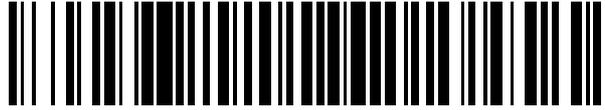


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 239**

51 Int. Cl.:

B24B 19/14 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
B24B 19/26 (2006.01)
B24B 27/00 (2006.01)
B24D 13/04 (2006.01)
B24B 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2007 E 07857725 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2114619**

54 Título: **Acabado superficial de palas de rotor para turbinas eólicas**

30 Prioridad:

22.12.2006 WO PCT/DK2006/000741

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

14.10.2013

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**MØLLER, KELD HVIID;
SIIG, BJARNE y
SARDELLANO, ANGELO**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 425 239 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

Acabado superficial de palas de rotor para turbinas eólicas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el acabado superficial, tal como desbastado, pulido o
 chorreo, de palas de rotor para turbinas eólicas. Mediante el uso del procedimiento de acuerdo con la presente
 invención el tiempo necesario para tratar una pala de rotor se puede reducir significativamente. Además de esto,
 los procedimientos de desbastado, pulido, chorro de arena o chorro de vidrio se vuelven más uniformes a lo largo
 de la superficie de la pala de rotor. Finalmente, los costes asociados con el desbastado, pulido, chorro de arena o
 10 chorro de vidrio de palas de rotor se reducen significativamente si se utiliza el procedimiento de acuerdo con la
 presente invención.

Antecedentes de la invención

En la literatura de patentes se han sugerido diversas disposiciones para tratar simultáneamente ambos lados de
 las palas del rotor.

15 Por ejemplo, el documento EP 1 517 033 A1 divulga un aparato para limpiar objetos alargados, tales como palas
 de rotor. El aparato del documento EP 1 517 033 A comprende dos dispositivos de cepillo principales separados
 entre los cuales se define una zona de lavado. Cada dispositivo de cepillo tiene una forma sustancialmente
 cilíndrica con un eje longitudinal y es giratorio alrededor de dicho eje longitudinal. Cada dispositivo de cepillo está
 unido al menos en uno de sus extremos a un bastidor intermedio. Una de las uniones comprende un medio de
 articulación que permite que el dispositivo de cepillo pivote con el fin de facilitar el acceso a la zona de lavado.

20 El documento WO 03/048569 divulga un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un
 aparato para tratar una superficie de una pala de rotor montada en una turbina eólica. El aparato sugerido en el
 documento WO 03/048569 está adaptado para desplazarse con relación a la superficie de la pala de rotor que se
 va a tratar. De acuerdo con el documento WO 03/048569 se pueden llevar a cabo diversas formas de tratamiento,
 tales como lavado, acabado y sellado, de una pala de rotor montada en una turbina eólica.

25 El documento EP 1 517 033 A se refiere sólo a la limpieza o lavado de objetos alargados, tales como palas de
 rotor para turbinas eólicas. El documento WO 03/04569, además del lavado, se refiere a otros tipos de
 tratamientos de palas de rotor. Estos otros tipos de tratamientos podrían ser acabado, pintado y sellado. Sin
 embargo, el documento WO 03/04569 sólo se refiere al tratamiento de palas de rotor ya montadas en una turbina
 eólica. Así pues, el documento WO 03/04569 sólo se refiere a aspectos de mantenimiento de palas de rotor ya
 30 montadas en turbinas eólicas.

Así pues, ninguna de las solicitudes de patente anteriormente mencionadas se refiere a la fabricación de palas de
 rotor, ya que tanto el documento EP 1 517 033 A como el WO 03/04569 se refieren al mantenimiento y/o
 reparación de palas de rotor ya montadas.

35 Uno de los procedimientos que más tiempo consume en relación con la fabricación de palas de rotor es el relativo
 al tratamiento superficial de palas de rotor previo al pintado de las palas del rotor. La razón de esto es que se tiene
 que asegurar que las superficies de las palas del rotor son lisas, asegurando así que se satisfacen las propiedades
 aerodinámicas deseadas de las palas de rotor. Además, debido a consideraciones relativas al ruido generado por
 las turbinas eólicas, es de gran importancia que las superficies de las palas de rotor sean lisas.

40 En el campo de la fabricación de palas de rotor está aceptado generalmente que el tratamiento superficial de palas
 de rotor previo al pintado se lleva a cabo como un procedimiento de desbastado manual, en el que un dispositivo
 de desbastado se mueve manualmente a lo largo de las superficies de la pala de rotor. Como se expuso
 anteriormente, este es un procedimiento que consume mucho tiempo. Por ejemplo, una persona puede emplear
 entre 15 y 20 horas para desbastar ambas superficies de una pala de rotor de 44 metros de largo. Otra desventaja
 relativa al desbastado manual de palas de rotor es la ausencia de uniformidad en el procedimiento de desbastado.

45 Por lo tanto, existe una necesidad de optimizar los tratamientos de las superficies de palas de rotor de turbinas
 eólicas, y al mismo tiempo reducir el tiempo necesario para tratar palas de rotor.

Así pues, se puede ver como un objetivo de la presente invención satisfacer las necesidades anteriormente
 mencionadas.

Sumario de la invención

50 El objetivo anteriormente mencionado se satisface al proporcionar, en un primer aspecto, un procedimiento para el

tratamiento superficial de una pala de rotor para una turbina eólica, comprendiendo la pala de rotor un borde de ataque y un borde de salida que separan unas superficies primera y segunda sustancialmente opuestas de dicha pala de rotor, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 5 – proporcionar una pala de rotor y soportar dicha pala de rotor al menos por un extremo de raíz y en una posición distal a lo largo de un eje longitudinal de la pala de rotor, en el que se dispone un elemento de soporte en el extremo de raíz para impedir el giro de la pala de rotor alrededor del eje longitudinal de la pala de rotor,
- proporcionar un primer dispositivo de tratamiento superficial dispuesto de modo movable, adaptado para proporcionar un tratamiento superficial de la primera superficie de la pala de rotor, y
- 10 – proporcionar un segundo dispositivo de tratamiento superficial dispuesto de modo movable, adaptado para proporcionar un tratamiento superficial de la segunda superficie del objeto,

en el que los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo se mueven en direcciones opuestas y hacia los bordes de ataque y de salida, respectivamente, durante el tratamiento superficial de las superficies primera y segunda de la pala de rotor.

