, la sección de recepción puede sostener el puente de larguero mediante un número de elementos de cojinete dispuestos a intervalos hacia dentro en la sección de larguero de esa pala. Los elementos de cojinete se pueden situar a intervalos sustancialmente regulares, a intervalos más pequeños más cerca de la parte terminal del puente de larguero, o a intervalos más pequeños cerca del empalme de pala. Así pues, la transferencia de las cargas del puente de larguero por medio de los elementos de cojinete a la sección de recepción se puede diseñar a medida del diseño específico de pala disponible.

10 El elemento de cojinete puede comprender de acuerdo con la invención un material de revestimiento tal como, por ejemplo, un termoplástico como Ekonol, PTFE, o polietileno. Estos son ventajosos ya que son relativamente baratos y proporcionan superficies de contacto de baja fricción en el elemento de cojinete. Además, el material de revestimiento puede asumir desalineaciones angulares y movimientos relativos limitados por medio de pequeños movimientos de frotamiento o por medio de pequeñas holguras entre el material de revestimiento y el puente de larguero. El elemento de cojinete puede ser renovado además simplemente sustituyendo o cambiando el material de revestimiento. El material de revestimiento se puede disponer como una o más tiras de material de revestimiento situadas en surcos anulares en el cojinete.

15 De acuerdo con un modo de realización adicional de la invención, el elemento de cojinete puede comprender un material elástico tal como, por ejemplo, un elastómero, poliuretano, o goma natural. Así pues se puede obtener un elemento de cojinete capaz tanto de soportar el puente de larguero como de aceptar cualquier desalineación angular entre el puente de larguero y el elemento de cojinete en cierta medida mediante la torsión y cizalladura del material y en alguna medida mediante la deformación elástica y/o permanente por estrujado del material. En un modo de realización, el material del elemento de cojinete se deforma plásticamente a lo largo del tiempo de acuerdo con el movimiento y deformaciones del puente de larguero durante el funcionamiento de la turbina eólica, tal que el elemento de cojinete con el tiempo se deforma para ajustarse al puente de larguero, reduciendo así adicionalmente o incluso eliminando cualquier concentración de carga que surja de otro modo en la sección de contacto.

20 Además, la sección de recepción de una o ambas de las secciones de pala se puede preparar para alojar el elemento de cojinete y para una transferencia óptima de las fuerzas procedentes del elemento de larguero que está soportado en el cojinete a la sección de recepción. De este modo, la sección de recepción puede comprender en su extremo próximo al empalme de pala un bloque que actúa para reforzar la sección de recepción. El bloque puede ser prefabricado y puede comprender un apilamiento laminado de varias capas reforzadas con fibras orientadas transversalmente con respecto al sentido longitudinal de la sección de recepción y el larguero como es recibido aquí. Así pues, las fibras en las capas del bloque se orientan entonces (en sentidos transversal y opcionalmente perpendicular al eje longitudinal de la sección de recepción y el larguero) de modo que las cargas procedentes del cojinete se transfieren mejor a los extremos de las fibras y se transportan por las fibras en su sentido principal de transporte de carga. Además, los apilamientos de fibras actuarán como un núcleo muy rígido que puede asumir las elevadas cargas de compresión locales que el eje del empalme ejerce sobre el alojamiento del cojinete mientras que, al mismo tiempo, no se suma significativamente a la rigidez longitudinal de la sección de recepción en el extremo y del conjunto de larguero lo que afectaría adversamente de otro modo a la igualación de rigideces y al desgaste del cojinete.

25 El puente de larguero se puede fabricar de un material compuesto reforzado con fibras tal como, por ejemplo, un material reforzado con carbono, que puede proporcionar un larguero muy rígido y resistente a la vez que ligero. Además, los compuestos reforzados con carbono se pueden utilizar a menudo en las secciones de larguero de pala debido a sus propiedades materiales, en cuyo caso un larguero reforzado con carbono puede ser ventajoso para lograr igualar la rigidez de las secciones de pala, reduciendo así los movimientos del puente de larguero en los casquillos o secciones de conexión.

30 De acuerdo con un modo de realización adicional de la invención, el puente de larguero puede comprender por lo menos un eje con una sección transversal oval y/o elíptica. Así pues se obtiene un puente de larguero que ofrece una gran rigidez de curvado tanto en sentido de arrastre como en sentido de batimiento bajo las limitaciones dadas por el espacio de cavidad de pala disponible para colocar el puente de larguero. Además, un eje oval puede ser rápido y sencillo de fabricar, por ejemplo por devanado de filamento. Así pues, es posible controlar tanto la dimensión interna como externa con bajas tolerancias. Además, se pueden fabricar con este procedimiento ejes de sección transversal constante así como no constante con propiedades de alta rigidez y resistencia. En el caso del puente de larguero que comprende un eje con forma oval, la sección de recepción puede ser de forma oval correspondiente, encajándose así con el eje e impidiendo que el eje gire alrededor de su eje longitudinal en el empalme de larguero.

35 Además, el puente de larguero puede comprender una parte ahusada de área decreciente en sección trasversal hacia un extremo del puente de larguero. El uno o más ejes pueden ser ahusados en el sentido longitudinal hacia uno o ambos de los extremos, de tal modo que tenga un área en sección trasversal decreciente más cerca de uno o

de ambos extremos. Así pues, se aumenta la flexibilidad de larguero. Además, el ahusado puede facilitar la inserción de uno o más ejes en la (las) sección(es) de recepción. Adicional o alternativamente, el espesor del larguero puede disminuir hacia uno o ambos extremos del larguero, actuando así de modo similar para aumentar la flexibilidad del larguero.

5 Alternativa o adicionalmente, el puente de larguero puede comprender al menos dos ejes sustancialmente alineados. Al colocar los ejes lado con lado tanto en el sentido de batimiento como en el sentido de arrastre aumenta considerablemente la rigidez del puente de larguero y por lo tanto de la pala a lo largo de la zona de empalme del larguero por medios sencillos y se puede fabricar aun así de un modo sencillo y efectivo, por ejemplo por devanado como se explicó anteriormente para un eje en forma oval. Además, dos o más ejes co-alineados pueden dar como resultado una estructura de viga capaz de transportar las elevadas cargas de curvado en el sentido de batimiento mientras que al mismo tiempo permite palas más delgadas (una relación entre cuerda y espesor más alta), lo que puede ser deseable por razones aerodinámicas.

10 En el caso del puente de larguero que comprende dos o más ejes co-alineados, estos pueden ser recibidos en un casquillo que comprende aberturas correspondientes a los ejes y que se sitúa en una sección de larguero de recepción con forma de caja. Así pues, se puede evitar que el conjunto de eje gire con relación a la sección de larguero de recepción debido a las formas encajadas.

15 En un modo de realización adicional de la invención, la pala en secciones de acuerdo con lo anterior comprende un elemento de conexión dispuesto al menos parcialmente entre dos de los ejes y adaptado para asumir fuerzas de cizalla y/o compresión entre los ejes. El elemento de conexión se puede adherir o unir a los ejes o se puede incorporar de otro modo a los ejes. El elemento de conexión puede ser en forma de I en sección transversal con las tapas redondeadas para ajustar en los contornos externos de los ejes y con una banda entre medias para asumir las fuerzas de cizalla y compresión entre los ejes. De este modo, el elemento de conexión provoca que los dos o más ejes actúen como un único elemento estructural o viga. El elemento de conexión se puede fabricar a partir de un material elástico tal como, por ejemplo, un compuesto de fibra de vidrio o carbono, y puede fabricarse por ejemplo de cualquier longitud deseada mediante pultrusión de extrusión.

20 Además, el elemento de conexión situado entre dos ejes co-alineados puede actuar para garantizar una distancia sustancialmente uniforme entre los ejes bajo una deformación lateral bajo la cual los dos ejes se deforman con distintos radios de curvatura y diferente desplazamiento longitudinal de los dos extremos del eje. La diferente deformación y desalineación angular de los dos (o más) ejes puede ser absorbida fácilmente, no obstante, por la conexión del larguero por medio de uno o más elementos de cojinete de acuerdo con la invención. Asimismo, durante un curvado en el sentido de batimiento (en el caso de que los ejes estén alineados lado con lado a modo de cuerdas) los ejes se pueden curvar y deformar del modo más probable de modo ligeramente diferente (por ejemplo debido a ligeras variaciones en la rigidez de los ejes), lo que puede ser absorbido igualmente en el empalme de larguero de acuerdo con la invención.

25 En un modo de realización adicional de acuerdo con lo anterior, el elemento de conexión se sitúa longitudinalmente entre el empalme de pala y la parte terminal del puente de larguero. Así pues, se obtiene que el elemento de conexión se puede sostener en su sitio longitudinalmente entre el empalme de pala (opcionalmente un elemento de cojinete situado cerca del empalme de pala) y el elemento de cojinete cerca de la parte terminal del puente de larguero, asumiendo así fuerzas de compresión en el sentido longitudinal del puente de larguero y actuando para limitar o restringir el movimiento longitudinal de los ejes en la pala.

30 De acuerdo con todavía otro modo de realización adicional, la pala en secciones de acuerdo con cualquiera de lo anterior comprende una espita o elemento de pasador que se extiende a través del empalme de pala y dispuesto para restringir movimientos en un plano transversal al sentido longitudinal de la pala, y del borde de salida de la primera sección de pala con relación al borde de salida de la segunda sección de pala. Incluso aunque las secciones de pala estén conectadas estructuralmente mediante el puente de larguero y conectadas longitudinalmente mediante medios de fijación, partes de las superficies terminales de las secciones de pala en el empalme de pala se pueden mover relativamente entre sí bajo las complejas cargas y curvados de la pala durante el funcionamiento. Colocando una espita se obtiene que los bordes de salida de las dos secciones de pala se pueden mantener unidos y que la transición de una sección de pala a la otra a lo largo del empalme de pala no se fractura y presenta discontinuidades mínimas. Además, la espita o elemento de pasador actúa para mantener el ángulo del borde de salida a lo largo del empalme de pala. La espita se puede disponer cerca del borde de salida o alternativa o adicionalmente cerca del borde de ataque de uno de los extremos de una sección de pala para ser recibida por una abertura correspondiente en el otro extremo de la sección de pala. La espita no necesita ser de un tamaño tal que transporte ninguna carga significativa, sino que puede actuar simplemente para garantizar la posición de los bordes de salida y/o ataque a lo largo del empalme de pala. La espita puede comprender, por ejemplo, un pasador o un casquillo elástico tal como un casquillo de goma, y se puede disponer para deslizarse libremente longitudinalmente.

