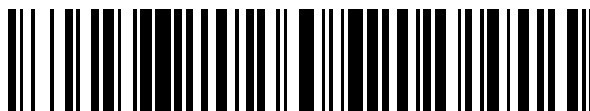


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 872**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/00** (2006.01)

**B66C 1/10** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 13/40** (2006.01)

**F03D 80/50** (2006.01)

**F03D 13/10** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2011 PCT/DK2011/050347**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2012 WO12034566**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2011 E 11761491 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2616671**

54 Título: **Estructuras de pala de turbina eólica, conjuntos de elevación y métodos de manejo de palas**

30 Prioridad:

**11.04.2011 US 201161473856 P**

**11.04.2011 US 201161473854 P**

**15.09.2010 DK 201070399**

**15.09.2010 DK 201070401**

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

**07.11.2017**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**BECH, ANTON;**

**HANCOCK, MARK y**

**THOMSEN, PETER, FRANS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 640 872 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**

Estructuras de pala de turbina eólica, conjuntos de elevación y métodos de manejo de palas

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a conjuntos de elevación para el manejo de palas de turbina eólica, para palas adaptadas para ser elevadas con dichos conjuntos, y a métodos de manejo de palas.

**10 Antecedentes de la invención**

Con la creciente aceptación de las turbinas eólicas como una fuente de energía comercialmente viable, y el continuo impulso por la reducción de los costes de la energía producida, el tamaño de las turbinas continúa incrementándose. En el momento de escribir el presente, todos los principales fabricantes de turbinas tienen turbinas en el intervalo de 2-3 MW, y la mayor parte están desarrollando modelos mayores en el intervalo de 3-7 MW. Dichos modelos tendrán típicamente palas del rotor que están en la zona de 50 a 70 m o incluso mayores, y pesando en la zona de 5-7 toneladas o mayores.

El manejo de estas grandes palas durante la fabricación, transporte al emplazamiento de la turbina, durante la instalación, reparación o sustitución se hace crecientemente problemático. Las técnicas de manejo convencionales implican el uso de eslingas que rodean las palas en la dirección de la cuerda, y se conectan a un gancho o argolla de elevación de grúa. El uso de dichas eslingas es potencialmente problemático porque estas eslingas no realizan una conexión fija directa a la pala, y son por lo tanto susceptibles de deslizamiento con relación a la pala dentro de la eslinga. Más aún, si no se disponen con cuidado, las eslingas pueden ejercer fuerzas potencialmente dañinas sobre partes de las palas, particularmente el borde de salida relativamente delicado. Si la pala está provista con estructuras dinámicamente operativas tales como alerones del borde de salida, estas son particularmente susceptibles a daños. Además, es el potencial de daños a la integridad estructural de la pala por lo que la estructura de la pala se diseña para adaptarse a las cargas durante el uso normal cuando está en su posición de operación montada sobre su extremo de raíz sobre el buje del rotor, y no se diseña teniendo consideración particular a las cargas durante la elevación cuando se restringen a o cerca de la zona central de la pala.

Se ha propuesto previamente en el documento del presente solicitante WO 2005/071261 proporcionar a la pala orificios de montaje que penetren en las conchas superior e inferior de la pala, con componentes de manejo similares a ménsulas dispuestos contra las superficies de la pala opuestas y conectados mediante tornillos que se extienden a través de los orificios de montaje. Dicha estructura disfruta de varios beneficios proporcionando de ese modo un punto de elevación fijo, y permitiendo que se proporcione un firme agarre sobre la pala.

En el documento WO 2004/070203 se propone el empleo de puntos de elevación sobre una pala en la forma de orificios pasantes que se extienden a través de la pala a los que se fijan medios de manejo.

La presente invención busca proporcionar, en un desarrollo de esta estructura, una estructura de pala y conjunto de elevación asociado que supere los inconvenientes explicados anteriormente, y sea capaz de proporcionar una elevación efectiva y segura en particular de palas muy grandes, y con buenas características de distribución de la carga.

**Sumario de la invención**

En un primer aspecto la invención proporciona una pala de turbina eólica que comprende: superficies de palas opuestas, una estructura de soporte de carga interna que comprende una viga o alma que se extiende entre las superficies de la pala, una pluralidad de puntos de elevación en al menos una de las superficies de la pala que comprenden aberturas de elevación a través de la superficie de la pala adyacente o dentro de la estructura de soporte de carga para la recepción de los elementos de elevación que pueden insertarse en ella, y en la que la viga o alma está adaptada para realizar una conexión de soporte de carga a los elementos de elevación insertados en dichas aberturas.

Los puntos de elevación pueden disponerse en general espaciados de modo equidistante alrededor del centro de gravedad, por ejemplo pueden proporcionarse cuatro de dichos puntos, o pueden espaciarse a lo largo de la pala por ejemplo en pares, o pueden proporcionarse puntos en la proximidad al centro de gravedad y también en la zona de la punta de la pala para proporcionar un soporte adicional en la punta.

En una realización preferida se proporcionan aberturas laterales en partes del alma de la estructura de soporte de carga para recibir elementos de bloqueo tales como pasadores de bloqueo o similares que pueden insertarse dentro de las aberturas laterales y dentro de los elementos de elevación insertados realizando la conexión de soporte de carga entre las partes del alma de soporte de carga y los elementos de elevación. Estas aberturas laterales se proporcionan preferentemente en o cerca del eje neutral de la pala. Las almas de soporte de carga pueden incorporarse en una estructura de larguero que tengan partes de cabeza de larguero opuestas interconectadas por

las partes del alma generalmente perpendiculares a ellas, que son partes de alma del larguero.

5 En una forma preferida las aberturas de elevación se definen en estructuras aseguradas a, o que forman parte de, la estructura de soporte de carga, tales como estructuras tubulares adyacentes a y sujetas a las vigas o almas del larguero. Las aberturas laterales se proporcionan en las estructuras que definen las aberturas de elevación que están alineadas con aberturas laterales en las vigas o almas, para recibir los elementos de bloqueo en ellas.

10 En un aspecto adicional la invención reside en un conjunto de elevación para una pala de turbina eólica tal como se ha descrito anteriormente que comprende medios de elevación para la inserción en las aberturas de elevación y dispositivos de bloqueo para el bloqueo de los elementos de elevación insertados en las vigas o almas de las estructuras de soporte de carga de la pala. Los elementos de elevación comprenden preferentemente pasadores de elevación alargados, y estos pueden estar libremente suspendidos desde un distribuidor que durante el uso se conecta a una argolla o gancho de elevación de grúa, en el que los dispositivos de bloqueo comprenden pasadores de bloqueo insertables a través de las aberturas laterales en las almas de la pala o almas del larguero en aberturas alineadas en los elementos de elevación. Alternativamente, puede proporcionarse una estructura en la que los elementos de elevación formen parte de un bastidor de elevación rígido. Dicha estructura permite la elevación de la pala en orientaciones con el borde hacia abajo o punta hacia abajo u otras intermedias.

20 En un aspecto adicional más la invención reside en un método de manejo de una pala de turbina eólica tal como se ha descrito anteriormente que comprende las etapas de: insertar los elementos de elevación de un conjunto de elevación en las aberturas de elevación respectivas; y conectar los elementos de elevación a las vigas o almas de la estructura de soporte de carga. Donde la pala incluye aberturas laterales dentro de las vigas o almas, el método incluye la etapa de insertar elementos de bloqueo dentro de las aberturas alineadas en los elementos de elevación y vigas o almas. Donde la pala tiene aberturas de elevación definidas en tubos de elevación asegurados a las almas de la pala, con aberturas de bloqueo lateral en las almas y tubos de elevación, el método implica la inserción de los elementos de elevación dentro de los tubos de elevación y la inserción de los elementos de bloqueo tales como pasadores de bloqueo dentro de aberturas alineadas en las almas, tubos elevación y los elementos de elevación insertados.

30 En una disposición alternativa preferida las aberturas de elevación se definen en estructuras que se extienden lateralmente desde las vigas o almas. Puede proporcionarse una estructura de bloqueo en la forma de superficies de bloqueo contra las que pueden acoplarse partes de los elementos de elevación. Las superficies de bloqueo pueden configurarse para permitir una conexión de bloqueo por presión y giro entre las estructuras extendidas lateralmente que definen las aberturas de elevación y una parte de bloqueo de un elemento de elevación insertado en ellas. En una forma las superficies de bloqueo comprenden una superficie de tope inferior contra la que puede hacer tope una parte lateralmente sobresaliente de un elemento de elevación, y una superficie separada de la misma que define entre ellas una ranura de retención dentro de la que puede acoplarse una parte lateralmente sobresaliente cuando se gira en una orientación de bloqueo, y que tiene una zona de recorte que permite la inserción del elemento de elevación y el paso al interior de la ranura de la parte lateralmente sobresaliente cuando está en una orientación de inserción predeterminada.

45 Un aspecto adicional de la invención puede residir entonces en un conjunto de elevación para dicha turbina eólica que comprende uno o más elementos de elevación alargados que tienen partes lateralmente sobresalientes para el acoplamiento de superficies de bloqueo sobre, o conectadas a, la estructura de soporte de carga.

50 Un aspecto adicional de la invención reside entonces en un método de manejo de una pala que comprende las etapas de insertar elementos de elevación dentro de las aberturas de elevación respectivas y conectar los elementos de elevación a las vigas o almas de soporte de carga mediante el acoplamiento de las superficies de bloqueo mediante el giro de los elementos de elevación a una orientación de bloqueo.