15 Las superficies primera y segunda de la pala de rotor pueden ser superficies doblemente curvadas, lo cual se quiere decir que las superficies de la pala de rotor que se van a tratar se curvan en dos direcciones mutuamente perpendiculares. Tales perfiles de superficie doblemente curvada pueden ser necesarios con el fin de satisfacer requisitos aerodinámicos predeterminados.

20 De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, el primer dispositivo de tratamiento superficial puede ser movido desde el borde de salida hasta el borde de ataque durante el tratamiento superficial de la primera superficie. Simultáneamente, el segundo dispositivo de tratamiento superficial puede ser movido desde el borde de ataque hasta el borde de salida durante el tratamiento superficial de la segunda superficie. Así pues, los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo son movidos en direcciones opuestas durante el tratamiento de la pala de rotor.

25 Durante el tratamiento, la pala de rotor puede estar soportada de tal modo que el borde de ataque o el borde de salida definan un borde superior de la pala de rotor. Así pues, los bordes de ataque y de salida definen un eje orientado esencialmente en vertical.

30 Los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo pueden ser movidos a lo largo de las superficies respectivas de las palas del rotor, y entre los bordes de ataque y de salida, a una velocidad sustancialmente constante. La velocidad del primer dispositivo de tratamiento superficial puede ser la misma que la velocidad del segundo dispositivo de tratamiento superficial.

Las fuerzas proporcionadas por los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo y que actúan sobre la pala de rotor durante el tratamiento superficial pueden estar equilibradas de modo que se pueda evitar esencialmente la flexión de la pala de rotor a lo largo de su eje longitudinal. Además, al equilibrar las fuerzas experimentadas por la pala de rotor, se evitan cargas de torsión innecesarias sobre la pala de rotor.

35 El primer dispositivo de tratamiento superficial puede estar dispuesto en un primer brazo movable que está conectado funcionalmente con una estructura de bastidor adaptada para realizar un movimiento relativo a lo largo del eje longitudinal de la pala de rotor. El primer brazo movable puede ser movable en direcciones sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la pala de rotor, por lo que se permite que el primer dispositivo de tratamiento superficial trate la primera superficie de la pala de rotor. El segundo dispositivo de tratamiento superficial puede estar dispuesto en un segundo brazo movable que está conectado funcionalmente con la estructura de bastidor, siendo movable el segundo brazo movable en direcciones sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la pala de rotor, por lo que se permite que el segundo dispositivo de tratamiento superficial trate la segunda superficie de la pala de rotor.

45 Los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo pueden comprender dispositivos de desbastado primero y segundo, respectivamente. Alternativa o adicionalmente, los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo pueden comprender respectivamente dispositivos para pulido, chorro de arena, chorro de vidrio u otro tratamiento físico con un agente abrasivo con el fin de proporcionar un acabado superficial al menos a una parte de la pala de rotor.

50 El procedimiento de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención se puede realizar utilizando una máquina de acabado superficial que comprende:

- una estructura de bastidor que está adaptada para realizar un movimiento relativo paralelamente al eje longitudinal de la pala de rotor,

- 5 – un primer dispositivo de tratamiento superficial que está adaptado para tratar la primera superficie, estando dispuesto el primer dispositivo de tratamiento superficial sobre un primer brazo movable que está conectado funcionalmente con la estructura de bastidor, siendo movable el primer brazo movable en direcciones paralelas a unos ejes segundo y tercero, por lo que se permite que el primer dispositivo de tratamiento superficial trate la primera superficie de la pala de rotor, y
- 10 – un segundo dispositivo de tratamiento superficial que está adaptado para tratar la segunda superficie, estando dispuesto el segundo dispositivo de tratamiento superficial sobre un segundo brazo movable que está conectado funcionalmente con la estructura de bastidor, siendo movable el segundo brazo movable en direcciones paralelas a unos ejes segundo y tercero, por lo que se permite que el segundo dispositivo de tratamiento superficial trate la segunda superficie de la pala de rotor.

15 El primer dispositivo de tratamiento superficial puede estar dispuesto de modo pivotante con relación al primer brazo movable. Así pues, el primer dispositivo de tratamiento superficial puede pivotar alrededor de un eje sustancialmente perpendicular al eje longitudinal. De modo similar, el segundo dispositivo de tratamiento superficial puede estar dispuesto de modo pivotante con relación al segundo brazo movable alrededor de un eje sustancialmente perpendicular al eje longitudinal.

20 Por razones prácticas, las palas de rotor que se van a tratar pueden estar situadas en una disposición sustancialmente horizontal. En tal disposición, el eje longitudinal se convierte en un eje sustancialmente horizontal, mientras que el eje alrededor del cual está adaptado para pivotar el primer dispositivo de tratamiento superficial se convierte en un eje sustancialmente vertical. Al ser capaz de pivotar alrededor de un eje sustancialmente vertical, el primer dispositivo de tratamiento superficial puede ser capaz de adaptarse a una variedad de perfiles superficiales a lo largo de la dirección longitudinal de una pala de rotor dispuesta horizontalmente.

El segundo eje puede ser sustancialmente perpendicular al eje longitudinal. De modo similar, el tercer eje puede ser sustancialmente perpendicular al eje longitudinal. Como se mencionó anteriormente, los ejes segundo y tercero definen direcciones de movimiento del primer brazo movable.

25 En un modo de realización de la máquina de acabado superficial, la estructura de bastidor es una estructura movable adaptada para ser movida en direcciones paralelas al eje longitudinal de una pala de rotor dispuesta horizontalmente.