35 El puente de larguero puede formar una parte integral de la primera sección de larguero, o puede formar un elemento separado en donde cada una de las secciones de larguero primera y segunda están adaptadas para recibir el puente de larguero de modo que sostenga el puente de larguero.

- 5 El puente de larguero puede formar parte integral, en un modo de realización, de la primera sección de larguero, y la segunda sección de larguero puede estar adaptada para recibir el puente de larguero a lo largo de una longitud del empalme de larguero de modo que sostenga el puente de larguero en la segunda sección de larguero en el empalme de larguero y puede no ser así un elemento separado. Además, el puente de larguero puede comprender una extensión que sobresale de una de las secciones de larguero y puede formar así una sección de larguero extendida. Esto se puede obtener uniendo el puente de larguero que sobresale de una de las secciones de pala con la sección de larguero en la otra sección de pala, lo que da como resultado un modo sencillo y efectivo de conectar firmemente el puente de larguero con una de las secciones de pala, por ejemplo durante la fabricación de la sección de pala.
- 10 En un modo de realización adicional, el puente de larguero puede formar un elemento separado, y cada una de las secciones de larguero primera y segunda se puede adaptar para recibir el puente de larguero de modo que sostenga el puente de larguero en las secciones de larguero primera y segunda en empalmes de larguero. Así pues, la longitud de la segunda sección de pala se reduce en comparación con el caso en el que el puente de larguero se extienda o sobresalga de la misma.
- 15 Aquí, la secciones de larguero de las secciones de pala primera y segunda pueden comprender ambas adicionalmente secciones de recepción que se extienden desde el empalme de pala y hacia dentro en cada una de las secciones de larguero, sosteniendo ambas de las secciones de recepción el puente de larguero de tal modo que se permita el movimiento en el sentido longitudinal de cada una de las partes terminales del puente de larguero con relación a la sección de recepción correspondiente. De este modo, se reduce cualquier concentración local de carga en las secciones de conexión de cualquier sección de recepción. El puente de larguero puede estar fijado, por ejemplo atornillado, en el empalme de pala, o puede estar soportado sencillamente tan solo en ambas secciones de pala y encerrado en las dos secciones de recepción.
- 20
- 25 Al menos una parte de la sección de larguero de recepción puede formar parte de una superficie externa aerodinámicamente de la pala. Así pues, por lo menos una de las secciones de larguero puede no estar completamente encapsulada dentro de las partes de envolvente de la pala de la turbina. Así pues, el larguero se puede transportar más fácilmente de un emplazamiento de fabricación a un emplazamiento de montaje en comparación con envolventes de pala grandes o palas completas. El emplazamiento de montaje se puede situar cerca del lugar en donde se va a utilizar la pala de la turbina. Además, se puede utilizar menos material en el diseño de la pala permitiendo que una sección del larguero forme parte de una superficie externa aerodinámicamente de la pala.
- 30
- Como puede ser una ventaja si las partes de pala primera y segunda se pueden separar de nuevo una vez unidas, el empalme de larguero puede facilitar el desmontaje y la separación no destructiva de las secciones de pala entre sí. Esto puede ser una ventaja especialmente si una parte de la pala necesita reparación o tiene que ser sustituida, ya que solo la parte de pala que comprende la parte en cuestión necesita ser sustituida.
- 35
- 40 El empalme se puede realizar aproximadamente en la parte central de la pala asumiendo secciones de pala de aproximadamente la misma longitud. Sin embargo, las partes de pala pueden ser igualmente de diferente longitud. Por ejemplo, la primera sección de pala puede definir una parte principal de pala, mientras que la segunda sección de pala puede definir una parte de punta. En un modo de realización de la invención, la segunda sección de pala puede definir una punta de pala de los 1-8 m más externos, tal como 5 m de la pala, en donde el puente de larguero que conecta la punta de la pala con la parte principal de la pala puede ser, por ejemplo, de 2-10 m de longitud y sobresalir entre 1-5 m al interior de la parte principal de la pala. En un modo de realización, el puente de larguero puede ser de 3-4 m en total y sobresalir 1,5-2 m de la punta de la pala.
- 45
- En un modo de realización de la invención, la segunda sección de pala puede formar una aleta. Las aletas pueden conseguir diferentes formas tales como, por ejemplo, una punta curvada abruptamente en un ángulo de entre unos pocos grados a 90° con relación al sentido longitudinal de la pala, o tal como una punta gradualmente curvada. Así pues se obtiene que la pala se puede transportar en partes que pueden ser relativamente planas por ejemplo en comparación con una pala tradicional con aleta, facilitando así el transporte con las posibilidades de reducción de los costes asociados.
- 50
- La punta de la pala influye en el rendimiento de las palas de la turbina eólica así como en la emisión de ruido. Mediante el montaje separable de la aleta al resto de la pala se obtiene, por ejemplo, que la punta de la pala se puede cambiar en turbinas eólicas existentes para ajustar así el rendimiento de la turbina eólica o la emisión de ruido incorporando puntas que se extienden en diferentes ángulos con relación al sentido longitudinal de la pala o puntas de distinto tamaño y/o forma. Asimismo, como la punta de la pala es a menudo vulnerable a daños durante el transporte, manejo o funcionamiento, una punta de pala o aleta separable de acuerdo con lo anterior puede ser ventajosa además ya que facilita el cambio de una punta de pala dañada. Las ventajas de esto pueden ser facilitar el transporte y las posibilidades de reajustar o reparar la punta de la pala como se describió anteriormente.
- 55
- En un segundo aspecto, la invención proporciona un procedimiento de fabricación de una pala en secciones para una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de lo anterior, comprendiendo procedimiento las etapas de:

- proporcionar una primera sección de pala y una segunda sección de pala;
- disponer las secciones de pala de modo que se extiendan en sentidos opuestas desde un empalme; y
- conectar estructuralmente las secciones de pala mediante el uso de un puente de larguero.

5 Se debe entender que las características del primer aspecto anteriormente descrito de la invención pueden ser aplicables en relación con etapas del procedimiento del segundo aspecto de la invención.

La pala en secciones de acuerdo con lo anterior se puede fabricar para una parte grande de partes prefabricadas y listas para su uso.

10 La pala en secciones puede fabricarse en un modo de realización disponiendo en primer lugar el puente de larguero para que sobresalga de una de las secciones de pala, por ejemplo uniendo el puente de larguero a la sección de pala durante el estratificado y moldeo de la sección de pala. En el caso de un puente de larguero que comprende dos ejes co-alineados, el elemento de conexión se puede unir entonces a los ejes. El puente de larguero puede ser insertado a continuación en la sección de larguero de recepción de la otra parte de pala y en el elemento de cojinete unido o sostenido firmemente de otro modo en su sitio dentro de la sección de larguero. A continuación, las dos secciones de pala se pueden fijar entre sí principalmente en el sentido longitudinal de la pala de tal modo que se evite que las secciones de pala se separen debido a fuerzas centrífugas durante el funcionamiento. Esto se podía conseguir, por ejemplo, atornillando las secciones de pala entre sí en el empalme de pala o por medio de medios de tensionado tales como alambres o cables que se extienden a través del empalme de pala. Así pues, la pala en secciones se monta separadamente de cualquier acabado opcional tal como relleno de cualquier abertura de acceso a los pernos en la superficie de la pala, pintado, etc.

20 En un tercer aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende una pala en secciones de acuerdo con el primer aspecto de la invención. La pala en secciones se puede fabricar de acuerdo con el segundo aspecto de la invención. Se debe entender que los elementos de los aspectos primero y segundo descritos anteriormente se pueden aplicar igualmente al tercer aspecto de la invención.

Breve descripción de los dibujos

25 En lo que sigue se describirán diferentes modos de realización de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

La fig. 1 ilustra un modo de realización de una pala en secciones que comprende una primera y una segunda sección de pala,

las figs. 2-4 ilustran un ejemplo de un empalme entre dos secciones de pala de acuerdo con la invención,

30 la fig. 5 muestra la conexión de ejes del empalme de larguero en un elemento de cojinete en una vista en sección transversal,

las figs. 6A y 6B muestran un elemento de cojinete fabricado en dos mitades,

las figs. 7A y 7B muestran un modo de realización de un elemento de cojinete atornillado a la sección de larguero en una vista en perspectiva y en sección transversal, respectivamente,

35 la fig. 8 ilustra los ejes insertados en los elementos de cojinete y con el elemento de conexión en una vista en perspectiva y en sección transversal,

las figs. 9 y 10 ilustran un ejemplo de un empalme entre dos secciones de pala de acuerdo con la invención,

la fig. 11 muestra un bloque de puente o bloque de conexión,

las figs. 12 y 13 muestran el conjunto de puente de larguero de acuerdo con la invención en diferentes vistas,

40 las figs. 14 y 15 muestran el empalme de pala que comprende una espita en sección transversal y en vista en perspectiva, respectivamente,

las figs. 16 y 17 ilustran dos modos de empalmar las secciones de la pala longitudinalmente,

la fig. 18 ilustra un elemento de larguero ahusado,

las figs. 19A y 19B muestran dos áreas en sección transversal de larguero ahusado,

45 las figs. 20A y 20B ilustran un modo de realización de una conexión de empalme de larguero, y

las figs. 21-23 ilustran modos de realización de la sección de recepción y un larguero en una sección de pala.