55 En una forma adicional más la estructura de soporte de carga interna incluye un par de vigas o almas espaciadas, almas que pueden ser una parte que una estructura de larguero, provista cada una con una abertura lateral para recibir entre ellas una barra de elevación de un conjunto de elevación. Las aberturas laterales se proporcionan de nuevo preferentemente en o cerca del eje neutral de la pala para limitar las tensiones en los puntos de conexión. Puede disponerse que las partes de la viga o alma sean de grosor incrementado en las posiciones de las aberturas.

60 En un aspecto adicional la invención reside en un conjunto de elevación para una pala de turbina eólica tal como se ha definido anteriormente que comprende una barra de elevación para la recepción dentro de aberturas de alma opuestas, y una estructura de conexión de elevación en la forma de cables, cuerdas o flejes trenzados, lazos, correas u horquilla de elevación o similares para la extensión a través de las aberturas de elevación de la pala y el acoplamiento a la barra de elevación. La barra de elevación puede comprender un par de pasadores extendidos en oposición que son relativamente extensibles/retráctiles, por ejemplo a partir de un casquillo central. Con este fin, uno o ambos de los pasadores pueden conectarse al casquillo central mediante una rosca de tornillo.

65 En una forma adicional la estructura de conexión de elevación es una horquilla de elevación que tiene brazos de horquilla para el acoplamiento de la barra de elevación. Estas pueden tener por ejemplo conexiones de gancho en

sus extremos para el acoplamiento de la barra de elevación.

Un aspecto adicional de la invención reside en un método de manejo de palas de dicha pala que incluye las etapas de: introducir una barra de elevación dentro de la pala entre las almas de soporte de carga; insertar los elementos de elevación que comprenden cables, cuerdas o flejes trenzados, lazos, correas o una horquilla de elevación o similares adyacentes a las almas de soporte de carga a través de aberturas en la superficie de la pala; y disponer la barra de elevación de modo que se extienda entre las almas de soporte de carga y ajustarla dentro de aberturas opuestas mientras se acopla a la estructura de conexión de elevación. La barra de elevación es preferentemente extensible/contraíble y se introduce entre las almas en una configuración contraída, y se extiende para ajustar en las aberturas opuestas mientras se acopla a las estructuras de conexión de elevación.

Para cualquiera de las estructuras de pala anteriormente descritas para distribuir la carga puede proporcionarse una o más mamparas internas entre las superficies de la pala que se extienden en la dirección de la cuerda de la pala en la proximidad de los puntos de elevación.

Las aberturas para los elementos de elevación pueden poderse cerrar por cubiertas, que pueden montarse de modo pivotante sobre la pala y tienen resortes de modo que se cierran tras la retirada del elemento de elevación de las mismas. Alternativamente, pueden utilizarse otras estructuras tales como tapones.

## Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos en los que:

- la Figura 1 es una vista general del aparato de elevación de acuerdo con una realización de la invención cuando eleva una pala de turbina eólica;
- la Figura 2 es una vista ampliada del aparato de elevación conectado a la pala;
- la Figura 3 es un detalle que muestra una cubierta del orificio de elevación;
- la Figura 4 es una vista en planta y parcialmente recortada de la zona de elevación de la pala de acuerdo con una realización de la invención;
- la Figura 5 es una vista en sección transversal a lo largo de la línea X-X de la Figura 4; y
- la Figura 6 es un detalle en sección transversal esquemático a lo largo de la línea Y-Y de la Figura 5;
- la Figura 7 muestra un aparato de elevación alternativo que comprende un bastidor de elevación;
- la Figura 8 es una vista de una pala de turbina eólica con puntos de elevación de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- la Figura 9 es una vista en el sentido del borde de la pala de la Figura 8 cuando está siendo elevada;
- la Figura 10 es una vista en sección de la pala de las Figuras 8 y 9 en la zona de los puntos de elevación;
- la Figura 11 es un detalle en sección de la pala con la barra de elevación y flejes de elevación insertados;
- la Figura 12 es un detalle en sección tomado perpendicular a la vista de la Figura 11 del fleje de elevación y barra de elevación;
- la Figura 13 es un detalle en sección de una cubierta de cierre del orificio de elevación;
- la Figura 14 muestra una disposición alternativa de los puntos de elevación y conjunto de elevación de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- las Figuras 15(a) y (b) muestran detalles en sección transversal de la pala y conjunto de elevación de la Figura 14, en condiciones acoplada y separada respectivamente;
- la Figura 16 muestra una realización adicional más de una pala y conjunto de elevación;
- la Figura 17 es una vista en sección de la pala y conjunto de elevación de la Figura 16;
- las Figuras 18(a) y (b) muestran una realización adicional más de una pala y conjunto de elevación;
- la Figura 19 muestra un elemento de elevación de la realización de la Figura 18; y
- la Figura 20 muestra una carcasa de bloqueo para el bloqueo del elemento de elevación de la Figura 19.

## Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Pasando a los dibujos, la Figura 1 muestra una pala de turbina eólica, indicada en general por 2, siendo elevada por un conjunto de elevación 4 que se conecta a un gancho de elevación 6 suspendido de una grúa (no mostrada). Como se indica de las Figuras 1 y 2, la pala está provista con puntos de elevación 20, más preferente cuatro de dichos puntos de elevación, proporcionados equidistantemente espaciados alrededor del centro de gravedad de la pala y a los que se fija el conjunto de elevación, mediante lo que cuando se eleva la pala adopta una orientación equilibrada.

Como una alternativa a cuatro de dichos puntos de elevación, podrían utilizarse un par de puntos de elevación, dispuestos de modo equidistante alrededor del centro de gravedad. Como una alternativa adicional, los puntos de elevación podrían espaciarse en pares dispuestos a lo largo de la pala, por ejemplo podría localizarse un par en una posición entre el centro de gravedad y el extremo de raíz, y un segundo par entre el centro de gravedad y el extremo de punta. Como una alternativa adicional más, podrían proporcionarse más puntos de elevación adicionales de modo que se proporcionen 6 u 8 puntos. Por ejemplo podrían proporcionarse puntos de elevación en la proximidad

del centro de gravedad, con puntos adicionales cerca de la punta de la pala para proporcionar soporte adicional en esta posición.

5 Como se ve en la Figura 5, la pala 2 comprende un par de conchas de pala 8, 10 que definen superficies de pala y que se unen en un borde de ataque 12 y un borde de salida 14. Se proporciona una estructura interna de soporte de carga en la forma de unos largueros 16 que comprenden cubiertas de largueros opuestas 18 conectadas mediante  
10 almas de conexión 19 que se extienden en general perpendiculares a las cubiertas 18 y que forman una estructura similar a caja. Las cubiertas de los largueros 18 pueden, como se ha ilustrado, formar parte de las superficies aerodinámicas exteriores, o pueden encerrarse por debajo de las conchas de pala 8, 10 opuestas. Como es bien conocido, los largueros 16 sirven como el elemento de soporte de carga primario dentro de la pala, extendiéndose desde un punto en o cerca de la raíz de la pala hacia la punta de la pala. Aunque se muestra una estructura que incorpora un elemento de soporte de carga en la forma de un larguero completo, la invención es igualmente aplicable a estructuras en las que las estructuras de soporte de carga sean vigas individuales o almas extendidas entre las conchas de la pala.

15 En los puntos de elevación 20, se forman en la pala aberturas de elevación definidas en tubos de conexión 22 respectivos dispuestos adyacentes y por fuera de los largueros de la pala 16, para la recepción de los elementos de elevación en la forma de pasadores de elevación 24 del conjunto de elevación, como se explica adicionalmente a continuación. Tal como se muestra, estas son de sección circular, pero podrían ser de sección cuadrada u otra  
20 poligonal. Estos tubos de conexión 22 se extienden adyacentes a y se conectan estructuralmente a almas de conexión 19 que se unen al mismo a través de partes del alma 26 o a través de otros accesorios tales como ménsulas. Alternativamente, los tubos de conexión 22 pueden comprender moldes formados sobre las almas, posiblemente formados al mismo tiempo que las almas de conexión 19, en las que se definen las aberturas. En una estructura de pala en donde los elementos de soporte de carga sean almas individuales, los tubos de conexión se  
25 extienden adyacentes a estas almas.

Los tubos de conexión 22 se extienden desde y se abren al exterior en la superficie de la pala superior (que es "superior" en la orientación de elevación en la que la superficie de succión de la pala es la más alta), extendiéndose  
30 a la superficie de la pala inferior en donde pueden también abrirse en esta superficie de pala inferior. En el punto medio aproximado de los tubos de conexión 22 en una posición que corresponde al eje N neutral de la pala, se proporcionan aberturas laterales alineadas a través de los tubos de conexión 22 y del alma de conexión 19 para la recepción de los pasadores de conexión 28 del conjunto de elevación. La localización de las aberturas de recepción de los pasadores de conexión en el eje neutro asegura que la integridad estructural y capacidad de soporte de carga de larguero 16 no está comprometida por la presencia de estas aberturas. Esta estructura permite que las cargas se  
35 distribuyan uniforme y efectivamente desde los tubos de conexión a las almas de conexión. Más aún, la localización de estas aberturas en el eje N neutral asegura que se minimizan cualesquiera concentraciones de tensión que pudieran tener lugar desde los orificios y desde otros elementos del sistema de elevación.

Las aberturas en los puntos de elevación 20 se cierran mediante cubiertas montadas con resorte 32, que durante el  
40 manejo se mantienen abiertas por los pasadores de elevación insertados 24, y que tras la extracción de los pasadores de elevación 24 se fuerzan a cerrar, estando las cubiertas 32 cuando están cerradas al mismo nivel que la superficie de la pala, manteniendo la continuidad aerodinámica de la superficie de la pala. Como una alternativa, pueden usarse tapones atornillados o tapones de expansión para conseguir una superficie nivelada cuando no se  
45 está alzando.