30 La estructura de bastidor puede comprender unos montantes rectos primero y segundo, estando conectado funcionalmente el primer montante recto con el primer brazo movable, estando conectado funcionalmente el segundo montante recto con el segundo brazo. Los montantes rectos primero y segundo pueden estar dispuestos de modo sustancialmente paralelo, ya que los montantes rectos primero y segundo se extienden desde unas piezas de base primera y segunda, respectivamente, en una dirección sustancialmente vertical. Se pueden proporcionar unos primeros medios de accionamiento adaptados para mover la estructura de bastidor en direcciones paralelas al primer eje. Diversos tipos de medios de accionamiento serían capaces de mover la estructura de bastidor. Así pues, entre otros medios de accionamiento los primeros medios de accionamiento pueden comprender un motor eléctrico, tal como un motor de corriente continua, un motor síncrono, o un motor asíncrono.

40 Se pueden proporcionar unos segundos medios de accionamiento adaptados para mover independientemente los brazos movibles primero y segundo en direcciones paralelas al segundo eje. Los segundos medios de accionamiento pueden comprender un motor eléctrico, tal como un motor de corriente continua, un motor síncrono o un motor asíncrono. Los segundos medios de accionamiento pueden estar adaptados para correlacionar movimientos de los brazos movibles primero y segundo. La máquina de acabado superficial puede comprender además terceros medios de accionamiento adaptados para mover independientemente los brazos movibles primero y segundo en direcciones paralelas al tercer eje, siendo dicho tercer eje un eje sustancialmente horizontal que es sustancialmente perpendicular al primer eje. Los terceros medios de accionamiento pueden comprender medios de accionamiento neumáticos y medios de control apropiados.

A continuación, se divulgará la máquina de acabado superficial con referencia a una máquina de desbastado. Sin embargo, la presente invención no debe estar limitada en modo alguno a tratamientos superficiales que tan sólo impliquen desbastado.

50 En el caso de que cada uno de los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo comprendan un dispositivo de desbastado, dicho dispositivo de desbastado puede comprender un cilindro montado de modo giratorio que comprende una pluralidad de pistas o surcos dispuestos en una superficie exterior del mismo, estando adaptada cada una de dicha pluralidad de pistas para recibir y sostener un elemento de desbastado. Tal elemento de desbastado puede ser un elemento de desbastado disponible comercialmente que comprende un papel de lija soportado por las tiras de cepillos. Cada dispositivo de desbastado puede comprender además

medios de accionamiento adaptados para girar el cilindro opcionalmente mediante una correa de accionamiento, comprendiendo dichos medios de accionamiento un motor eléctrico, tal como un motor de corriente continua, un motor síncrono o un motor asíncrono.

5 La pluralidad de pistas de cada superficie exterior del cilindro pueden ser pistas conformadas linealmente dispuestas, en su mayor parte, en una dirección longitudinal del cilindro. "En su mayor parte" significa que las pistas o surcos conformados linealmente pueden presentar un ángulo con relación a un eje central del cilindro montado de modo giratorio. Además, la pluralidad de pistas de la superficie de un cilindro pueden estar dispuestas en un modo sustancialmente paralelo.

10 Cada dispositivo de desbastado puede comprender además una disposición distanciadora adaptada para apoyar sobre las superficies doblemente curvadas primera o segunda durante el desbastado del objeto, definiendo dicha disposición distanciadora una distancia de trabajo mínima entre las superficies primera o segunda y un eje central del cilindro durante el desbastado del objeto. Cada disposición distanciadora puede comprender un primer y un segundo conjunto de ruedas montadas de modo giratorio, estando dispuestos dichos conjuntos de ruedas primero y segundo sobre unas monturas primera y segunda, estando dispuestas dichas monturas primera y segunda axialmente con relación al cilindro. Así pues, cada dispositivo de desbastado puede comprender un cilindro
15 montado de modo giratorio dispuesto axialmente entre dos disposiciones distanciadoras cada una de las cuales comprende una montura y una pluralidad de ruedas montadas de modo giratorio dispuestas en la misma.

El primer conjunto de ruedas puede estar dispuesto en una porción curvada de la primera montura. De modo similar, el segundo conjunto de ruedas puede estar dispuesto en una porción curvada de la segunda montura.

20 La máquina de acabado superficial puede comprender además una disposición de retirada de polvo adaptada para conducir el polvo de desbastado hacia fuera del dispositivo de desbastado. La máquina de acabado superficial puede comprender además medios de control adaptados al menos para controlar el movimiento relativo entre la estructura de bastidor y el objeto, y para controlar movimientos de al menos el primer brazo móvil.

25 Preferentemente, el funcionamiento global de la máquina de acabado superficial puede estar controlado por un módulo de control basado en PLC con una interfaz de usuario fácil de usar. El usuario de la máquina de acabado superficial puede introducir parámetros de control, tales como la longitud o el tipo de una pala de rotor que se va a desbastar, en el módulo de control, por ejemplo mediante una pantalla táctil dispuesta en un panel de control. Otros parámetros de control predeterminados pueden estar ya almacenados en el módulo de control.

30 Preferentemente, el módulo de control es capaz de controlar y coordinar simultáneamente los movimientos de la máquina de acabado superficial a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor, los movimientos en vertical y horizontal de los dos brazos móviles, y el funcionamiento y control de los dos dispositivos de desbastado acoplados de modo pivotante con respectivamente uno de los dos brazos móviles. Así pues, al introducir, por ejemplo, sólo las dimensiones de la pala de rotor que se va a desbastar, la máquina de acabado superficial desbasta automáticamente las dos superficies doblemente curvadas de la pala de rotor.