Descripción detallada de los dibujos

El ámbito amplio de aplicación de la presente invención será aparente de la siguiente descripción detallada y ejemplos específicos. Sin embargo, se debe entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican modos de realización preferidos de la invención, se ofrecen tan solo a modo de ilustración, ya que diversos cambios y modificaciones dentro del ámbito de la invención serán aparentes para los expertos en la técnica a partir de esta descripción detallada.

La figura 1 muestra una pala en secciones 100 para una turbina eólica de acuerdo con un modo de realización de la invención. La pala 100 comprende por lo menos una primera sección de pala 101 y una segunda sección de pala 102 que se extienden en sentidos opuestas a partir de un empalme de pala 103. La primera sección de pala 101 y la segunda sección de pala 102 se conectan estructuralmente por medio de por lo menos un puente de larguero 104 que se extiende en ambas secciones de pala 101, 102 para facilitar el empalme de dichas secciones de pala 101, 102.

La flecha 106 ilustra que la pala en secciones 100 en el modo de realización ilustrado comprende dos secciones de pala 101, 102, y que estas secciones de pala 101, 102 se empalman insertando el puente de larguero 104 en la primera sección de pala 101.

El puente de larguero 104 ilustrado es una viga longitudinal o elemento de eje. Forma parte de la resistencia longitudinal de la pala 100 de la turbina eólica, formando así parte del refuerzo de la pala 100. Además, el puente de larguero 101 al extenderse en ambas secciones de pala actúa para transportar y transferir cargas de curvado de la pala a lo largo del empalme de pala.

Las figuras 2-4 ilustran un ejemplo de un empalme entre dos secciones de pala 101, 102 de acuerdo con la invención. Aquí, la primera sección de pala 101 comprende la punta de la pala 100 de la turbina eólica que se conecta a la parte principal de la pala 102 por medio del puente de larguero 104 que en este modo de realización comprende dos ejes 201 co-alineados sustancialmente redondeados para transportar las cargas y momentos de curvado en el sentido de batimiento y en el sentido de arrastre a lo largo del empalme de pala 103. Los ejes 201 pueden ser ejes de carbono de doble filamento devanado que en este modo de realización actúan como vigas en voladizo independientes. Los ejes están soportados en ambos de sus extremos ajustándose en elementos de cojinete 202 tales como cojinetes planos o casquillos en las secciones de larguero de recepción 205 de las secciones de pala. Así pues, los ejes están soportados de tal modo que el movimiento de la parte terminal 203 del puente de larguero 104 con relación a la sección de larguero de recepción 205 es posible en el sentido longitudinal de la pala. Dicho de otro modo, los elementos de cojinete permiten pequeños movimientos entre las partes de la pala. Así pues, las concentraciones de carga que surgirían inevitablemente de otro modo en las zonas de contacto si el puente de larguero estuviera firmemente unido a la sección de larguero de recepción se reducen considerablemente, si no se evitan completamente. Los elementos de cojinete 202 se pueden unir o conectar integralmente a las secciones de larguero de recepción 205 lo que se puede ver más claramente en la figura 4.

En los modos de realización mostrados, la sección de larguero de recepción 205 de la parte principal de la pala 102 tiene forma de caja y el elemento de cojinete 202 comprende un bloque de cojinete o casquillo con la correspondiente forma de caja con una abertura para cada eje 201. De este modo, el puente de larguero 104 y la sección de larguero 205 tienen formas que encajan, lo que evita que la punta de la pala gire con relación a la parte principal de la pala.

Los elementos de cojinete pueden comprender, por ejemplo, cojinetes planos sin lubricación recubiertos opcionalmente con un material de revestimiento termoplástico tal como Ekonol o PTFE. Se pueden utilizar otros tipos de elementos de cojinete como casquillos de material elástico tales como un elastómero ventajoso para asumir y adaptarse a cualquier desalineación angular entre el casquillo y los ejes que surja durante la carga y curvado o que surja debido a desalineaciones incorporadas inicialmente debidas al material y las tolerancias de fabricación.

En el modo de realización mostrado en la figura 2, la disposición del empalme de pala es sustancialmente simétrica. El puente de larguero forma un elemento separado que se inserta en secciones de larguero de recepción 205 en ambas secciones de pala. El puente de larguero puede unirse alternativamente a la primera sección de pala 101 como se ilustra en las figuras 3 y 4. Aquí, el puente de larguero se extiende casi totalmente hasta la punta de la pala y actúa para formar la sección de larguero de la punta de la pala 101.

Los dos ejes están soportados además en el empalme de la pala 103 por un elemento de cojinete 202, 207 adicional o casquillo en cada sección de pala 101, 102. Estos casquillos 207 están igualmente unidos firmemente a las secciones de pala, por ejemplo mediante adhesivos o uniéndose a las envolventes de la pala durante la fabricación de la misma.

Las dos secciones de pala se conectan longitudinalmente para evitar que la punta de la pala salga volando debido a fuerzas centrífugas durante el funcionamiento o a fuerzas gravitatorias mediante medios de fijación dispuestos a lo largo del empalme de pala 103. Estos no se muestran en las figuras aunque la fijación se puede conseguir atornillando los casquillos 207 entre sí en el empalme de pala 103 o uniendo adhesivamente los casquillos 207 y/o partes o la totalidad de placas terminales 208 de las secciones de pala entre sí. Alternativa o adicionalmente la punta

puede quedar retenida por medios de tensionado tales como cables.

En la figura 5 se muestra la vista en sección transversal A-A de la pala a través de un elemento de cojinete 202 y como se indica en la figura 2. La figura muestra las envolventes superior e inferior 501, 502 de la pala que están reforzadas por la sección de larguero 205 en forma de caja. La sección de larguero se puede fabricar de materiales reforzados con fibras tales como un compuesto reforzado con carbono. El puente de larguero que en este modo de realización comprende dos ejes circulares 201 se inserta y se ajusta en el elemento de cojinete 202 que a su vez se coloca y se une firmemente al interior de la sección de larguero 205.

El elemento de cojinete 202 puede ser una pieza única o puede estar en más partes como se muestra esquemáticamente en las figuras 6A y 6B, donde el elemento de cojinete se fabrica y se monta a partir de dos mitades 601. Si se fabrica en dos o más partes, el elemento de cojinete puede ser más fácil de mantener y el elemento de cojinete de múltiples partes atornilladas entre sí puede ser capaz además de asumir mayores cargas. El elemento de cojinete se puede fabricar de compuestos de fibra de carbono para igualar la rigidez de los ejes. Además, el elemento de cojinete comprende un material de revestimiento 302, por ejemplo de un compuesto de PTFE o Ekonol. Las mitades del cojinete 601 se pueden montar por medio de pernos 603 y conectarse al mismo tiempo a la sección de larguero 205 como se ilustra en las figuras 7A y 7B. Como se puede observar en la vista en sección transversal de la figura 7B, los pernos 603 se pueden apretar a través de aberturas 701 en las envolventes de pala 501, 502. Tras el montaje las aberturas se pueden rellenar para restablecer una superficie externa lisa de la pala 100.

El elemento de cojinete se puede montar y conectar a la sección de larguero antes de insertar los ejes 201 o tras haber insertado el puente de larguero en la sección de larguero de recepción. En este último caso, la sección de larguero y el elemento de cojinete 207 junto al empalme de pala 103 se pueden apretar o estrujar adicionalmente alrededor de los ejes para obtener una sujeción más firme reduciendo cualquier movimiento relativo de las secciones de pala en el empalme de pala. El elemento de cojinete 207 se puede apretar alrededor de los ejes 201 hasta un punto tal que las dos secciones de pala queden así longitudinalmente unidas entre sí. Las partes terminales de los ejes soportadas por el elemento de cojinete 202 son libres no obstante de moverse longitudinalmente con relación a la sección de larguero de recepción.

La figura 8 muestra los dos ejes 201 co-alineados insertados en el elemento de cojinete 207 cerca del empalme de pala y el elemento de cojinete 202 cerca de las partes terminales de los ejes. Las secciones de pala y las envolventes de pala no se muestran por claridad. Una vista en sección transversal se inserta en la figura 8 mostrando los dos ejes 201 y un elemento de conexión 801 situado entre los ejes. El elemento de conexión 801 asume principalmente fuerzas de cizalla y compresión entre los ejes durante la carga, haciendo que el conjunto de los dos ejes actúe como un único elemento estructural. El elemento de conexión aumenta la capacidad en el sentido de arrastre del puente de larguero y da como resultado un desgaste reducido del cojinete debido a cargas en el sentido de arrastre.

El elemento de conexión se puede unir a los ejes o se puede colocar suelto entre los ejes.

En las figuras 9 y 10 se muestra un modo de realización de una conexión de pala en secciones de acuerdo con la invención en vistas en perspectiva, antes y después de la inserción del puente de larguero en la sección de larguero de recepción, respectivamente. Solo el puente de larguero 104 sobresaliente y el bloque de puente o casquillo 901 de la primera sección de pala 101 se muestran por claridad en la figura 10. En este modo de realización de la invención, el puente de larguero comprende dos ejes 201 sustancialmente circulares y co-alineados, situados lado con lado en el sentido de la cuerda de la pala. Los ejes 201 están unidos aquí a la primera sección de pala 101 (no mostrada).

La segunda sección de pala 102, que aquí es la parte principal de la pala, se prefabrica para comprender un elemento de cojinete 202 unido en su sitio dentro de la sección de larguero de recepción 205 en forma de caja que forma parte del refuerzo estructural de la sección de pala. Además, un bloque de conexión 902 (en una o más partes) se fija firmemente a las envolventes 501, 502 de la pala, formando una superficie terminal de la segunda sección de pala para fijar las secciones de pala entre sí. Para este uso el bloque de conexión comprende varios casquillos roscados 903. En el modo de realización mostrado, el bloque de conexión tiene parcialmente una forma en sección transversal de una aleta, pero en otros modos de realización puede tener forma de caja, opcionalmente de una forma que corresponde al bloque de puente 901 al cual se va a conectar.