En la proximidad de la zona de elevación de la pala la pala puede estar provista con estructuras de soporte de carga internas adicionales tales como mamparas transversales, que incluyen la mampara delantera 32 que se extiende desde el larguero 16 hacia el borde de ataque, y la mampara posterior 34 que se extiende hacia atrás desde el larguero 16 hacia el borde de salida. Estas sirven para distribuir adicionalmente la carga en la dirección de la cuerda.  
50 Pueden proporcionarse si es necesario estructuras de mamparas adicionales.

El conjunto de elevación 4 comprende cuatro elementos de elevación en la forma de pasadores de elevación 24 asociados con puntos de elevación respectivos, siendo cada uno de forma cilíndrica o tubular (o sección que coincide con la sección del tubo de conexión si no es circular) teniendo cada uno una argolla de conexión superior  
55 38 para la conexión de una longitud de hilo, cable o cadena o cuerda 39 hasta un distribuidor de elevación 40 que es de forma cuadrada, siendo las conexiones a las esquinas del distribuidor 40. El distribuidor de elevación 40 se conecta a su vez a través de una cadena u otra conexión similar (cable, cuerda, eslinga o similar) a la argolla de elevación 42 principal de la grúa a la que puede conectarse el gancho de la grúa. Cada pasador de elevación 24 tiene formada una abertura transversal 44 que recibe el pasador de conexión 28, con su obertura 44 alineada con las aberturas dentro del tubo de conexión 22 y del alma de conexión 19 cuando está totalmente insertado dentro del  
60 tubo de conexión 22. El pasador de conexión 28 puede insertarse desde el interior de larguero 16 en la dirección de la cuerda a través de las aberturas alineadas. El pasador de conexión 28 tiene una cabeza alargada, limitando de ese modo la inserción del pasador de conexión 28 cuando la cabeza hace tope con el alma de conexión 19 interior, extendiéndose el extremo de entrada del pasador de conexión 28 a través de la abertura opuesta en el tubo de  
65 conexión 22, bloqueando de modo efectivo el pasador de elevación 24 al larguero 16.

Durante la fase inicial de una elevación de la pala u operación de manejo (la expresión “elevación” se usa en general en el presente documento pero debería apreciarse que esta operación puede englobar otras operaciones de manejo que impliquen la traslación o rotación o descenso de una pala), el conjunto de elevación 4 se asegura a una grúa, llevada a través de la superficie superior de la pala y descendida generalmente a su posición sobre los puntos de elevación 20 de la pala, colgando los pasadores de elevación 24 por debajo del distribuidor 40. El conjunto de elevación 4 se desciende adicionalmente lentamente hacia la superficie de la pala y los pasadores de elevación 24 son guiados manualmente a las aberturas de la pala. El descenso del conjunto de elevación 4 se continúa hasta que los pasadores de elevación 24 se reciben totalmente dentro de sus tubos de conexión 22 respectivos. Los pasadores de conexión 28 se insertan entonces manualmente desde el interior del larguero extendiéndose a través de aberturas alineadas en el larguero, tubos de conexión y pasadores de elevación, bloqueando los pasadores de elevación 24 en su posición. Ha de observarse que la dimensión interna del larguero 16 en grandes palas de por ejemplo 50-70 m de longitud es claramente suficiente para el acceso interno por parte del personal; típicamente, en esta zona el larguero es de aproximadamente 1,3 m de alto y 1 m de ancho. La pala puede elevarse entonces por la grúa como parte de una operación de manejo, elevación o instalación estando firmemente asegurada al conjunto de elevación 4 y apropiadamente equilibrada alrededor de su centro de gravedad. Durante la instalación de la pala la pala se eleva por la grúa hasta la posición del buje de la turbina y se asegura al mismo en una forma convencional. Una vez asegurada, con la tensión en el conjunto de elevación 4 retirada, pueden retirarse los pasadores de conexión 28 (por ejemplo mediante una operación manual suponiendo que aún puede accederse con seguridad al interior de la pala, o mediante la activación de un mecanismo de retirada del pasador accionado remotamente tal como un sistema actuado por pistón) y el conjunto de elevación 4 retirado de la pala, los pasadores de elevación 24 deslizándose fuera de los tubos de conexión 22. Cuando los pasadores de elevación 24 se extraen las cubiertas de orificio montadas con resortes 32 se fuerzan a cerrar, obviando la necesidad de cualquier etapa del cierre manual adicional.

Se apreciará que podrían utilizarse una variedad de otras estructuras de conexión mecánica para proporcionar una conexión extraíble entre los pasadores de elevación 24 y los tubos de conexión 22, tal como pasadores de acoplamiento por resorte que encajan en retenes. En una alternativa adicional los pasadores de conexión 28 puede formarse como pernos y las aberturas en los tubos de conexión y/o los pasadores de elevación pueden formarse con una rosca de tornillo.

En una variante, en lugar de proporcionar un punto de conexión simple dentro de cada tubo de conexión 22 puede disponerse que se proporcionen conexiones adicionales, por ejemplo cada tubo de conexión 22 puede tener formadas un par de aberturas transversales, una hacia la parte superior y la otra cerca del fondo del tubo de conexión. Los pasadores de elevación se disponen entonces apropiadamente con aberturas correspondientes también cerca de la parte superior e inferior de los pasadores, y proporcionando pasadores de conexión respectivos para cada abertura.

En la Figura 7 se muestra un conjunto de elevación en el que los pasadores de elevación se incorporan dentro de una estructura rígida similar a un bastidor que facilita la elevación y/o soporte de la pala en otras orientaciones. El bastidor de elevación 50 comprende una base 52 desde la que cuelgan cuatro pasadores 54 espaciados para alinearse con los puntos de elevación de la pala 20, pudiendo recibirse en los tubos de conexión 22 de la pala de forma idéntica a los pasadores de elevación 24 de la estructura anteriormente descrita. Cada pasador 54 tiene una abertura 56 respectiva a través de la que puede insertarse, de durante el uso, los pasadores de conexión 28. La base de bastidor tiene un número de puntos de fijación 58 para la fijación de accesorios o ganchos que proporcionan conexión a una grúa. El bastidor de elevación 50 permite el soporte de la pala adjunta en otras orientaciones, tal como una orientación del borde hacia abajo, o una orientación de punta hacia abajo.

Se muestra en las Figuras 8 a 14 una estructura de pala alternativa y conjunto de elevación de la misma, en la que partes iguales se indican con números de referencia iguales. Como se ve en la Figura 10, la pala comprende de la misma forma un par de conchas de pala 8, 10 unidas en el borde de ataque 12 y en el borde de salida 14 de la pala. Se proporciona una estructura de soporte de carga interna en la forma de una viga o larguero 16 de forma generalmente alargada similar a una caja sobre el que se aseguran las conchas de la pala. Como es conocido, el larguero 16 sirve como el elemento de soporte de carga primario dentro de la pala, extendiéndose desde un punto en o cerca de la raíz de la pala hacia la punta de la pala. Este larguero 16 puede tomar una variedad de formas específicas, pero muy típicamente comprende cubiertas 18 de larguero opuestas dispuestas cada una paralela a la superficie de la pala interconectadas por almas de conexión 19 que son generalmente perpendiculares a las cubiertas. Como se muestra en la Figura 10, las cabezas de larguero 18 están encerradas por debajo de las conchas de pala opuestas, pero pueden formar parte alternativamente de las superficies aerodinámicas exteriores de la pala.

En los puntos de elevación indicados en este caso por 60, la pala tiene formadas aberturas 62 a través de la superficie de la concha 8 de la pala y la cabeza de larguero 19 subyacente que se extiende dentro del interior 16 de larguero (nótese que si se proporciona una estructura en donde una cabeza de larguero forma la superficie exterior en esta zona, las aberturas estarán entonces directamente dentro de la cabeza de larguero). Estas aberturas 62 reciben elementos de elevación flexibles en la forma de cables, cuerdas o flejes trenzados, correas, lazos o similares 64, siendo estos parte del conjunto de elevación. Más convenientemente, estos elementos de elevación son cables

con argollas o lazos 66 de elevación. Las aberturas son entonces preferentemente de forma ligeramente alargada en la dirección longitudinal de la pala, mediante lo que las argollas de elevación 66 pueden insertarse fácilmente en ellas.

- 5 En la posición de los puntos de elevación la pala puede estar provista internamente con mamparas de refuerzo adicionales (no mostradas) que se extienden entre las conchas en la dirección de la cuerda.

10 Los elementos de elevación, correas o similares 64 se conectan a la pala por medio de una barra de elevación 68, asociada una de dichas barras con un par lateralmente espaciado de puntos de elevación, las barras se disponen extendiéndose a través del interior del larguero 16 dentro de aberturas opuestas 70 proporcionadas en las almas de conexión 19 del larguero 16 (o dentro de almas individuales si se proporcionan). Como puede verse en la Figura 11 las almas de conexión 19 puede reforzarse en la posición de las aberturas 70 a través del uso de una zona circundante de grosor de pared adicional indicado con 72. Como una alternativa, o adicionalmente, a esta zona de grosor de pared extra podrían usarse inserciones de soporte de carga por ejemplo de material metálico. Las aberturas 70 se disponen preferentemente en el eje neutral de larguero, minimizando de ese modo las concentraciones de tensión en esta posición.

20 Aunque se muestra una estructura que incorpora un elemento de soporte de carga en la forma de un larguero completo, la invención es igualmente aplicable a una disposición en la que las estructuras de soporte de carga son vigas individuales o almas de conexión que se extienden entre las conchas de la pala, dispuestas preferentemente como un par de almas espaciadas, de modo que las barras de elevación puedan extenderse entre las almas de conexión.

25 Se apreciará que podrían utilizarse otras estructuras mecánicas simples como una alternativa a la barra de elevación, tales como ganchos sobre las almas a los que pueden engancharse las correas de elevación, o pasadores o pernos u otras estructuras de conexión insertables dentro de estructura sobre las almas. Por ejemplo, las aberturas 70 pueden tener roscas dentro de las que se atornillan los pernos.