35 Antes de comenzar el desbastado, el procedimiento puede comprender además la etapa de mover los dispositivos de desbastado primero y segundo a posiciones de comienzo del desbastado respectivas, posicionando los dispositivos de desbastado primero y segundo mediante el uso de los brazos móviles primero y segundo, respectivamente. El procedimiento puede comprender además la etapa de activar cada uno de los dispositivos de desbastado primero y segundo, y desbastar, de un modo sustancialmente simultáneo, al menos parte de las
40 superficies doblemente curvadas primera y segunda de la pala de rotor.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará a continuación en más detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

la fig. 1 muestra una pala de rotor situada en la máquina automática de acabado superficial,

45 la fig. 2 muestra un primer plano de la máquina automática de acabado superficial,

la fig. 3 muestra una vista en sección transversal de la estructura de bastidor de la máquina automática de acabado superficial,

la fig. 4 muestra elementos de soporte para soportar una pala de rotor situada en la máquina automática de acabado superficial,

50 la fig. 5 muestra una vista lateral de un dispositivo de desbastado de la máquina automática de acabado superficial,

la fig. 6 muestra una vista inferior de un dispositivo de desbastado de la máquina automática de acabado superficial,

la fig. 7 muestra un dispositivo de desbastado apoyando sobre una superficie de una pala de rotor,

la fig. 8 muestra un miembro distanciador de un dispositivo de desbastado, y

5 la fig. 9 muestra, en una vista en perspectiva en sección transversal, cómo se tratan las superficies de una pala de rotor.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado modos de realización específicos a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en detalle en el presente documento. Se debe entender, no obstante, que no se pretende limitar la invención a las formas particulares divulgadas. Antes bien, la invención pretende cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del ámbito de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

10

Descripción detallada de la invención

En su aspecto más general, la presente invención se refiere a un procedimiento adecuado para tratar superficies doblemente curvadas, tales como superficies doblemente curvadas de palas de rotor para turbinas eólicas. El procedimiento de acuerdo con la presente invención hace uso de una máquina de acabado superficial equipada con medios de control apropiados, de modo que superficies opuestas doblemente curvadas de una pala de rotor pueden ser tratadas automáticamente. Los medios de control facilitan además que superficies opuestas doblemente curvadas de una pala de rotor puedan ser tratadas simultáneamente. Es una ventaja de la presente invención que el procedimiento de acabado superficial de palas de rotor esté optimizado, por medio de lo que, entre otras ventajas, se consigue un tratamiento más uniforme de la superficie de la pala de rotor. Además, el tiempo requerido para tratar palas de rotor se reduce significativamente en comparación con los procedimientos manuales.

15

20

Además, es una ventaja de la presente invención que las fuerzas proporcionadas por un dispositivo de tratamiento de superficies primero y segundo estén equilibradas, de modo que se evite la flexión de un extremo distal, y por tanto delgado, de la pala de rotor durante el tratamiento.

25

De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, un tratamiento de una pala de rotor puede implicar desbastado, pulido, chorro de arena o chorro de vidrio de las superficies de la pala de rotor. Por razones de simplicidad, la presente invención se describirá con referencia a una máquina de desbastado y a un procedimiento de desbastado asociado. Sin embargo, la presente invención no se debería limitar en modo alguno a tratamientos superficiales que tan sólo impliquen desbastado.

30

La fig. 1a muestra una pala de rotor 1 situada en la máquina automática de desbastado 2. Se debe apreciar que la orientación de la pala de rotor con relación a la máquina de desbastado podría ser igualmente opuesta, esto es, con el extremo delgado de la pala de rotor situado en la máquina de desbastado. La máquina de desbastado 2 está dispuesta para ser movida a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor a lo largo de pistas 3, 4. La pala de rotor mostrada en la fig. 1a es una pala de rotor de 44 m de largo, aunque obviamente también se pueden desbastar con la máquina automática de desbastado palas de rotor con longitudes diferentes. Como se muestra en la fig. 1a, la pala de rotor está situada en una posición casi horizontal soportada por elementos de soporte 5, 6, 7. Un elemento de soporte 5' se utiliza para asegurar el extremo de base de la pala de rotor en caso de que la pala de rotor se sitúe de modo opuesto.

35

La fig. 1b muestra un primer plano de la máquina de desbastado 2 con la pala de rotor 1 situada en la máquina. Como se ve, la máquina de desbastado comprende una estructura de bastidor 8 que tiene dos montantes rectos 9, 10 dispuestos verticalmente. Un brazo (no mostrado en la fig. 1b) está acoplado de modo movable a cada uno de los montantes rectos 9, 10, de modo que el dispositivo de desbastado 11 puede ser movido libremente entre el borde de ataque y el borde de salida de la pala de rotor. El dispositivo de desbastado 11 está acoplado de modo pivotante con el brazo dispuesto de modo movable en el montante recto 10. Así pues, combinando los movimientos verticales de los brazos movibles y el movimiento horizontal de la estructura de bastidor 8 con relación a la pala de rotor 1, las dos superficies opuestas doblemente curvadas de la pala de rotor 1 pueden ser desbastadas simultáneamente.

40

45

Las figs. 2a y 2b muestran la máquina automática de desbastado en dos perspectivas diferentes. Como se representa en ambas figuras, la máquina de desbastado está dispuesta de modo movable sobre pistas de guiado 15, 16. Como se mencionó anteriormente, estas pistas de guiado están dispuestas para guiar la máquina de desbastado a lo largo de una dirección longitudinal de una pala de rotor dispuesta horizontalmente. Se proporciona un motor eléctrico 17 para mover la máquina de desbastado a lo largo de pistas de guiado 15, 16. El motor

50

eléctrico está acoplado con una serie de ruedas 18, lo que permite que la máquina de desbastado se mueva a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor. Una pluralidad de ruedas adicionales (no mostradas) soportan la máquina de desbastado sobre las pistas de guiado 15, 16. Unos escudos de protección 19, 20, 21, 22 rodean la máquina de desbastado con el fin de minimizar el riesgo de que resulten heridas personas durante el funcionamiento de la máquina de desbastado.

La fig. 2b muestra la máquina de desbastado desde una perspectiva diferente. Una disposición móvil que comprende dos brazos móviles 23 (sólo se muestra un brazo) con dispositivos de desbastado 24, 25 acoplados a los mismos está dispuesta para moverse verticalmente a lo largo de cada uno de los montantes rectos 26, 27. Cada uno de los dos dispositivos de desbastado 24, 25 será descrito en mayor detalle en conexión con las figs. 5-8. Los brazos móviles son móviles a lo largo de los montantes rectos 26, 27 mediante un motor eléctrico 28 (sólo se muestra un motor eléctrico en la fig. 2b). Obviamente, son aplicables igualmente otros tipos de medios para mover los brazos móviles, tales como medios hidráulicos o neumáticos. Los brazos móviles deben poder realizar un movimiento vertical que se corresponda al menos con la altura de una pala de rotor situada horizontalmente. Así pues, en el caso de una pala de rotor de 44 m de largo, los brazos móviles deben ser capaces de viajar una distancia vertical de al menos 4 m.