Durante el montaje de las dos secciones de pala 101, 102, los ejes se insertan o se guían en primer lugar a través del bloque de puente 901 que puede estar fijado a la primera sección de pala estando atornillado en la envolvente de pala (no mostrada). Alternativa o adicionalmente, el bloque de puente se puede unir y curar a las envolventes de pala. A continuación, el elemento de conexión 801 se une o se fija de otro modo a los ejes. El conjunto de puente de larguero 104 de los ejes 201, el bloque de puente 901, y el elemento de conexión 801 se pueden ver en mayor detalle en las figuras 12 y 13 en dos vistas en perspectiva diferentes.

Los ejes se pueden empujar a continuación al interior de la sección de larguero de recepción 205 y al interior del elemento de cojinete 202 que soporta las partes terminales de los ejes a la vez que permite pequeños movimientos

entre las partes de pala ya que cualquier movimiento de las partes terminales de los ejes con relación a la sección de larguero de recepción es posible en el sentido longitudinal de la pala.

A continuación, el bloque de puente 901 se puede atornillar al bloque de conexión 902 evitando así que la sección externa de la pala caiga o salga volando durante el funcionamiento. Además, el movimiento en el sentido longitudinal de los ejes 201 dentro de la sección de larguero de recepción se reduce al asumir el elemento de conexión 801 cargas de compresión cuando se comprime contra el bloque de puente 901 debido a las cargas centrífugas sobre la pala durante el giro.

Modos de realización de un bloque de puente 901 o de un bloque de conexión 902 se muestran en mayor detalle en las figuras 11 y 13. En la figura 11 se muestra esquemáticamente un bloque de puente 901 en un estado deformado (las deformaciones se exageran a efectos ilustrativos) bajo algunas cargas combinadas. El bloque de puente mostrado aquí se puede fabricar en una pieza.

Las figuras 14 y 15 muestran el empalme de pala 103 que comprende una espita 910 en una vista en sección transversal y en perspectiva, respectivamente. La espita 910 se puede disponer para sobresalir desde una de las secciones de pala (por ejemplo desde el bloque de conexión o de puente) y acoplarse con la segunda sección de pala para actuar como un posicionador de ángulo de cabeceo que contribuye a garantizar el ángulo de cabeceo y la posición del borde de salida 912 a lo largo del empalme de pala. La espita puede comprender un pasador 910 en un casquillo 911 de un material de goma. La espita se sitúa ventajosamente cerca del borde de salida 912. En un modo de realización una o más espitas se unen a las envolventes de pala superior y/o inferior. Una espita alternativa o adicional se puede disponer cerca del borde de ataque para restringir el movimiento del borde de ataque a lo largo del empalme de pala.

Las figuras 16 y 17 ilustran cómo se pueden fijar las dos secciones de pala 101 y 102 entre sí por medio de cables de tensión 160 colocados para restringir el movimiento de la primera sección de pala con relación a la segunda sección de pala en el sentido longitudinal de la pala. En la figura 16 los cables de tensión 160 se unen en uno de sus extremos a unos calzos terminales 161 empotrados en o unidos a la sección externa de la pala 101. Los cables se extienden a lo largo del empalme de pala 103 y discurren en la longitud de la pala (162) hasta dispositivos de tensión situados en o cerca de la raíz de la pala (no mostrada). Los cables se pueden tensar por medio de roscas de tensión y collares de tensión que se expanden sobre el cable en conexión con bloques unidos a la pala 164. Alternativa o adicionalmente, y como se muestra esquemáticamente en la figura 17, los cables de tensión 160 pueden discurrir parcial o totalmente dentro de los ejes 201 a los cuales se pueden unir opcionalmente los cables. Aquí, los cables de tensión discurren dentro de la sección de larguero de recepción 205 hasta dispositivos de tensión del cable situados cerca de la raíz.

Las figuras 18-20 ilustran un modo de realización de un empalme entre dos secciones de pala 101, 102 de acuerdo con la invención, donde el puente de larguero 101 comprende un eje de una forma externa esencialmente oval o elíptica. En la figura 18 solo se muestran por claridad el eje 104 y una sección de larguero de recepción 205 de una de las secciones de pala 101. El eje 104 puede comprender una sensación ahusada 180. Así pues el área en sección transversal del eje se reduce hacia un extremo del eje, aumentando así la flexibilidad de curvado del eje. Además, el espesor de pared del larguero 104 se puede estrechar y reducir hacia uno o ambos extremos del eje. En la figura 19A y B se muestra el área en sección transversal 190 del eje en dos posiciones como se muestra en la figura 18. Estas figuras ilustran además cómo el eje puede comprender diferentes formas externas e internas y cómo estas pueden variar a lo largo de la longitud del eje, ya que la forma externa 191 del eje mostrado es oval aunque cercana a una forma de caja, mientras que la forma interior 192 es elíptica en una posición cerca del empalme de pala 103 en donde el espesor de las paredes del eje es mayor para adaptarse a las mayores cargas cerca del empalme de pala.

La flecha 182 ilustra cómo se inserta y se recibe el eje en la sección de recepción del larguero de una sección de pala (no se muestran las envolventes de pala). Las figuras 20A y 20B ilustran las secciones de pala y el empalme de larguero antes y después del montaje de la pala, respectivamente (sin dibujar las envolventes superiores de la pala por claridad). El eje 104 está soportado ajustándose en elementos de cojinete 202 tales como cojinetes planos o casquillos situados en el interior de las secciones de larguero de recepción 205. Además, el eje está soportado en uno o más cojinetes centrales 202, 207 cerca del empalme de pala 103. De este modo el eje está soportado de tal manera que es posible el movimiento en el sentido longitudinal de la pala de la parte terminal 203 del puente de larguero 104 con relación a la sección de larguero de recepción 205. Dicho de otro modo, los elementos de cojinete permiten pequeños movimientos entre partes de la pala como se describió asimismo en relación a las figuras anteriores. Los elementos de cojinete 202 se pueden unir o conectar integralmente a las secciones de larguero de recepción 205.

Además, las figuras 20A y 20B ilustran cómo las dos secciones de pala 102, 101 se puede conectar mediante un cable de tensión 160 dispuesto en el interior del eje hueco 104. El cable de tensión 160 está conectado en este modo de realización en uno de sus extremos a un calzo (no mostrado) en relación con el elemento de cojinete 202 y por lo tanto con la sección de larguero de recepción 205. Durante el montaje de la pala, el elemento de larguero 104 se puede conectar o unir (¿empotrar?) primeramente en una de las secciones de pala 101 (en este caso en la parte de la punta de pala). El eje se inserta a continuación en la sección de larguero de recepción y las dos secciones de

pala se unen. Finalmente, las dos secciones de pala se fijan entre sí tensando el cable de tensión y opcionalmente mediante pernos de fijación en el empalme de pala.

5 Con el fin de transferir mejor las cargas del elemento de larguero 104 a la sección de larguero de recepción 205, el anterior puede comprender en un modo de realización un elemento de refuerzo externo o bloque 210 como se ilustra en las figuras 21-23. El bloque de refuerzo se dispone cerca del final de la sección de larguero de recepción junto al empalme de pala 103 y en la región que comprende el elemento de cojinete central 207 para soportar el larguero o eje cerca del empalme de pala. La figura 21 ilustra el larguero de una sección de pala que comprende la sección de larguero de recepción 205 y el bloque de refuerzo 210 cerca de su extremo y durante la fabricación donde el larguero de recepción se fabrica por devanado alrededor de un mandril 214. La parte terminal de la sección de larguero de recepción se muestra en mayor detalle en la figura 22. El bloque 210 puede comprender un apilamiento laminado 211 con varias capas reforzadas con fibras 212 orientadas transversalmente al sentido longitudinal de la sección de larguero de recepción y el larguero como se recibe aquí. De este modo, las fibras en las capas del bloque 210 se orientan así (en sentidos transversal y opcionalmente perpendicular al eje longitudinal de la sección de recepción y el larguero) de modo que las cargas del cojinete se transfieren mejor a los extremos de fibras y se transportan por las fibras en su sentido principal de transporte de carga. El bloque se puede prefabricar opcionalmente con varias secciones para situarse alrededor del larguero de recepción durante la fabricación. A continuación, una o más capas de fibras se pueden devanar alrededor del apilamiento laminado.

20 La figura 23 ilustra un modo de realización adicional de una de las secciones terminales de una sección de larguero de recepción junto al empalme de pala en una vista en sección transversal. La sección de recepción 205 comprende un bloque de refuerzo 210 como se describió anteriormente de un apilamiento de capas reforzadas con fibras 212. El sentido de apilamiento sigue esencialmente el sentido de la longitud del larguero de recepción. El espesor del bloque de refuerzo 210 aumenta gradualmente hacia el extremo del larguero formando así una zona de transición. Además, la sección de larguero de recepción en este modo de realización comprende varios surcos internos 230 en los cuales se puede situar un material de revestimiento formando así un elemento de cojinete para soportar el eje que se va insertar en la sección de larguero de recepción.

30 Aunque se han descrito modos de realización preferidos de la invención, se debe entender que la invención no está limitada así y se pueden realizar modificaciones sin alejarse de la invención. El ámbito de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas, y todos los dispositivos que entran dentro del sentido de las reivindicaciones, ya sea literalmente o por equivalencia, pretenden estar comprendidos en las mismas.