30 Cada barra de elevación 68 es preferentemente de forma telescópica para facilitar su inserción y extracción en la conexión/desconexión del conjunto de elevación. Más particularmente, la barra de elevación 68 comprende un par de pasadores enfrentados en oposición 74 retráctiles dentro de un casquillo central 76. Como se ha ilustrado los pasadores 74 son móviles con relación al casquillo 76 a través de una conexión atornillada 78, pero podrían alternativamente ser deslizantemente retráctiles, por ejemplo contra una fuerza de resorte, o hidráulicamente o neumáticamente accionables, por ejemplo mediante la operación de un émbolo. Los pasadores 74 tienen formados collarines 80 que sirven para mantener las argollas 66 de las correas exteriores adyacentes a las aberturas del alma del larguero 70.

40 Cuando no se usan las aberturas 62 de los puntos de elevación 60 se cierran por coberturas 82, que se insertan manualmente y que presentan una superficie exterior que está a nivel con la superficie de la pala, manteniendo la continuidad aerodinámica de la superficie de la pala. Para facilitar esto, las aberturas 62 pueden definir un labio 84 contra el que se asienta la cubierta 82. La cubierta 82 puede sobre su lado inferior tener una parte de resorte posterior 86 que ejerce una fuerza de compresión contra el labio inferior de la cabeza de larguero sirviendo para tirar de la cubierta 82 a apretarse dentro de aberturas 62 y contra el labio 84.

45 Durante una operación de manejo de la pala, los extremos inferiores de las correas de elevación 64 se insertan manualmente a través de aberturas respectivas 62 después de que las cubiertas 82 se hayan retirado. Las barras de elevación 68 se transportan internamente a lo largo del interior del larguero 16 hasta la posición de los puntos de elevación 60 y con los pasadores 74 retraídos las argollas 66 de un par de correas se envuelven en bucle sobre los pasadores respectivos 74. Los pasadores 74 se disponen entonces lateralmente a través del larguero 16 y los pasadores extendidos de modo que se extiendan a través de las aberturas opuestas 70, con las argollas 66 dispuestas entre el collar 80 y el alma de conexión 19. Se ha de observar que la dimensión interna del larguero 16 en grandes palas es de digamos 50-70 m, fácilmente suficiente para un acceso interno por el personal; típicamente, en esta zona el larguero es de aproximadamente 1,3 m de alto y 1 m de ancho. Los extremos libres de las correas de elevación 64 se aseguran al gancho de la grúa en una forma convencional. La pala puede elevarse por la grúa como parte de una operación de manejo, elevación o instalación estando firmemente asegurada al conjunto de elevación y equilibrada con seguridad alrededor de su centro de gravedad.

60 Después del manejo (por ejemplo tras la instalación de la pala, la pala que se ha elevado por la grúa hasta la posición del buje de la turbina y atornillada al mismo de una forma convencional) con la tensión en el conjunto de elevación retirada, las barras de elevación 68 se ajustan manualmente de modo que los pasadores 74 se retraen y las argollas de las correas de elevación se retiran de las barras de elevación 68, las correas 64 extraídas fuera de las aberturas 60, y asumiendo la accesibilidad al interior del larguero, las barras de elevación 68 pueden entonces extraerse. Las aberturas 60 se cierran entonces contra las cubiertas 82.

65 La realización anteriormente descrita muestra los puntos de elevación dispuestos sobre el larguero 16 de modo que las aberturas se realizan a través de la cabeza de larguero 18, y la conexión al larguero 16 se realiza internamente

dentro del larguero. Alternativamente, los puntos de elevación pueden disponerse ligeramente en el exterior de la posición de larguero, realizándose las aberturas a través de la concha 8 de la pala en posiciones inmediatamente en el exterior y adyacentes a las almas de larguero 19. El conjunto de elevación se configura entonces de modo que la barra de elevación 68 se extiende hacia el exterior a través del larguero de modo que los extremos de la misma pueden acoplarse con las correas de elevación 64.

Se ilustra una estructura alternativa en las Figuras 14 y 15. En esta disposición la pala está formada con aberturas 90 exteriores y adyacentes al larguero 16. El conjunto de elevación 92 incluye una barra de elevación indicada con 94 que incluye pasadores de bloqueo 96 extensibles/retráctiles y que se disponen internamente dentro del larguero. Estos pasadores 96 se acoplan con una estructura de elevación en la forma de una horquilla de elevación 98, pudiendo recibirse los pasadores de bloqueo 96 dentro de las aberturas en los extremos inferiores de los brazos de la horquilla 100. Los pasadores de bloqueo 96 pueden extenderse para acoplarse dentro de las aberturas, tal como se muestra en la Figura 15(a) mediante lo que es posible una operación de elevación u otra de manejo. La Figura 15(b) muestra los pasadores de bloqueo retraídos por lo que la horquilla 98 puede extraerse de la pala.

Esta estructura de elevación puede emplearse como los puntos de elevación de pala primarios, por ejemplo podrían disponerse dos pares de dichos puntos de elevación en la proximidad de y alrededor del centro de gravedad. Alternativamente, podrían disponerse varios de dichos puntos de elevación espaciados hacia abajo de la pala. Como una alternativa adicional, la estructura de las Figuras 8 a 12 podría emplearse en la zona del centro de gravedad de la pala, y la estructura de las Figuras 14 y 15 emplearse en la zona de la punta de la pala como un soporte de punta adicional.

En una disposición adicional más en general similar a la de las Figuras 14 y 15 pero como se ha ilustrado en las Figuras 16 y 17 la horquilla de elevación 110 realiza la conexión a través de la concha de la pala por fuera del larguero respecto a la posición de larguero. La barra de elevación se forma sin embargo como una barra 112 de longitud fija que se extiende lateralmente a través del larguero 16 y sobresale a través de las almas del larguero 19 opuestas. La horquilla 110 se forma con adaptaciones en los extremos inferiores de los brazos de la horquilla 111 permitiendo el acoplamiento/desacoplamiento con la barra de elevación 112. Más particularmente, los extremos de los brazos 111 tienen ganchos 114 que pueden acoplarse por detrás de los extremos de la barra de elevación 112 a través de un posicionamiento apropiado, por ejemplo siendo insertados en una orientación inclinada y girados y elevados a continuación a una orientación vertical.

En una disposición adicional más como se ilustra en las Figuras 18 a 20 una pala y un conjunto de elevación se configuran de la misma forma para realizar una conexión de soporte de carga a través del larguero o alma pero a través de una estructura de conexión alternativa. La Figura 18(a) muestra el larguero de la pala 16, con el perfil de la pala indicado en trazos, y muestra las estructuras justamente de un punto de elevación; se apreciará sin embargo que se emplearán al menos dos, más normalmente cuatro de dichos puntos de elevación. Más particularmente, las almas de larguero 19 tienen formadas sobre lados opuestos de las mismas estructuras de conexión 120 que sobresalen hacia el exterior de la misma definiendo aberturas de elevación en ellas para la recepción del conjunto de elevación. Estas estructuras de conexión 120 pueden unirse o formarse de modo unitario con el larguero y en particular las almas de larguero 19, o conectarse al mismo por otros medios tales como tornillos o soportes u otros accesorios.

El conjunto de elevación incluye aquí barras de elevación 122 para la inserción dentro de las aberturas elevación en los puntos de elevación respectivos. Las barras de elevación 122 se proveen en sus extremos con argollas 123 para la fijación de líneas de elevación, ganchos de correas o similares para la fijación a una grúa. Alternativamente, las barras pueden interconectarse como parte de una disposición similar a un bastidor para su uso en la manipulación de las palas, en particular el giro de la pala, tal como se describe en la Solicitud de Patente Danesa del presente Solicitante N.º 2011 70264 cuyo contenido se incorpora en el presente documento por referencia. Cada barra de elevación 122 tiene formado en la zona de su punto medio un pasador de bloqueo 124, siendo este un corto pasador que se extiende lateralmente desde la barra 122, preferentemente desde lados opuestos de la misma. Como se ilustra en la Figura 18(b) el alma del larguero 19 está provista entre las estructuras de conexión 120 con una carcasa de bloqueo 126 asegurada a la misma a través de la que se inserta la barra 122 y en la que puede acoplarse de modo bloqueado el pasador de bloqueo 124. La Figura 20 muestra la carcasa de bloqueo 126, separada del larguero, y sin mostrar su conexión al larguero. La carcasa de bloqueo 126 puede formarse mediante un componente o componentes separados por ejemplo de metal que se conecta al alma del larguero 16 mediante una u otra fijación, o puede asegurarse a través de un proceso de sobremoldeo. Convenientemente, la carcasa de bloqueo 126 puede constituirse por partes de carcasa superior e inferior unidas juntas mediante pernos o tornillos, para facilitar el fundido/ mecanizado.

La carcasa de bloqueo 126 tiene un orificio axial que permite que el extremo inferior de la barra 122 se inserte en él. Define un par de ranuras de retención de partes circulares para la retención del pasador, definidas entre una superficie inferior de tope anular 128 que se extiende hacia el interior que impide el paso del pasador 124 y contra el que hace tope el pasador 124, y un labio superior 130. Este labio 130 tiene formada una zona o zonas de corte 132 para la recepción del pasador de bloqueo 124 solo cuando se inserta en una orientación de inserción desbloqueada predefinida. Cuando la barra 122 se inserta y gira no en esta orientación el pasador 124 es atrapado dentro de la



ranura de retención 128, realizando una conexión ajustada en él cuando alcanza el extremo de la ranura. Las aberturas de elevación en las estructuras de conexión 122 están provistas con ranuras apropiadas para la recepción del pasador 124 en una orientación de inserción específica, o se dimensionan para adaptar el pasador 124.