Con el fin de poder seguir las dos superficies doblemente curvadas de una pala de rotor, los dispositivos de desbastado 24, 25 deben ser móviles hacia y desde las superficies de la pala de rotor. Así pues, los dispositivos de desbastado 24, 25 deben poder ser movidos a lo largo de una dirección sustancialmente horizontal perpendicular a la dirección longitudinal de la pala de rotor. Los movimientos de los dispositivos de desbastado 24, 25 hacia y desde la pala de rotor son proporcionados por el desplazamiento en horizontal de los brazos móviles a los cuales están acoplados de modo pivotante los dispositivos de desbastado 24, 25. El movimiento horizontal de cada uno de los brazos móviles es proporcionado por medios neumáticos, aunque otras disposiciones se pueden aplicar igualmente. Con el fin de poder seguir las superficies doblemente curvadas de la pala de rotor, los dispositivos de desbastado 24, 25 están acoplados de modo pivotante, como se mencionó anteriormente, a los brazos móviles. Así pues, cada uno de los dispositivos de desbastado 24, 25 está dispuesto para pivotar alrededor de un eje sustancialmente vertical por lo que se permite que cada uno de los dispositivos de desbastado se ajuste a porciones anguladas de superficie en la dirección longitudinal de la pala de rotor.

La fig. 3 muestra una vista en sección transversal del lado derecho de la máquina automática de desbastado mostrada en la fig. 2b. Aplicando los mismos números de referencia que en la fig. 2a, la fig. 3 muestra el brazo 23 dispuesto de modo móvil acoplado con el montante recto 26. Un motor eléctrico 28 con disposiciones de acoplamiento mecánicas adecuadas, tales como por ejemplo disposiciones de engranajes, mueve el brazo 23 a lo largo del montante recto 26 como respuesta a señales de control del motor suministradas. El dispositivo de desbastado 24 está acoplado de modo pivotante con el brazo 23 de modo que el dispositivo de desbastado 24 pueda pivotar alrededor de un eje sustancialmente vertical. Durante el desbastado, el brazo móvil 23 pone el dispositivo de desbastado en contacto con la superficie 29 de la pala de rotor. Un mecanismo de control asegura que, durante el desbastado, el dispositivo de desbastado es inclinado mecánicamente hacia la superficie de la pala de rotor con una fuerza predeterminada. Como se mencionó anteriormente, medios neumáticos (no mostrados) proporcionan movimientos horizontales del brazo 23.

La fig. 4 representa elementos de soporte para soportar una pala de rotor dispuesta horizontalmente. Como se ve en la fig. 4a, el elemento de soporte al cual está asegurada la base de la pala de rotor comprende una porción de base 30, dos porciones laterales 31 y una porción de fijación 32. En la porción de fijación 32, se disponen una serie de pistas 23, cuatro en este caso. Cada una de estas pistas está adaptada para recibir un perno asegurado en la base de la pala de rotor. La fig. 4b muestra un elemento de soporte para soportar el cuerpo de la pala de rotor. El elemento de soporte de la fig. 4b comprende una base 34, tres montantes rectos 35 y un soporte 36 en forma de V para recibir un borde de la pala de rotor. La posición de los elementos de soporte se ilustra en la fig. 1.

La fig. 5 muestra un dispositivo de desbastado de la máquina automática de desbastado. Como se representa en la fig. 2, la máquina automática de desbastado aplica dos dispositivos de desbastado, un dispositivo de desbastado para desbastar cada una de las superficies opuestas doblemente curvadas de una pala de rotor. Como se observa en la fig. 5, un dispositivo de desbastado comprende un elemento de desbastado 37 montado de modo giratorio, accionado por un motor eléctrico 38 mediante una correa de accionamiento (no mostrada). El motor eléctrico 38 puede ser un motor síncrono, asíncrono o de corriente continua. El dispositivo de desbastado comprende además un conjunto de escudos móviles 39, 40, que están dispuestos de modo inclinable de forma que puedan seguir variaciones del contorno vertical de una superficie de una pala de rotor. Con el fin de no dañar o arañar la superficie de la pala de rotor, y para asegurar un contacto adecuado entre el dispositivo de desbastado y la superficie de la pala de rotor, los bordes de los escudos móviles 39, 40 están equipados con cepillos blandos 41 que se extienden desde los bordes de los escudos móviles 39/40. Una pluralidad de elementos de soporte 42 montados de modo pivotante se disponen para soportar dos escudos a modo de fuelle (no mostrados). Estos escudos a modo de fuelle minimizarán, en combinación con los escudos móviles 39, 40, la cantidad de polvo de

desbastado que escapa del interior del dispositivo de desbastado. Para conducir el polvo de desbastado fuera del dispositivo de desbastado, se proporciona un par de ramas de conexión de succión 43. Estas ramas de conexión de succión 43 están conectadas, mediante un par de tubos flexibles, con un conjunto de succión externo.

5 El elemento de desbastado 37 comprende un elemento cilíndrico montado de modo giratorio que tiene una pluralidad de surcos superficiales lineales dispuestos en su interior. Preferentemente, la pluralidad de surcos superficiales lineales se disponen de modo sustancialmente paralelo. En términos de orientación, la pluralidad de surcos superficiales presentan preferentemente un ángulo con relación a un eje central del elemento cilíndrico. Cada uno de los surcos superficiales está adaptado para alojar un cepillo de desbastado que comprende papel de lija que se extiende radialmente, soportado por cepillos flexibles. Tales cepillos de desbastado están disponibles comercialmente de diversos proveedores. La longitud total del elemento de desbastado es de aproximadamente 80
10 cm. La altura del elemento de desbastado es de alrededor de 5 cm.

Para asegurar un desbastado uniforme de las superficies de la pala de rotor, se proporciona un par de miembros de fijación de distancia 44, 45 en lados opuestos del elemento de desbastado 37. Estos miembros de fijación de distancia 44, 45 establecen la distancia de trabajo entre la superficie de la pala de rotor y el dispositivo de desbastado. Como se muestra en la fig. 5, cada miembro de fijación de distancia 44, 45 comprende una estructura de bastidor 46 y una pluralidad de ruedas 47 montadas de modo giratorio dispuestas en el mismo. Durante el desbastado algunas de las ruedas 47 apoyan sobre la superficie de la pala de rotor que está siendo desbastada. Una descripción más detallada de estos miembros de fijación de distancia se ofrece a continuación.