30

REIVINDICACIONES

1. Una pala en secciones (100) para una turbina eólica, comprendiendo la pala por lo menos una primera sección de pala (101) y una segunda sección de pala (102) que se extienden en sentidos opuestos desde un empalme de pala, (103),
 - 5 – en la que cada sección de pala comprende una sección de larguero que forma un elemento estructural de la pala y que se extiende en el sentido longitudinal de la pala,
 - estando conectadas la primera y la segunda secciones de pala (101, 102) mediante medios de fijación dispuestos para restringir el movimiento de la primera sección de pala con respecto a la segunda sección de pala (102) en el sentido longitudinal de la pala,
 - 10 – estando conectadas estructuralmente la primera sección de pala y la segunda sección de pala mediante un puente de larguero (104) que sobresale de una de las secciones de pala y que termina axialmente en una parte terminal que es recibida en la sección de larguero de la otra sección de pala,
 - teniendo el puente de larguero y la sección de larguero formas que encajan por medio de las cuales se evita el giro del puente de larguero en la sección de larguero, evitando así el giro de una de las secciones de pala con relación a la otra sección de pala,
 - 15 – comprendiendo la sección de larguero (205) de la otra sección de pala una sección de recepción que se extiende desde el empalme de pala y hacia adentro hacia la sección de larguero de esa pala,
 -

estando caracterizada la sección de pala por

 - 20 – la sección de recepción que sostiene el puente de larguero (104) de tal modo que se permite el movimiento en el sentido longitudinal de la parte terminal del puente de larguero con relación a la sección de recepción.
2. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la sección de recepción forma un contacto con el puente de larguero a lo largo de una primera sección de contacto y forma una distancia al puente de larguero a lo largo de una segunda sección sin contacto.
- 25 3. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la sección de recepción sostiene el puente de larguero por medio de por lo menos un elemento de cojinete.
4. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 3, en la que por lo menos un elemento de cojinete se dispone en la cercanía de un extremo del puente de larguero.
5. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-4, en la que por lo menos un elemento de cojinete se dispone en la cercanía del empalme de pala.
- 30 6. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en la que la sección de recepción sostiene el puente de larguero por medio de varios elementos de cojinete dispuestos a intervalos hacia dentro hacia la sección de larguero de esa pala.
7. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en la que dicho por lo menos un elemento de cojinete comprende un material de revestimiento tal como, por ejemplo, Ekonol, PTFE, o polietileno.
- 35 8. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en la que por lo menos un elemento de cojinete comprende un material elástico tal como, por ejemplo, un elastómero, poliuretano, o goma natural.
9. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el puente de larguero comprende por lo menos un eje de sección transversal en forma oval.
- 40 10. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el puente de larguero comprende en la porción ahusada de área en sección trasversal decreciente hacia un extremo del puente de larguero.
11. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el puente de larguero comprende por lo menos dos ejes sustancialmente alineados.
- 45 12. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además un elemento de conexión dispuesto al menos parcialmente entre dos de dichos ejes y adaptado para asumir fuerzas de cizalla y/o compresión entre los ejes.

13. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el elemento de conexión se sitúa a lo largo entre el empalme de pala y la parte terminal del puente de larguero.
- 5 14. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una espita que se extiende a través del empalme de pala y dispuesta para restringir movimientos en un plano transversal al sentido longitudinal de la pala, y del borde de salida de la primera sección de pala con relación al borde de salida de la segunda sección de pala.
15. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos medios de fijación comprenden pernos, remaches o similares dispuestos a lo largo del empalme de pala.
- 10 16. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos medios de fijación comprenden un elemento tensor dispuesto para proporcionar tensión en el sentido longitudinal de la pala entre la primera sección de pala y la segunda sección de pala para establecer una conexión pretensada entre las secciones de pala.
17. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el puente de larguero forma una parte integral de la primera sección de pala.
- 15 18. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en la que el puente de larguero forma un elemento separado, y cada una de las secciones de pala primera y segunda está adaptada para recibir el puente de larguero de modo que sostenga el puente de larguero.
- 20 19. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 18, en la que la secciones de larguero de las secciones de pala primera y segunda comprenden ambas secciones de recepción que se extienden desde el empalme de pala y hacia dentro hacia cada una de las secciones de larguero, sosteniendo ambas de las secciones de recepción el puente de larguero de modo que se permite el movimiento en el sentido longitudinal de cada una de las partes terminales del puente de larguero con respecto a la sección de recepción correspondiente.
20. Una pala en secciones de acuerdo con la reivindicación 18, en la que el puente de larguero que sobresale desde una de las secciones de pala se une a la sección de larguero en dicha una sección de pala.
- 25 21. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el empalme de pala facilitan el desmontaje mutuo de las secciones de pala.
22. Una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha segunda sección de pala forma una aleta.
- 30 23. Un procedimiento de fabricación de una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-22, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- proporcionar una primera sección de pala y una segunda sección de pala;
 - disponer las secciones de pala de modo que se extiendan en sentidos opuestas desde un empalme; y
 - conectar estructuralmente las secciones de pala mediante el uso de un puente de larguero.
- 35 24. Una turbina eólica que comprende una pala en secciones de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-22.

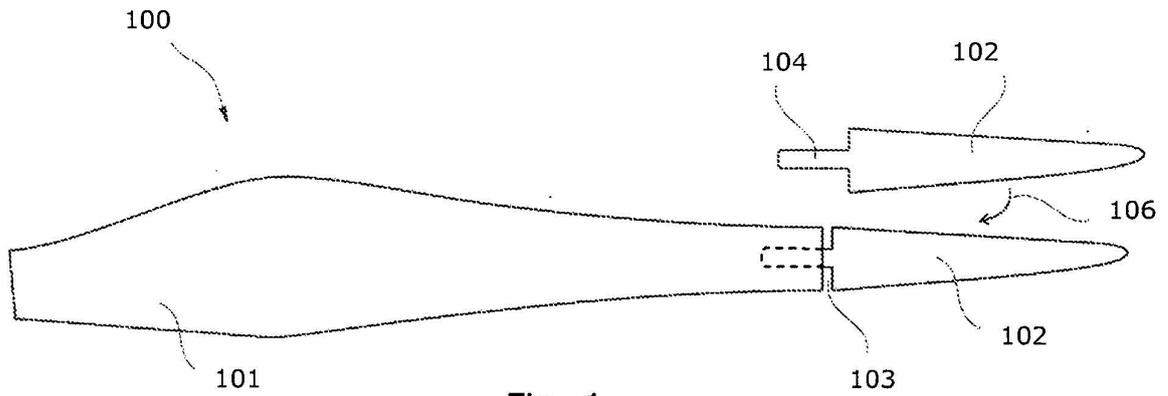


Fig. 1

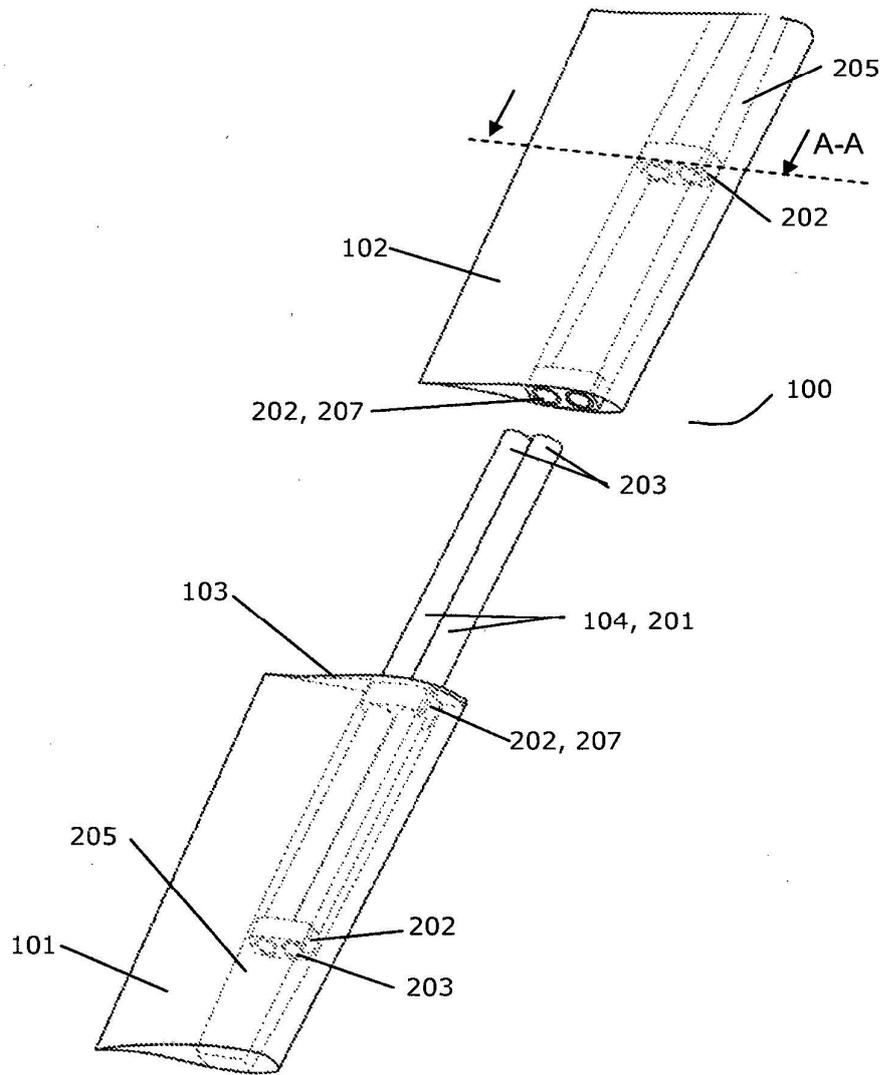
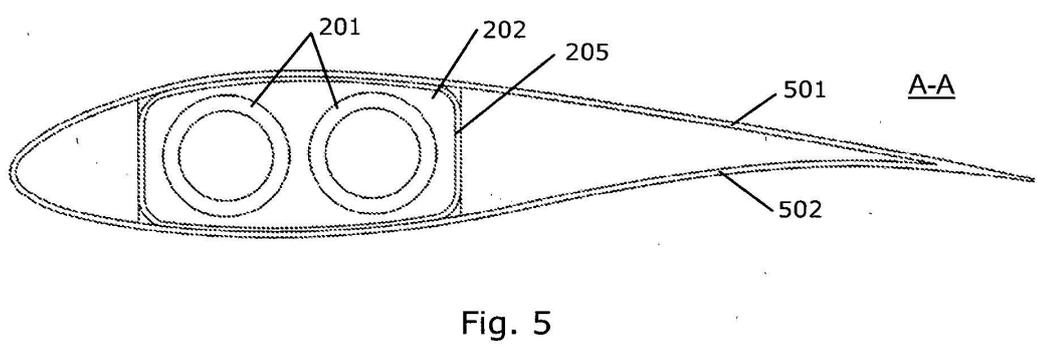
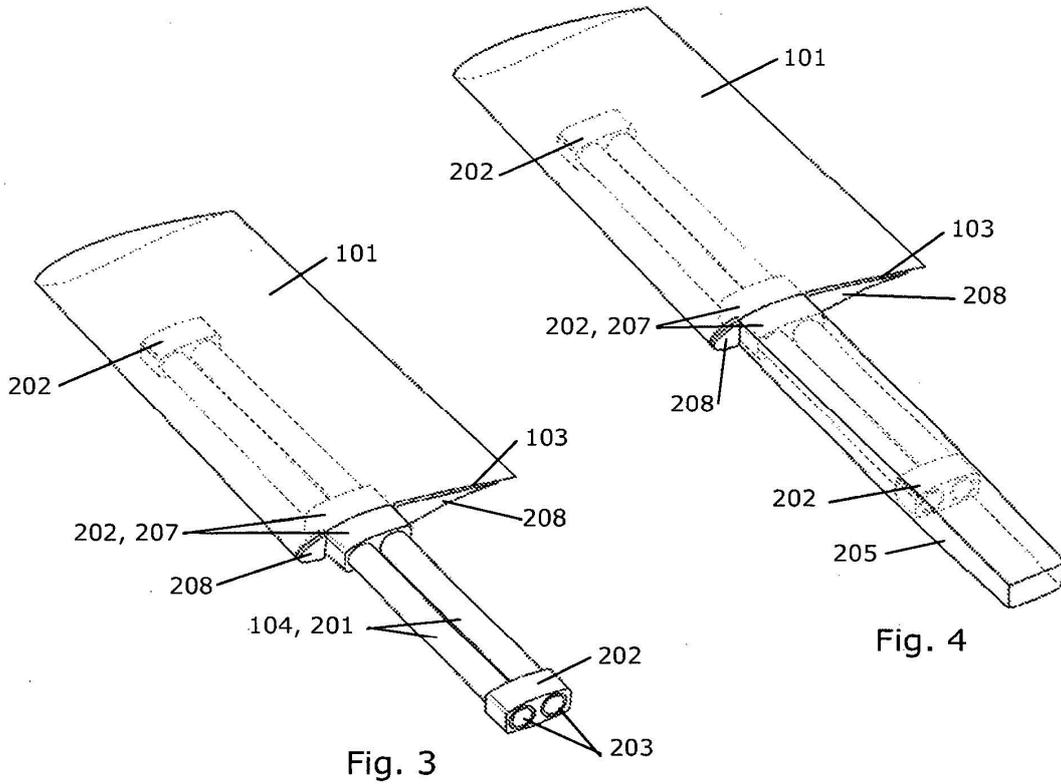