5 Aunque la realización ilustrada muestra dos estructuras de conexión discretas 120 con la carcasa de bloqueo 126 entre ellas las estructuras de conexión podrían extenderse para cubrir sustancialmente toda la altura del alma del larguero 19 y la carcasa de bloqueo integrada en estas estructuras, por ejemplo mediante sobremoldeo.

10 Así, la estructura de conexión proporciona una conexión extraíble entre barras 122 y larguero 16, a través de una acción de empuje y giro aplicada desde el exterior de la pala, sin necesidad de que se inserte manualmente ningún pasador de bloqueo adicional o similar desde el interior de la pala. Se dispone preferentemente que las barras 122 hayan de ser insertadas y giradas en al menos 90 grados a sus posiciones de bloqueo. Es también ventajoso que la carcasa de bloqueo 126 se localice al menos aproximadamente en el eje neutral de la pala para minimizar tensiones y deformación de las estructuras de bloqueo y del larguero de la pala.

15 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones particulares descritas en el presente documento se apreciará fácilmente por los expertos en la materia que pueden concebirse varias modificaciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Una pala (2) de turbina eólica que comprende:
  - 5 superficies de palas opuestas (8, 10);  
una estructura de soporte de carga interna que comprende una viga o alma (19) que se extiende entre las superficies de la pala;  
caracterizada por que comprende adicionalmente
  - 10 una pluralidad de puntos de elevación (20, 60, 90) en al menos una de las superficies de la pala que comprenden aberturas de elevación a través de la superficie de la pala adyacente o dentro de la estructura de soporte de carga para la recepción de elementos de elevación (24, 64, 111) que pueden insertarse en ella;  
en la que la viga o alma (19) está adaptada para realizar una conexión de soporte de carga a los elementos de elevación (24, 64, 111) insertados en dichas aberturas.
- 15 2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 en la que la o cada viga o alma (19) está provista con aberturas laterales para recibir elementos de bloqueo (28) que pueden insertarse dentro de las aberturas laterales y dentro de aberturas alineadas (44, 66) en elementos de elevación (24) insertados.
- 20 3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 en la que la estructura de soporte de carga comprende un larguero (16) que tiene partes de cabeza de larguero (18) interconectadas mediante partes de viga o alma de larguero (19) generalmente perpendiculares a la misma, y en la que las aberturas laterales se proporcionan en partes del alma del larguero (19) para recibir elementos de bloqueo (28) que pueden insertarse en las aberturas laterales y dentro de aberturas (44) en los elementos de elevación insertados (24).
- 25 4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2 o 3 en la que las aberturas de elevación (20) se definen en estructuras aseguradas a o que forman parte de la estructura de soporte de carga.
- 30 5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 en la que las aberturas de elevación se definen en estructuras tubulares (22) adyacentes a y aseguradas a las vigas o almas de larguero (19).
- 35 6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4 o 5 en la que se proporcionan aberturas laterales en las estructuras que definen las aberturas de elevación que se alinean con aberturas laterales en las vigas o almas (19), para recibir dichos elementos de bloqueo (28) en ellas.
- 40 7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6 en la que los elementos de bloqueo (28) son pasadores de bloqueo.
- 45 8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que las aberturas de elevación (120) se definen en estructuras que se extienden lateralmente desde las vigas o almas (19).
- 50 9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 8 en la que se proporciona una estructura de bloqueo (126) que tiene una superficie de bloqueo contra la que puede acoplarse una parte del elemento de elevación (122).
- 55 10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9 en la que las superficies de bloqueo se configuran para permitir una conexión de bloqueo de empuje y giro entre la estructura de bloqueo (126) y una parte de bloqueo (124) de un elemento de elevación insertado en ella.
- 60 11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9 o 10 en la que las superficies de bloqueo comprenden una superficie de tope inferior (128) contra la que puede hacer tope una parte que sobresale lateralmente (124) en un elemento de elevación, y una superficie espaciada respecto de la misma que define entre medias una ranura de retención dentro de la que la parte que sobresale lateralmente (124) puede acoplarse cuando se gira a una orientación de bloqueo, y que tiene una zona de corte (132) que permite la inserción del elemento de elevación y el paso de la parte sobresaliente lateralmente (124) cuando está en una orientación de inserción predeterminada.
- 65 12. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 en la que la estructura de soporte de carga interna incluye un par de vigas o almas espaciadas provista cada una con una abertura lateral (70) para recibir entre ellas una barra de elevación (68, 94, 112) de un conjunto de elevación.
13. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, 3 o 12 en la que las aberturas laterales (70) se proporcionan en o cerca del eje neutral de la pala.
14. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 12 o 13 en la que las partes de la viga o alma son de un grosor (72) incrementado en las posiciones de las aberturas (70).
15. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquier reivindicación precedente en la que se proporcionan una o

más mamparas internas (32, 34) en la proximidad de los puntos de elevación que se extienden entre las superficies de la pala y en la dirección de la cuerda de la pala.

5 16. Un conjunto de elevación (4, 50) para una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que tiene estructuras de soporte de carga internas en la forma de vigas o almas, caracterizado por que

10 el conjunto de elevación comprende elementos de elevación (24, 54) para la inserción en las aberturas de elevación y elementos de bloqueo (28, 124) para el bloqueo de los elementos de elevación insertados en las vigas o almas de la pala.

17. Un conjunto de elevación de acuerdo con la reivindicación 16 en el que los elementos de elevación comprenden pasadores de elevación (24) alargados.

15 18. Un conjunto de elevación de acuerdo con la reivindicación 16 o 17 en el que los elementos de bloqueo comprenden pasadores de bloqueo (28) que pueden insertarse a través de las aberturas laterales en la estructura de soporte de carga de la pala en las aberturas alineadas en los elementos de elevación.

20 19. Un conjunto de elevación para una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 u 8 a 11 que comprende elementos de elevación (122) alargados que tienen partes lateralmente sobresalientes (124) para el acoplamiento de superficies de bloqueo (126) en o conectadas a la estructura de soporte de carga.

25 20. Un conjunto de elevación para una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 que comprende una barra de elevación (68, 112) para la recepción dentro de aberturas opuestas del alma (70), y elementos de elevación en la forma de cables, cuerdas o flejes trenzados, lazos, correas (64) o una horquilla de elevación (98, 110) o similar para su extensión a través de las aberturas de elevación en la pala y acoplamiento de la barra de elevación (68, 112).

30 21. Un método de manejo de una pala de turbina eólica tal como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que tiene estructuras de soporte de carga internas en la forma de vigas o almas (19) caracterizado por que el método comprende las etapas de:

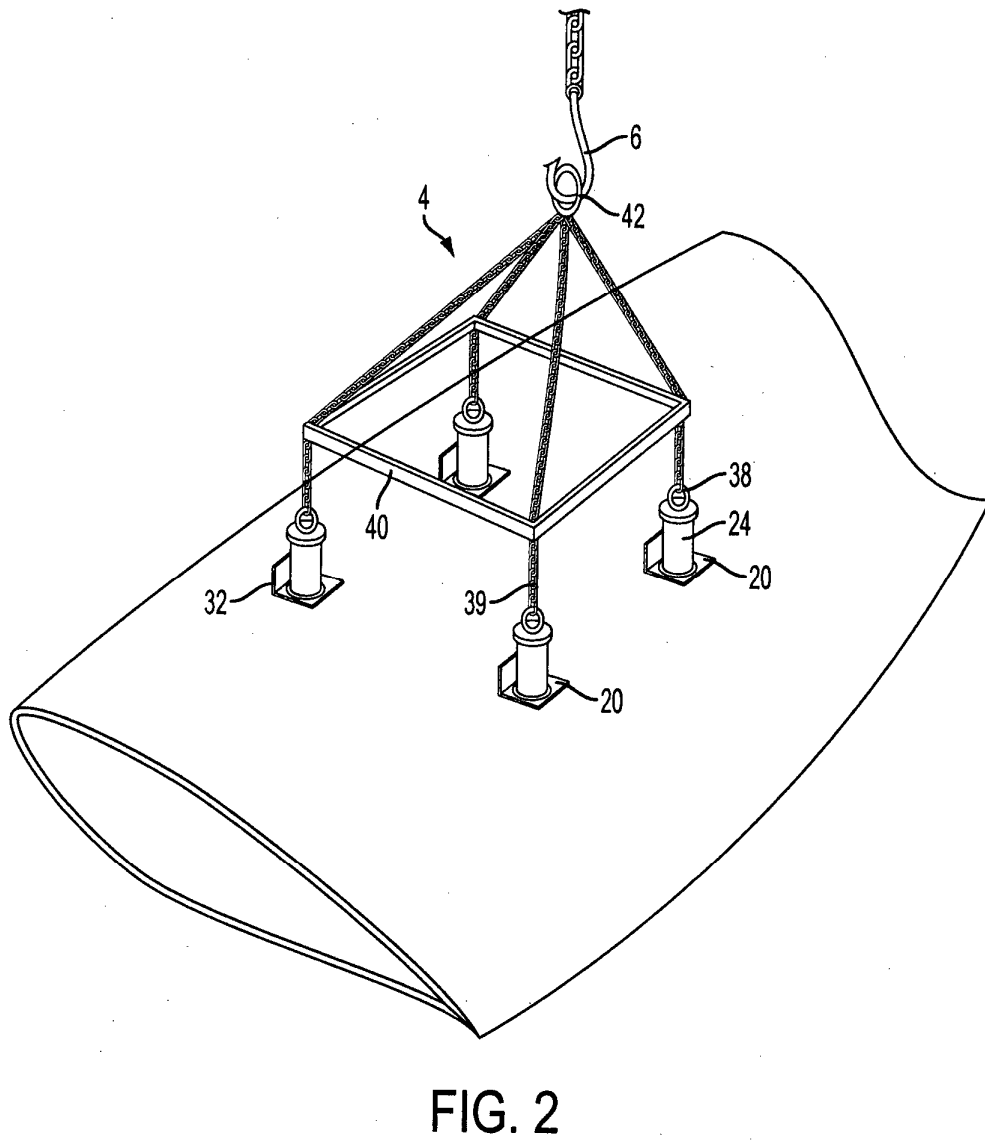
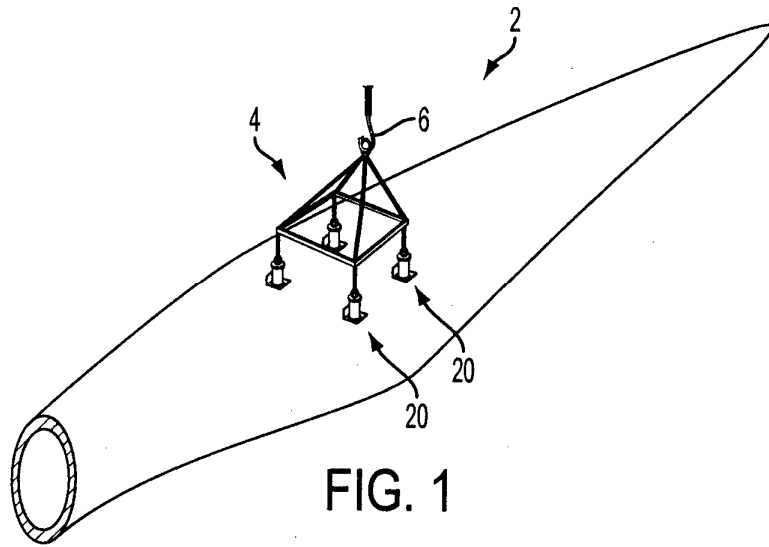
35 insertar elementos de elevación (24, 64, 111) de un conjunto de elevación en las aberturas de elevación (20, 90) respectivas; y  
conectar los elementos de elevación (24, 64, 111) a las vigas o almas de la estructura de soporte de carga.