20 Durante el desbastado de una parte superficial de una pala de rotor, el dispositivo de desbastado pertinente es inclinado mecánicamente hacia la parte superficial que está siendo desbastada. Por inclinado mecánicamente se entiende que el dispositivo de desbastado es empujado hacia la superficie con una fuerza esencialmente constante y predeterminada. Como se mencionó anteriormente, el dispositivo de desbastado se mueve hacia la superficie de la pala de rotor por medios neumáticos. Un mecanismo de control en forma de un bucle de realimentación asegura que los medios neumáticos mantienen la fuerza predeterminada entre el dispositivo de desbastado y la superficie de la pala de rotor. La fuerza de empuje puede ser variada para satisfacer requisitos específicos tales como
25 velocidad de desbastado, tipo de papel de lija, etc.

La fig. 6 muestra el dispositivo de desbastado en una perspectiva en vista inferior, mientras que la fig. 7 muestra un dispositivo de desbastado que apoya sobre una superficie de una pala de rotor.

30 La fig. 8 muestra un miembro de fijación de distancia 48 de un dispositivo de desbastado. Como se ve, el miembro de fijación de distancia 48 comprende una estructura de bastidor 49 y una pluralidad de ruedas 50 montadas de modo giratorio unidas al mismo. La porción curvada 49 de la estructura de bastidor y el posicionamiento curvado de las ruedas 50 montadas de modo giratorio aseguran que el desbastado de porciones de superficie curvadas verticalmente de la pala de rotor puede ser llevado a cabo de un modo uniforme, ya que las ruedas 50 están adaptadas para apoyar sobre la superficie de la pala de rotor durante el desbastado.

35 La fig. 9 muestra una vista en sección transversal de una pala de rotor 51 que está orientada con su borde de ataque 54 orientado hacia abajo y su borde de salida 55 orientado hacia arriba. En principio, la pala de rotor 51 puede estar orientada de un modo opuesto, esto es, con su borde de salida 55 orientado hacia abajo y su borde de ataque 54 orientado hacia arriba.

40 Es una característica estructural de las palas de rotor de turbinas eólicas que sean esencialmente insensibles a esfuerzos de torsión. Esta insensibilidad a esfuerzos de torsión puede ser explotada tratando la pala de rotor, tal como mediante desbastado, pulido, chorro de arena o chorro de vidrio, de un modo asimétrico. Sin embargo, como una pala de turbina eólica, especialmente cerca de su extremo distal y por lo tanto más delgado, se puede flexionar, preferentemente, se deberían realizar tratamientos simultáneos de superficies opuestas de la pala de rotor de un modo equilibrado.

45 La pala de rotor de la fig. 9 está siendo desbastada por medio de dos dispositivos de desbastado 52, 53 que siguen los contornos superficiales 56, 57 de la pala de rotor 51. Como se representa en la fig. 9, el dispositivo de desbastado 53 se mueve desde el borde de ataque 54 en la dirección hacia el borde de salida 55 de la pala de rotor, mientras que el dispositivo de desbastado 52 se mueve desde el borde de salida 55 en la dirección hacia el borde de ataque 54 de la pala de rotor siguiendo las líneas discontinuas de la fig. 9. Los movimientos respectivos de los dispositivos de desbastado 52, 53 se realizan simultáneamente.
50

Como una pala de rotor de turbina eólica es esencialmente insensible a esfuerzos de torsión, el acabado superficial, tal como un desbastado superficial, se realiza de un modo asimétrico, como se ilustra en la fig. 9. Sin embargo, para evitar inducir una carga de torsión innecesariamente sobre la pala de rotor y evitar la flexión del extremo distal de la pala de rotor durante el tratamiento superficial, las fuerzas suministradas por los dos
55 dispositivos de desbastado 52, 53 están equilibradas.

5 La dirección de giro de los dispositivos de desbastado 52, 53 puede ser como se indica en la fig. 9. Sin embargo, las direcciones de giro pueden ser invertidas opcionalmente. En la fig. 9, las superficies de la pala de rotor son desbastadas moviendo los dos dispositivos de desbastado en sentido horario con relación a la pala de rotor. Sin embargo, podría ser aplicable igualmente el mover los dispositivos de desbastado en sentido antihorario con relación a la pala de rotor.

10 Las dos superficies opuestas 56, 57 de la pala de rotor pueden ser desbastadas moviendo los dispositivos de desbastado 52, 53 a lo largo de las superficies 56, 57 con una velocidad sustancialmente constante. Alternativamente, las superficies 56, 57 pueden ser desbastadas moviendo los dispositivos de desbastado a lo largo de las superficies 56, 57 con una velocidad que depende de los contornos de la pala de rotor. Así pues, la máquina de desbastado que lleva a cabo un procedimiento de desbastado de acuerdo con la presente invención puede ser configurada para mover el dispositivo de desbastado 52 desde el borde de salida hasta el borde de ataque, y mover el dispositivo de desbastado 53 desde el borde de ataque hasta el borde de salida esencialmente al mismo tiempo.