Fig. 2



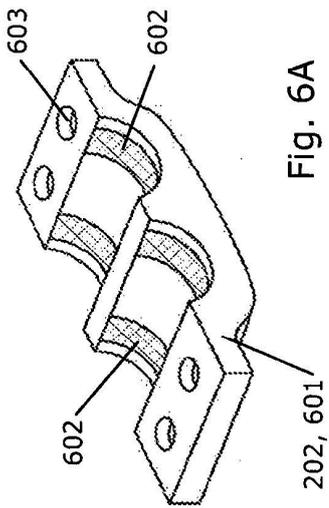


Fig. 6A

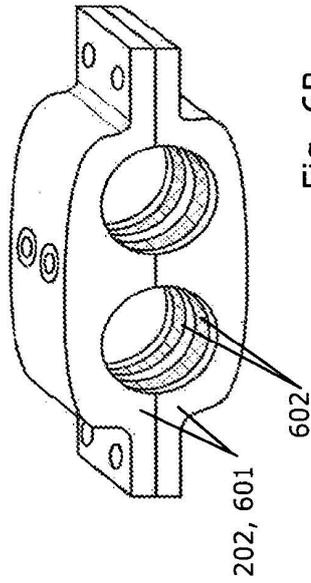


Fig. 6B

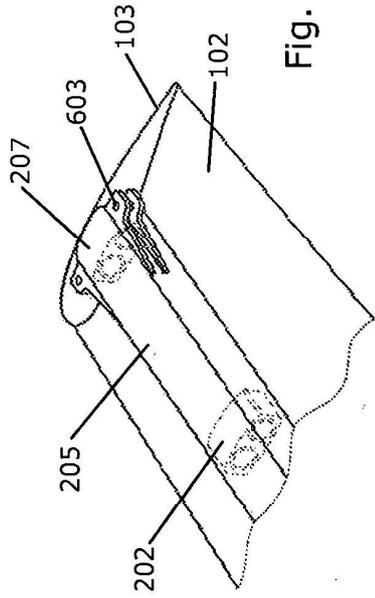


Fig. 7A

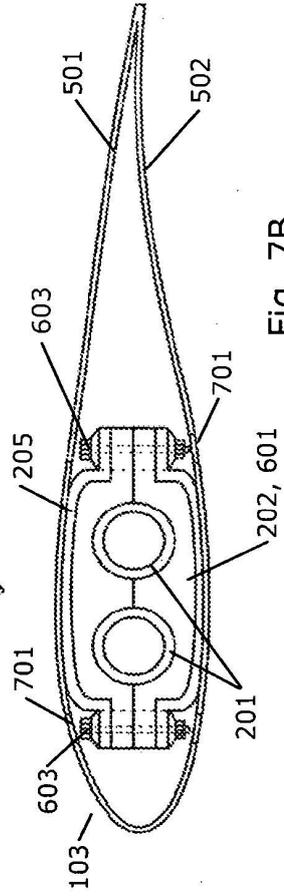


Fig. 7B

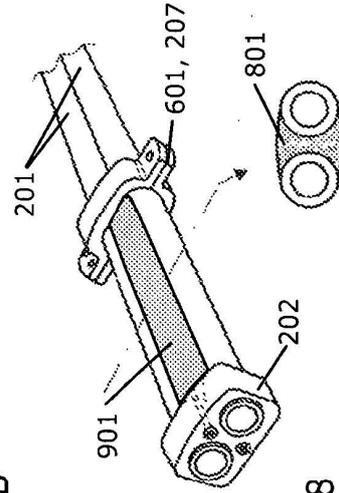


Fig. 8

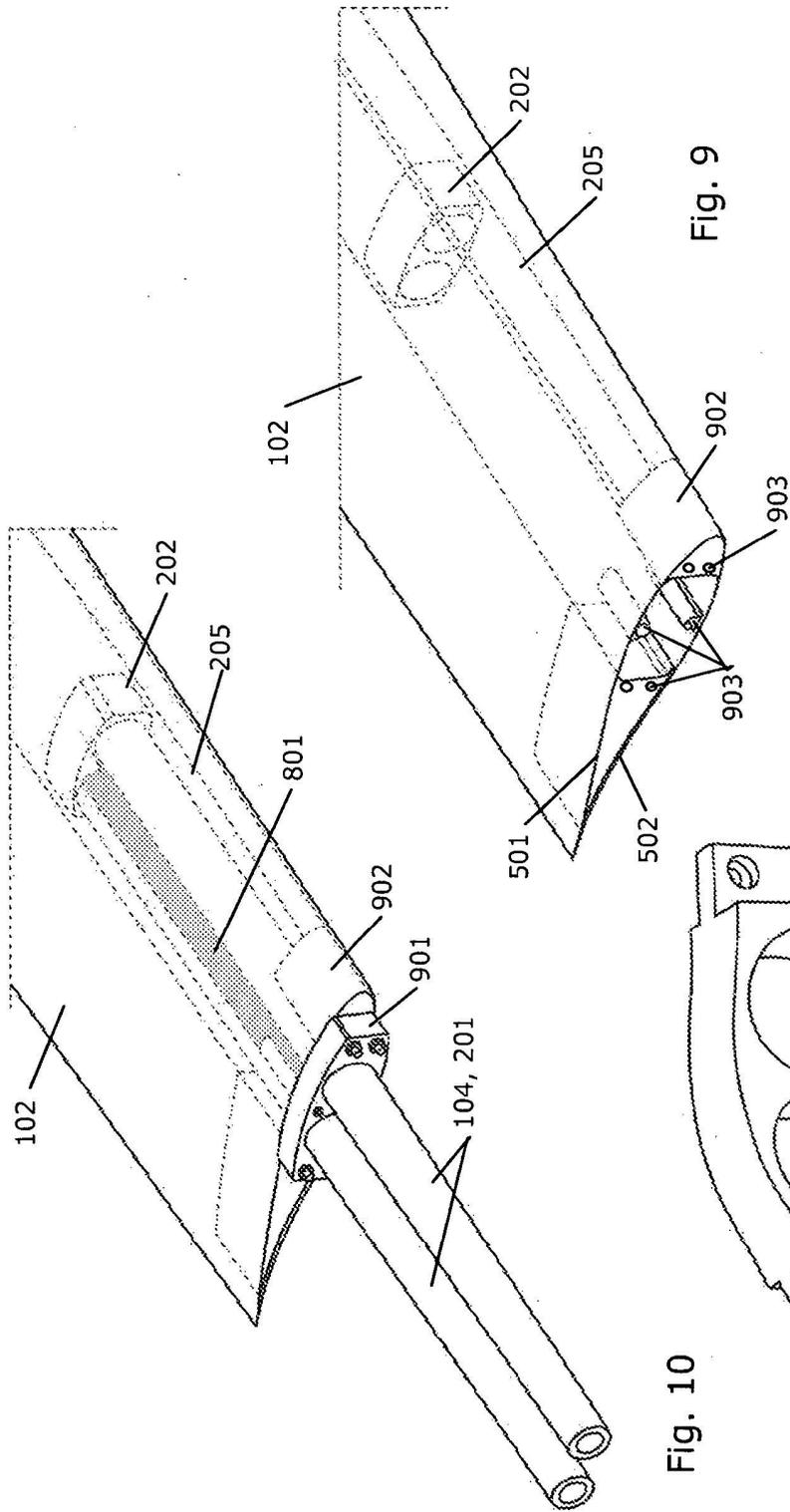


Fig. 9