40 22. Un método de manejo de una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 21 en el que la pala incluye aberturas laterales (70) dentro de las vigas o almas, incluyendo el método la etapa de insertar elementos de bloqueo (28) en aberturas alineadas en los elementos de elevación (24, 64, 111) y vigas o almas (19).

45 23. Un método de manejo de una pala de turbina eólica tal como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 comprendiendo el método las etapas de insertar elementos de elevación (122) en las aberturas de elevación respectivas y conectar los elementos de elevación (122) a las vigas o almas de soporte de carga mediante el acoplamiento de las superficies de bloqueo (128) mediante el giro de los elementos de elevación a una orientación de bloqueo.

24. Un método de manejo de una pala de turbina eólica tal como se define en la reivindicación 12, comprendiendo el método las etapas de:

- 50 a. introducir una barra de elevación (68, 112) dentro de la pala entre almas de soporte de carga (19);  
b. insertar una estructura de conexión de elevación que comprende cables, cuerda o flejes trenzados, lazos, correas (64) o una horquilla de elevación (98, 110) o similares adyacentes a las almas de soporte de carga (19) a través de las aberturas en la superficie de la pala;  
55 c. disponer la barra de elevación (68, 112) de modo que se extienda entre las almas de soporte de carga y su ajuste en las aberturas opuestas mientras se acopla a la estructura de conexión de elevación (64, 98, 110).