15 El funcionamiento global de la máquina automática de acabado superficial para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la presente invención es controlado por un módulo de control basado en PLC que tiene una interfaz de usuario fácil de usar. El usuario de la máquina automática de acabado superficial introduce parámetros de control en el módulo de control mediante una pantalla táctil dispuesta en un panel de control. El módulo de control es capaz de controlar y coordinar simultáneamente movimientos de la máquina a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor, los movimientos en vertical y horizontal de los dos brazos movibles, y el funcionamiento de los
 20 dos dispositivos de acabado superficial acoplados de modo pivotante con los dos brazos movibles. Así pues, introduciendo tan sólo las dimensiones de la pala de rotor que se va a tratar, la máquina de acabado superficial para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la presente invención trata automáticamente las dos superficies doblemente curvadas de la pala de rotor. En comparación, por ejemplo, con un procedimiento de desbastado manual de una pala de rotor de 44 m, el tiempo necesario para el desbastado de tal pala de rotor se reduce
 25 significativamente. En el caso del desbastado, el patrón de desbastado, esto es, el patrón de movimiento de un dispositivo de desbastado con relación a la superficie que se va a desbastar, aplicado por la máquina automática de acabado superficial puede ser elegido para satisfacer requisitos específicos. Así pues, entre otros patrones de desbastado se puede aplicar un patrón a modo de trama. Otros parámetros relativos al control, tales como la
 30 velocidad de giro de los elementos de desbastado de los dispositivos de desbastado, la velocidad de desbastado, el posible solapamiento espacial entre pistas de desbastado vecinas, pueden ser variados para satisfacer requisitos específicos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para el tratamiento superficial de una pala de rotor (1, 51) para una turbina eólica, comprendiendo la pala de rotor un borde de ataque (54) y un borde de salida (55) que separan unas superficies sustancialmente opuestas primera y segunda (56, 57) de dicha pala de rotor, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- proporcionar una pala de rotor y soportar dicha pala de rotor al menos por un extremo de raíz y en una posición distal a lo largo de un eje longitudinal de la pala de rotor, en el que se dispone un elemento de soporte (5) en el extremo de raíz para impedir el giro de la pala de rotor alrededor del eje longitudinal de la pala de rotor,
 - 10 – proporcionar un primer dispositivo de tratamiento superficial (11, 24, 52) dispuesto de modo movable, adaptado para proporcionar un tratamiento superficial de la primera superficie de la pala de rotor, y
 - proporcionar un segundo dispositivo de tratamiento superficial (11, 25, 53) dispuesto de modo movable, adaptado para proporcionar un tratamiento superficial de la segunda superficie del objeto,
- 15 y estando caracterizado porque los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo se mueven en direcciones opuestas y hacia los bordes de ataque y de salida, respectivamente, durante el tratamiento superficial de las superficies primera y segunda de la pala de rotor.
- 20 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de tratamiento superficial (24, 52) se mueve desde el borde de salida hasta el borde de ataque durante el tratamiento superficial de la primera superficie (56), mientras que el segundo dispositivo de tratamiento superficial (25, 53) se mueve desde el borde de ataque hasta el borde de salida durante el tratamiento superficial de la segunda superficie (57).
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la pala de rotor (1, 51) está soportada, durante el tratamiento, de tal modo que el borde de ataque o el borde de salida definen un borde superior de la pala de rotor.
- 25 4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo son movidos entre los bordes de ataque (54) y de salida (55) a una velocidad sustancialmente constante.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que las fuerzas proporcionadas por los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo y que actúan sobre la pala de rotor (1, 51) durante el tratamiento superficial están equilibradas de modo que se evita esencialmente la flexión de la pala de rotor a lo largo de su eje longitudinal.
- 30 6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el primer dispositivo de tratamiento superficial (24) está dispuesto en un primer brazo movable (23) que está conectado funcionalmente con una estructura de bastidor (8) adaptada para realizar un movimiento relativo a lo largo del eje longitudinal de la pala de rotor, siendo movable el primer brazo movable en direcciones sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la pala de rotor, por lo que se permite que el primer dispositivo de tratamiento superficial trate la primera superficie de la pala de rotor, y en el que el segundo dispositivo de tratamiento superficial (25) está dispuesto en un segundo brazo movable (23) que está conectado funcionalmente con la estructura de bastidor, siendo movable el segundo brazo movable en direcciones sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal de la pala de rotor, por lo que se permite que el segundo dispositivo de tratamiento superficial trate la segunda superficie de la pala de rotor.
- 35 7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo comprenden dispositivos de desbastado primero y segundo (11, 24, 25, 52, 53) respectivamente.
- 40 8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo (11, 24, 25, 52, 53) comprenden dispositivos respectivos para pulido, chorro de arena, chorro de vidrio, u otro tratamiento físico con un agente abrasivo, con el fin de proporcionar un acabado superficial al menos a una parte de la pala de rotor.
- 45 9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo (11, 24, 25, 52, 53) están dispuestos de modo pivotante.
- 50 10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo comprende una disposición distanciadora (44, 45, 48) adaptada para apoyar sobre las superficies primera o segunda durante el tratamiento de la pala de rotor.

11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que cada disposición distanciadora comprende un primer y un segundo conjunto de ruedas (47, 50) montadas de modo giratorio.

5 12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el primer conjunto de ruedas está dispuesto sobre una porción curvada (49) de una primera montura, y en el que el segundo conjunto de ruedas está dispuesto sobre una porción curvada (49) de una segunda montura.

13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de proporcionar una disposición de retirada de polvo (39, 40, 41, 43) adaptada para conducir polvo fuera de los dispositivos de tratamiento superficial primero y segundo.