Fig. 10

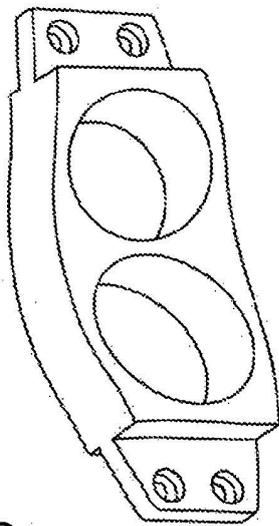


Fig. 11

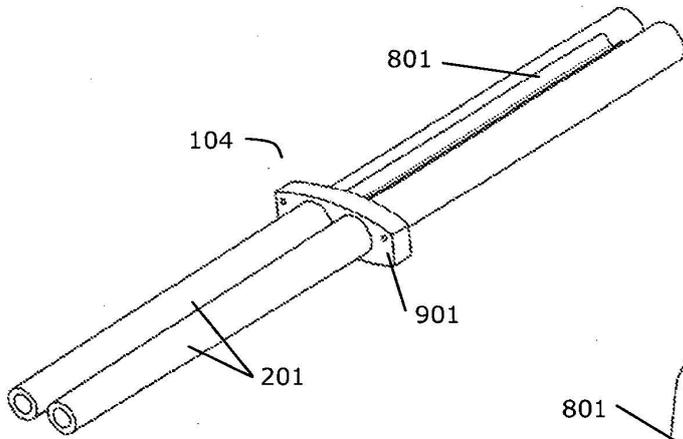


Fig. 12

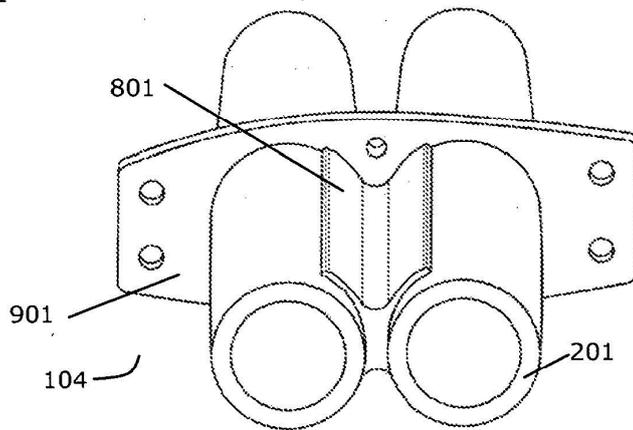


Fig. 13

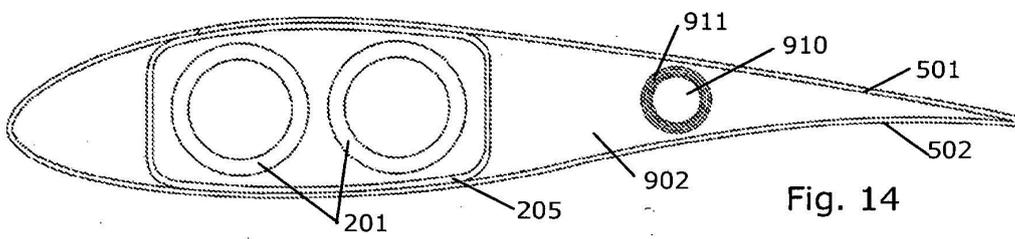


Fig. 14

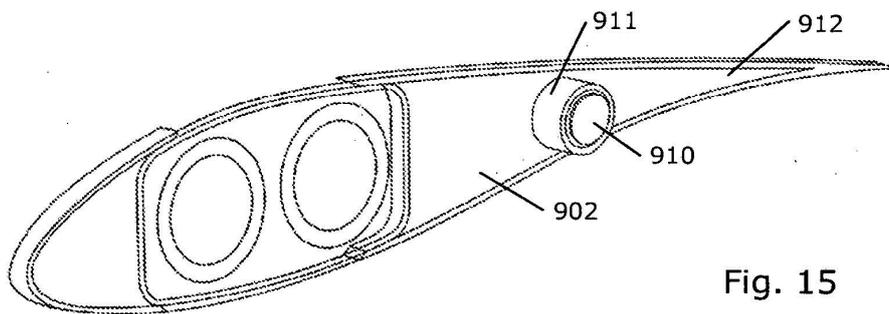


Fig. 15

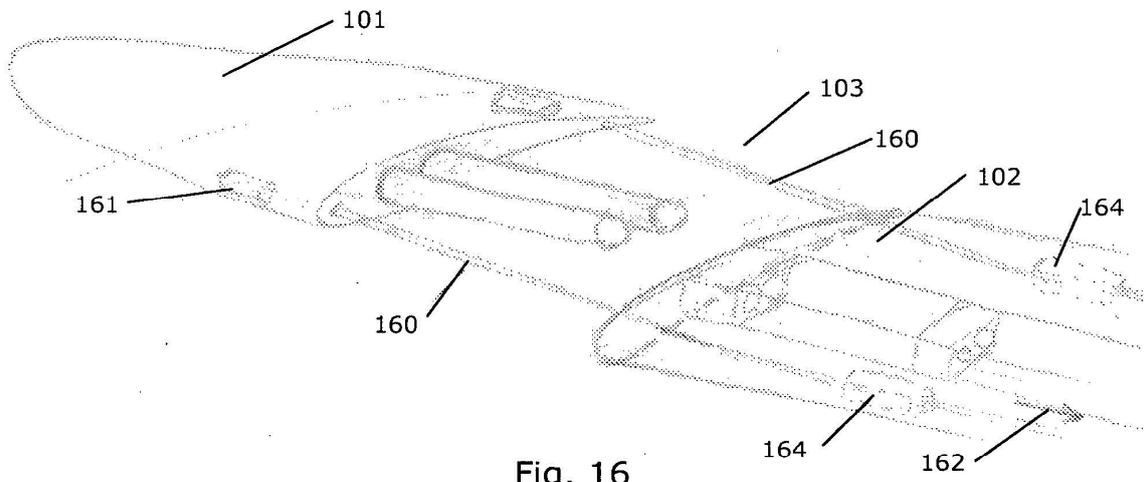


Fig. 16