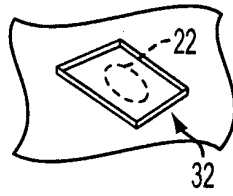


FIG. 3

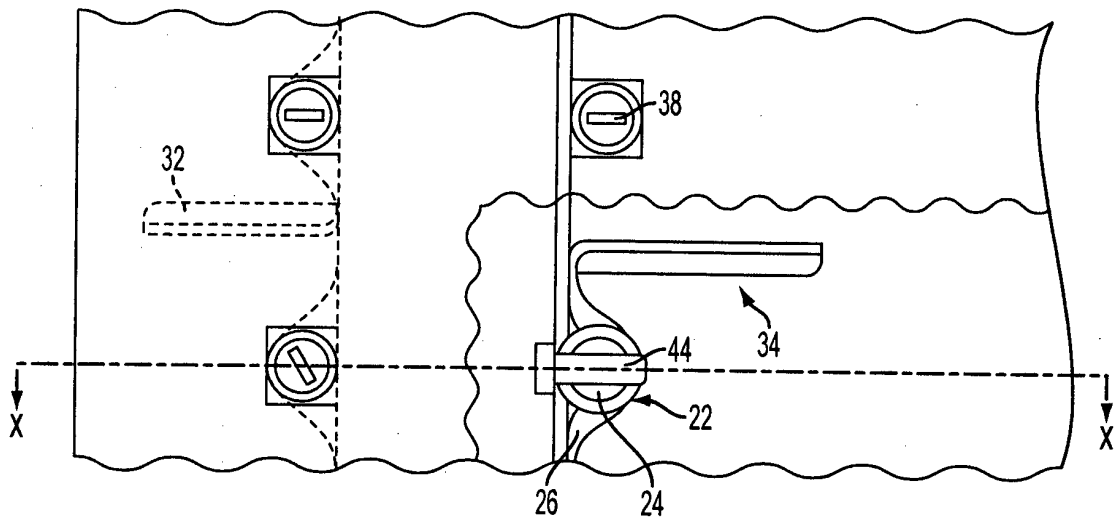


FIG. 4

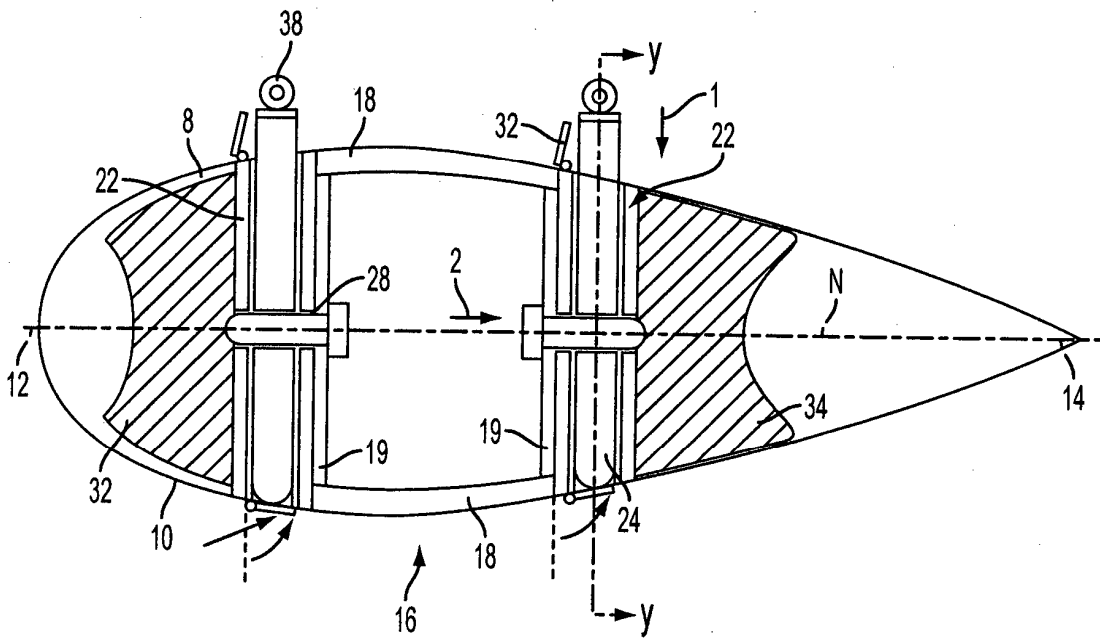


FIG. 5

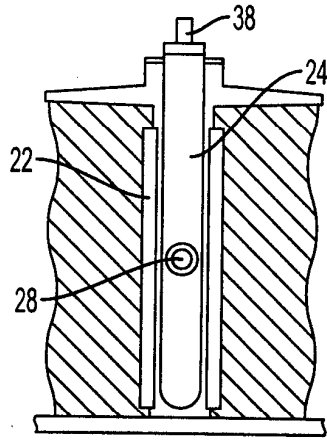


FIG. 6

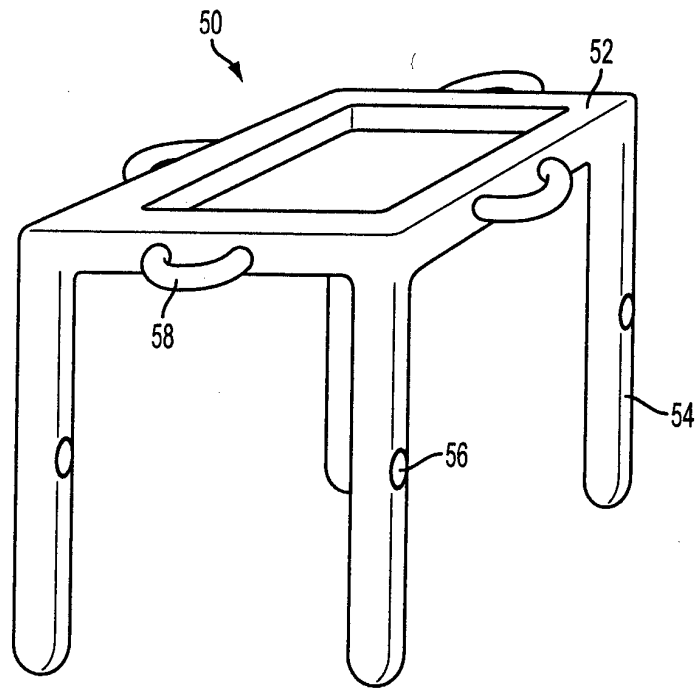


FIG. 7

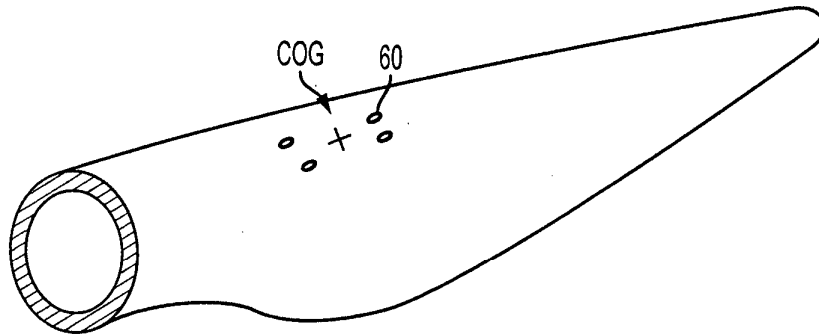


FIG. 8

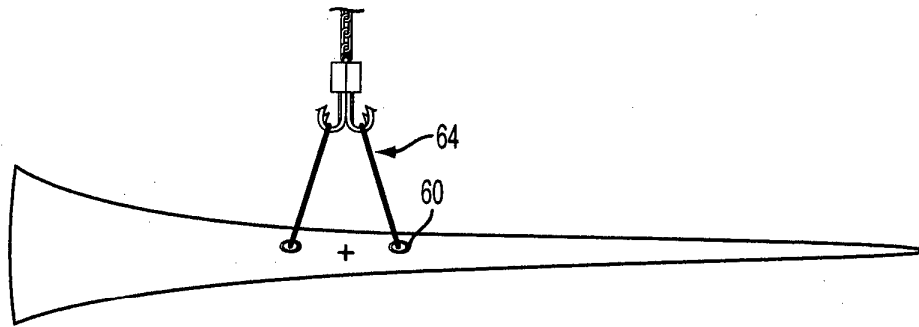


FIG. 9

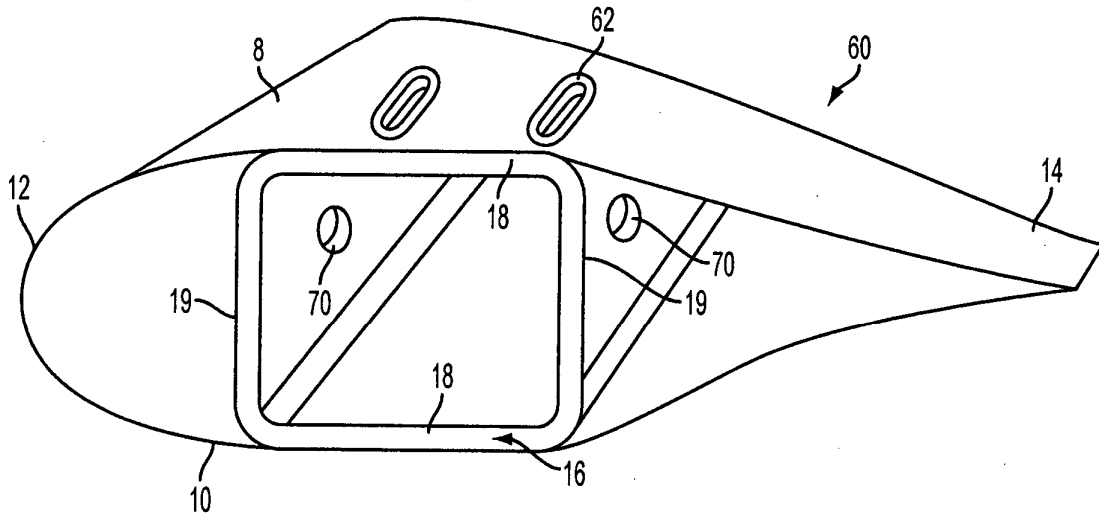


FIG. 10

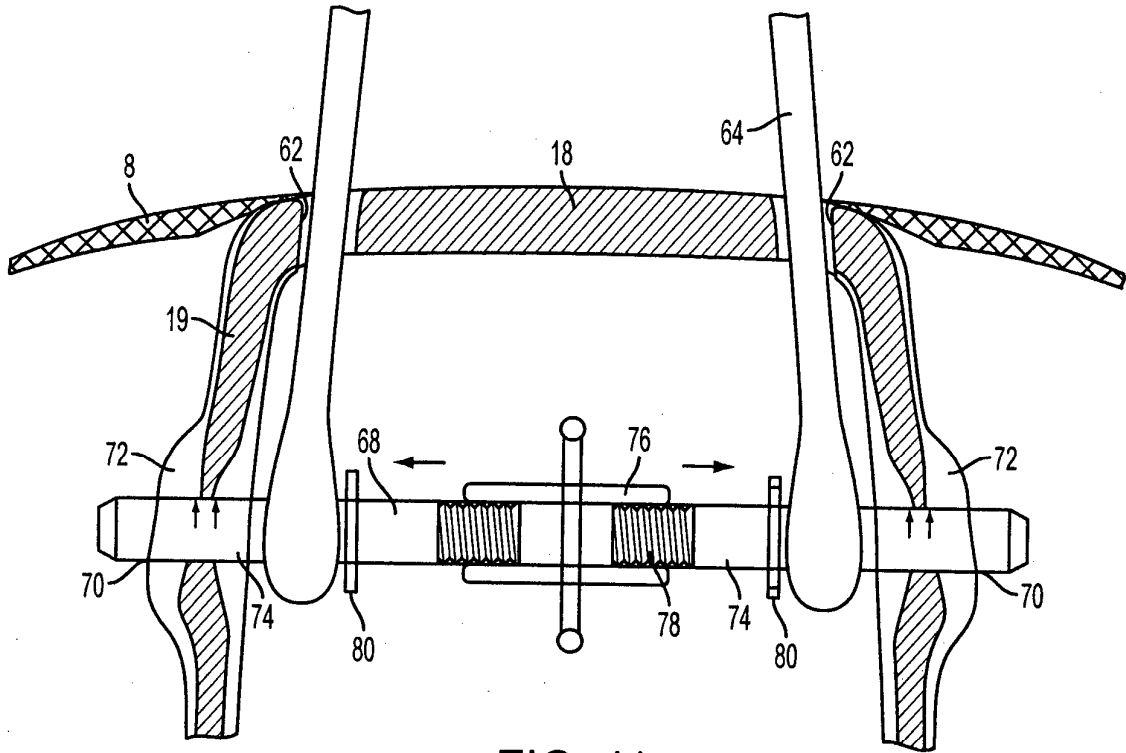


FIG. 11

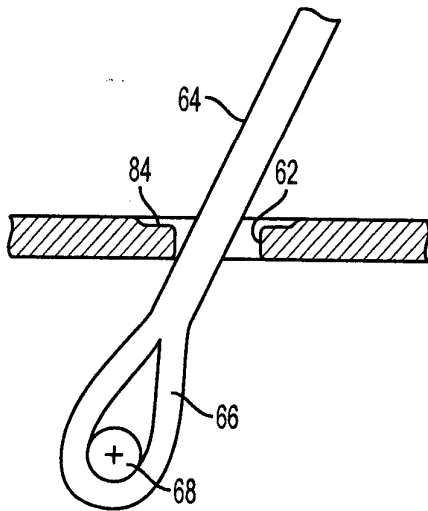


FIG. 12

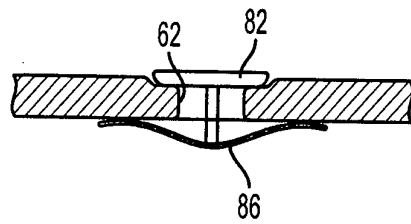


FIG. 13



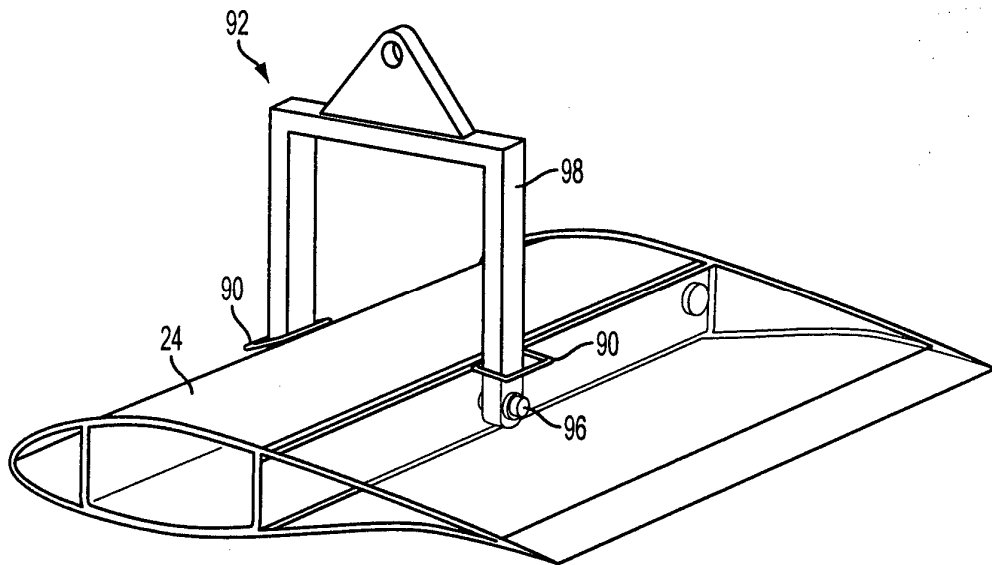


FIG. 14

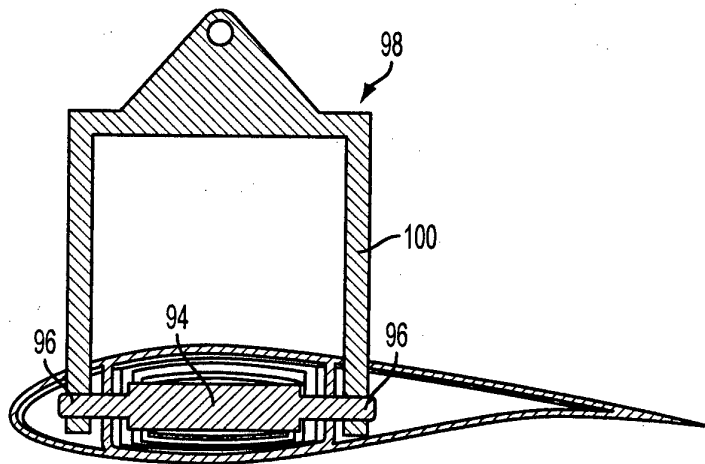


FIG. 15(a)

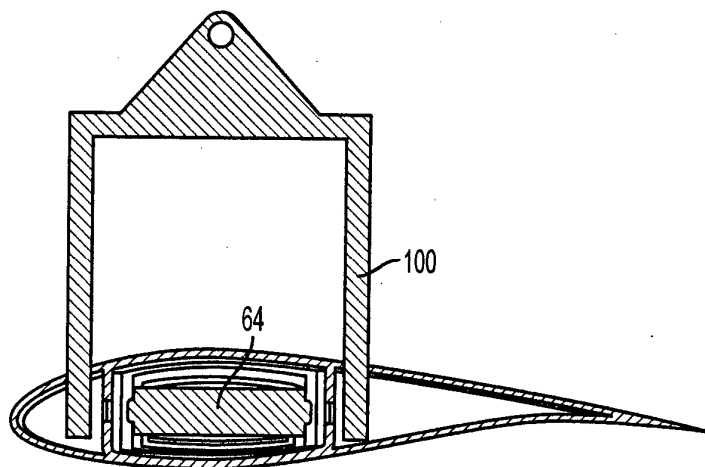


FIG. 15(b)

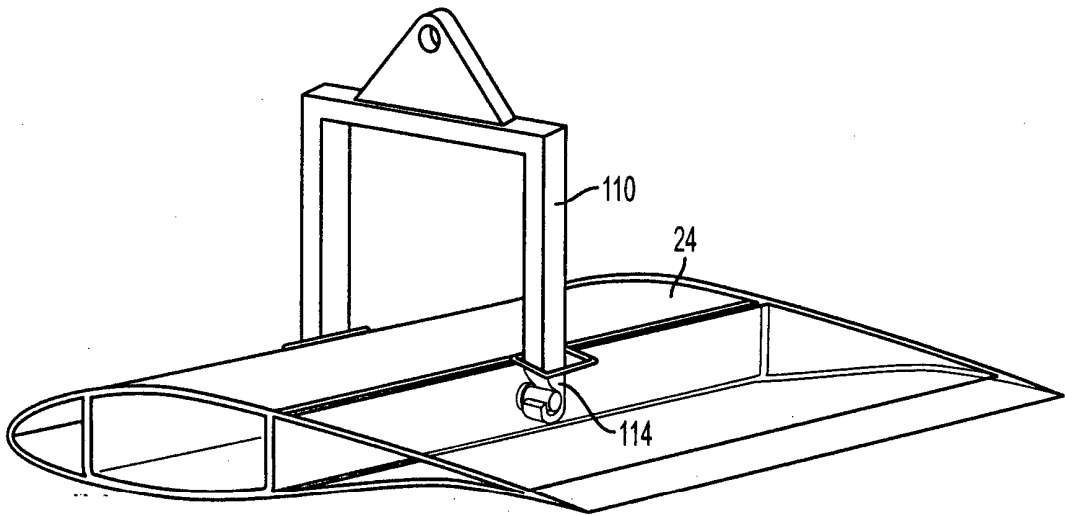


FIG. 16

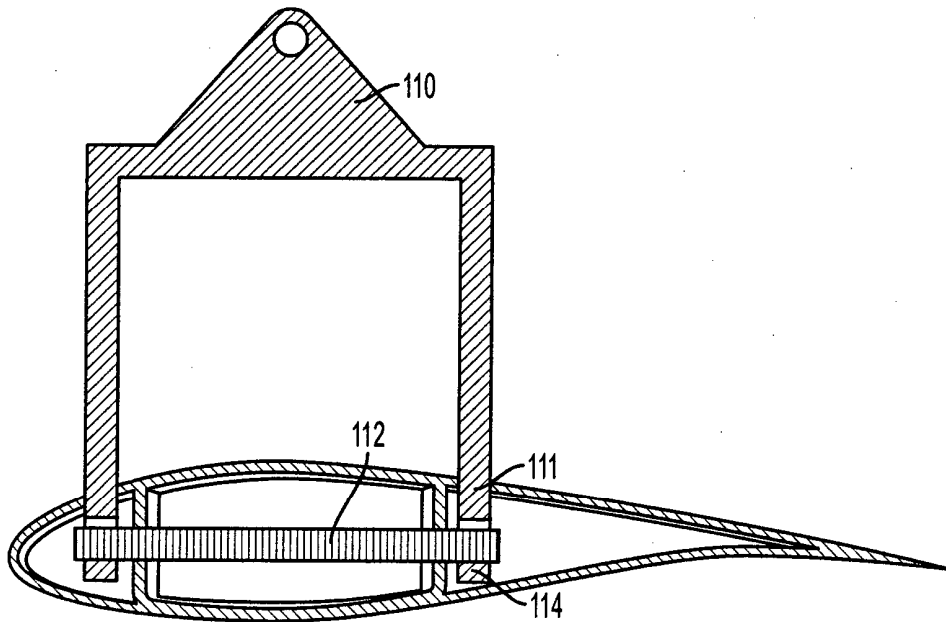


FIG. 17

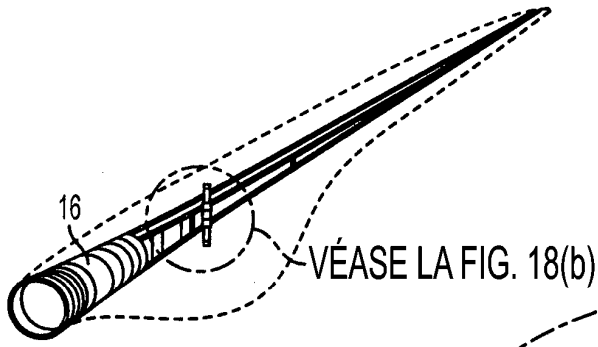


FIG. 18(a)

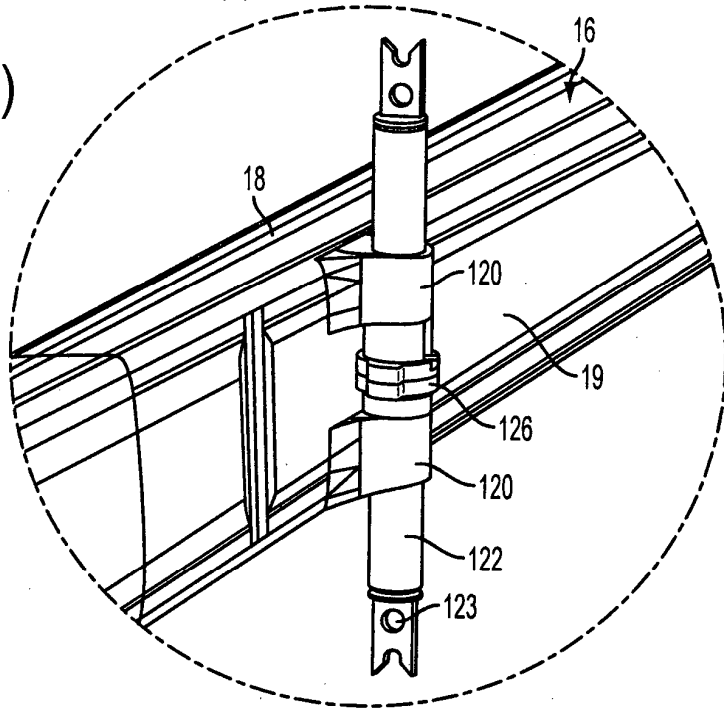


FIG. 18(b)

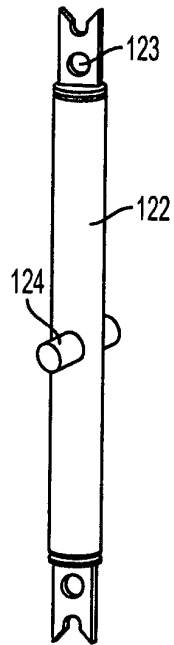


FIG. 19

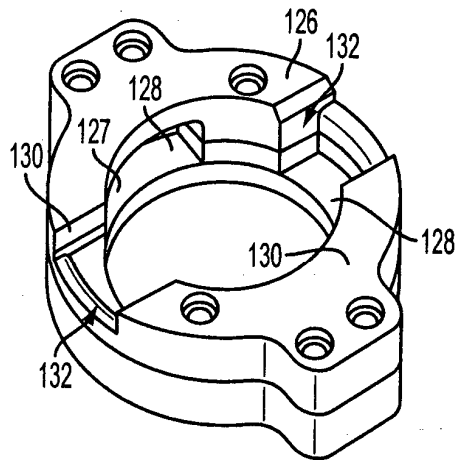


FIG. 20