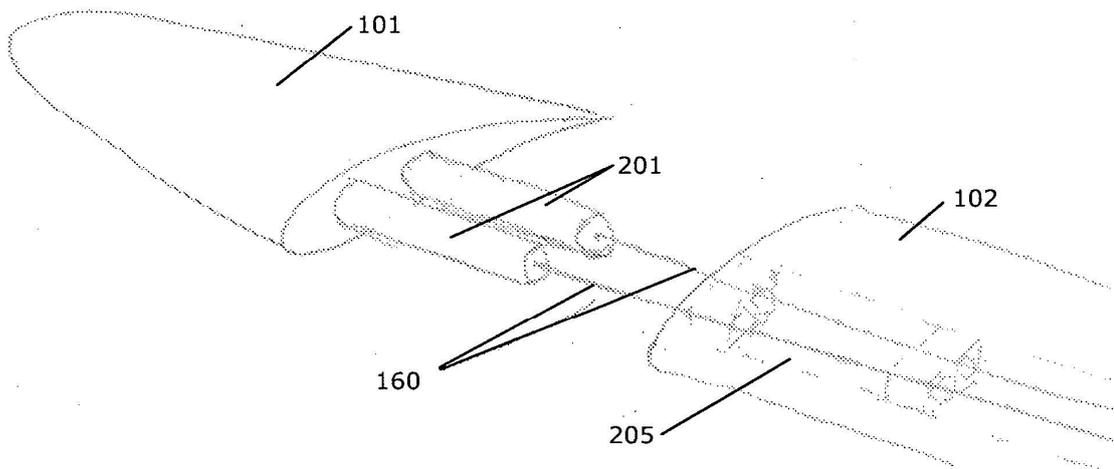


Fig. 17

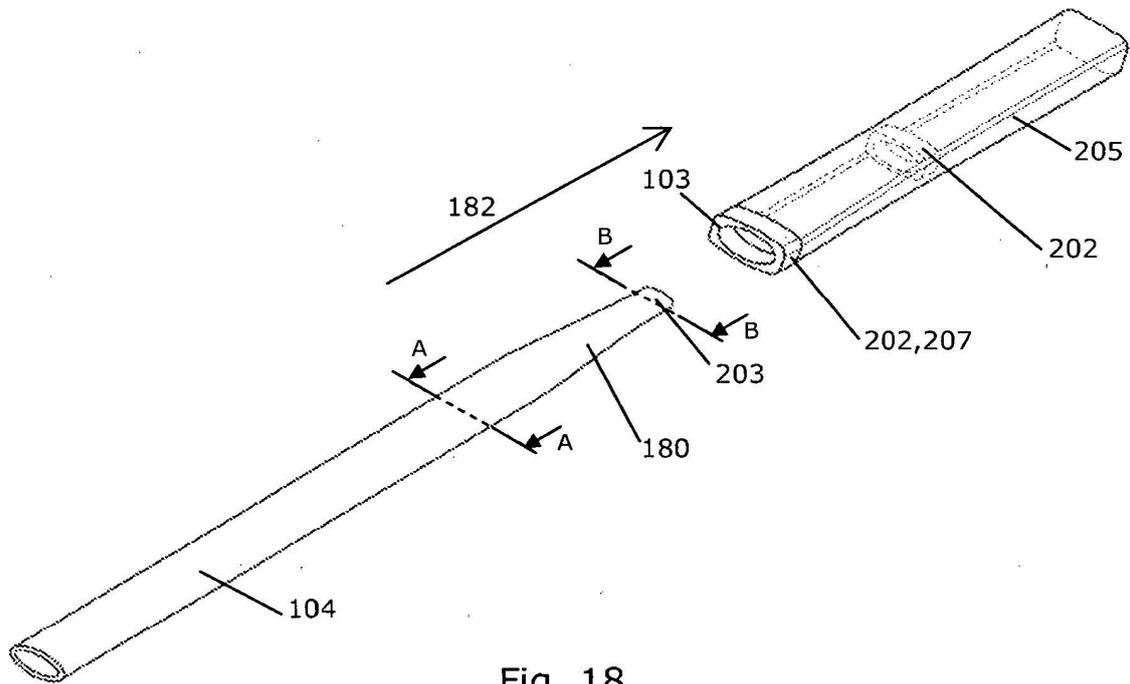


Fig. 18

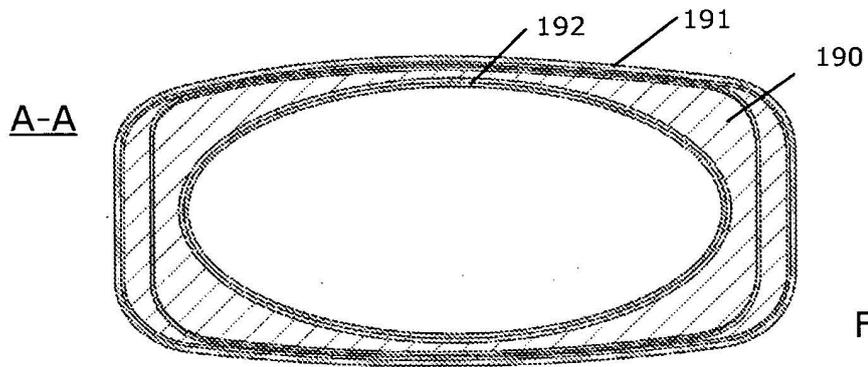


Fig. 19A

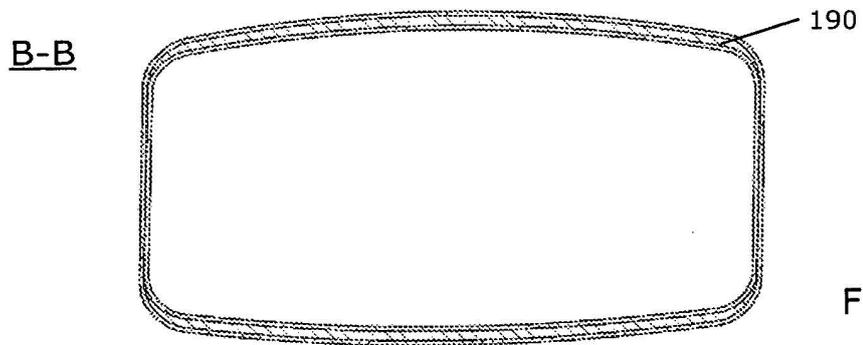


Fig. 19B

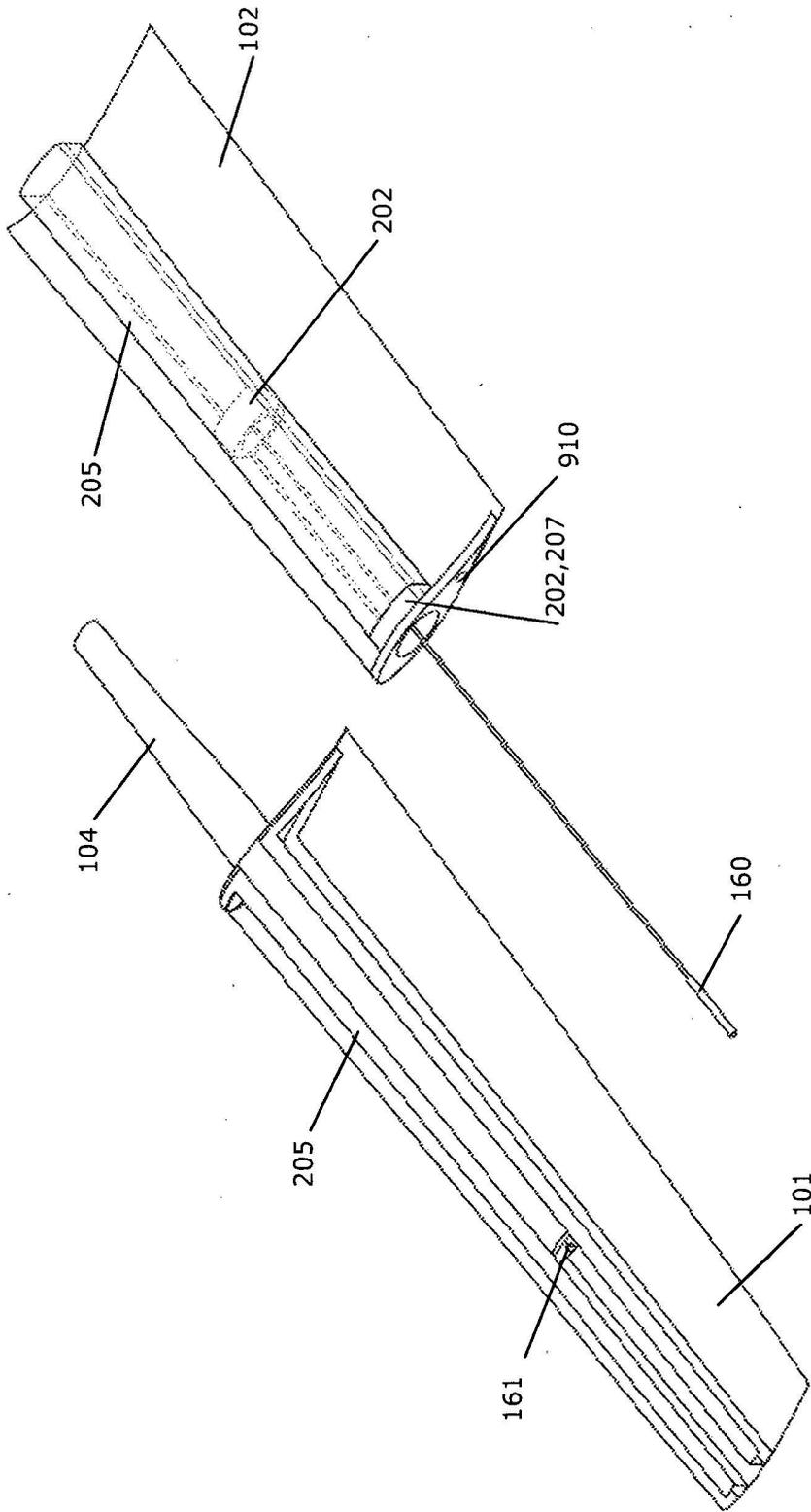


Fig. 20A

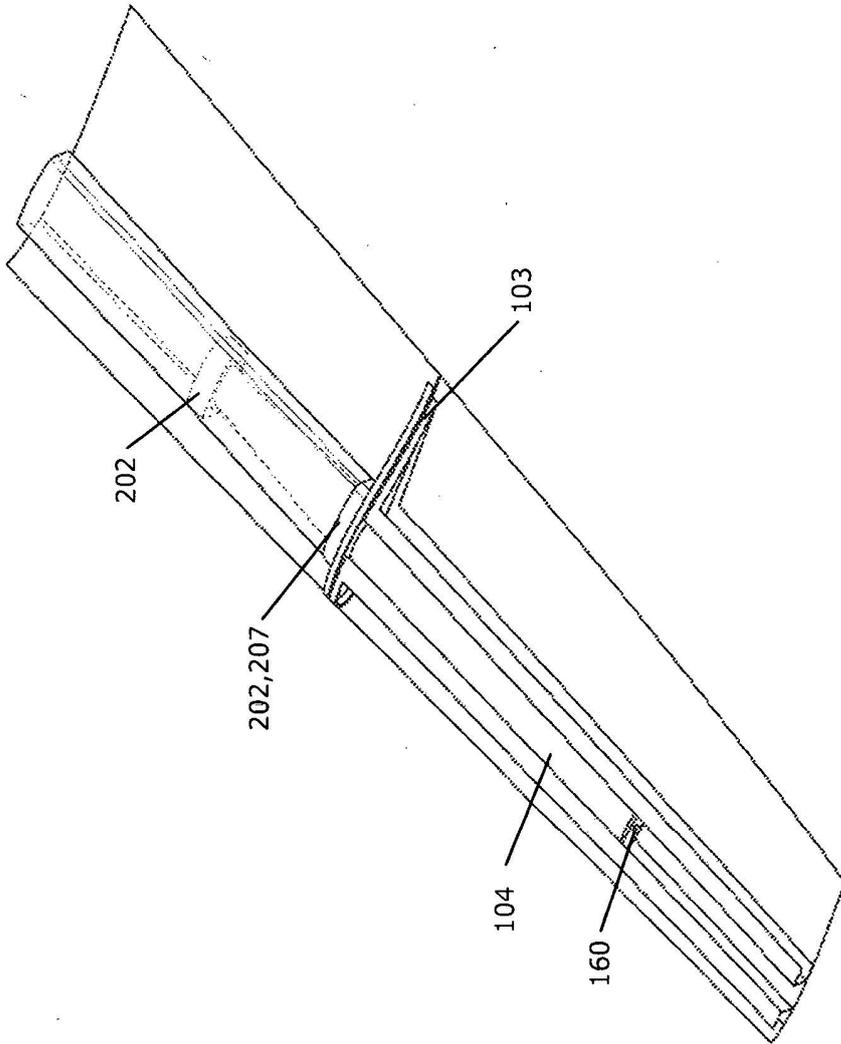


Fig. 20B