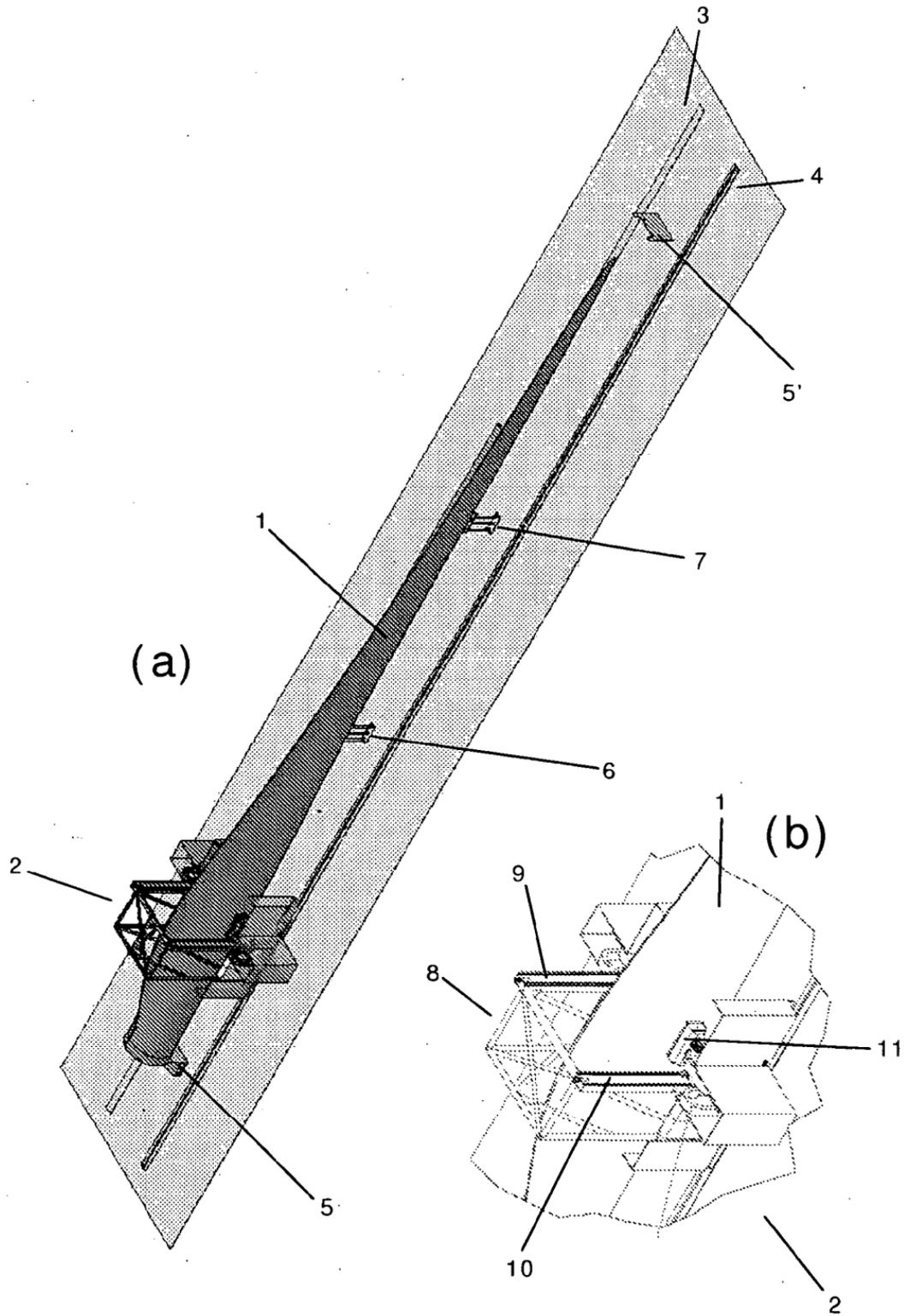


Fig. 1

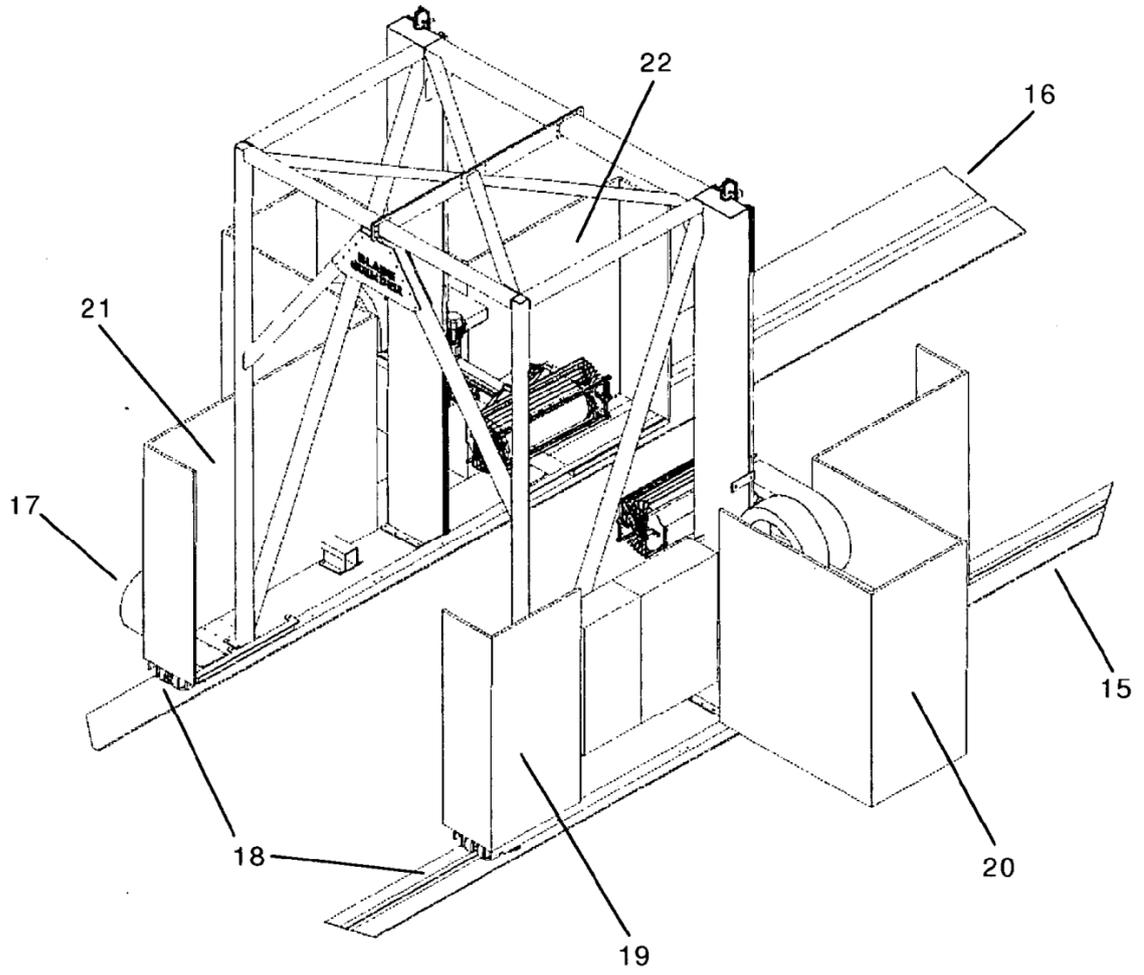


Fig. 2a

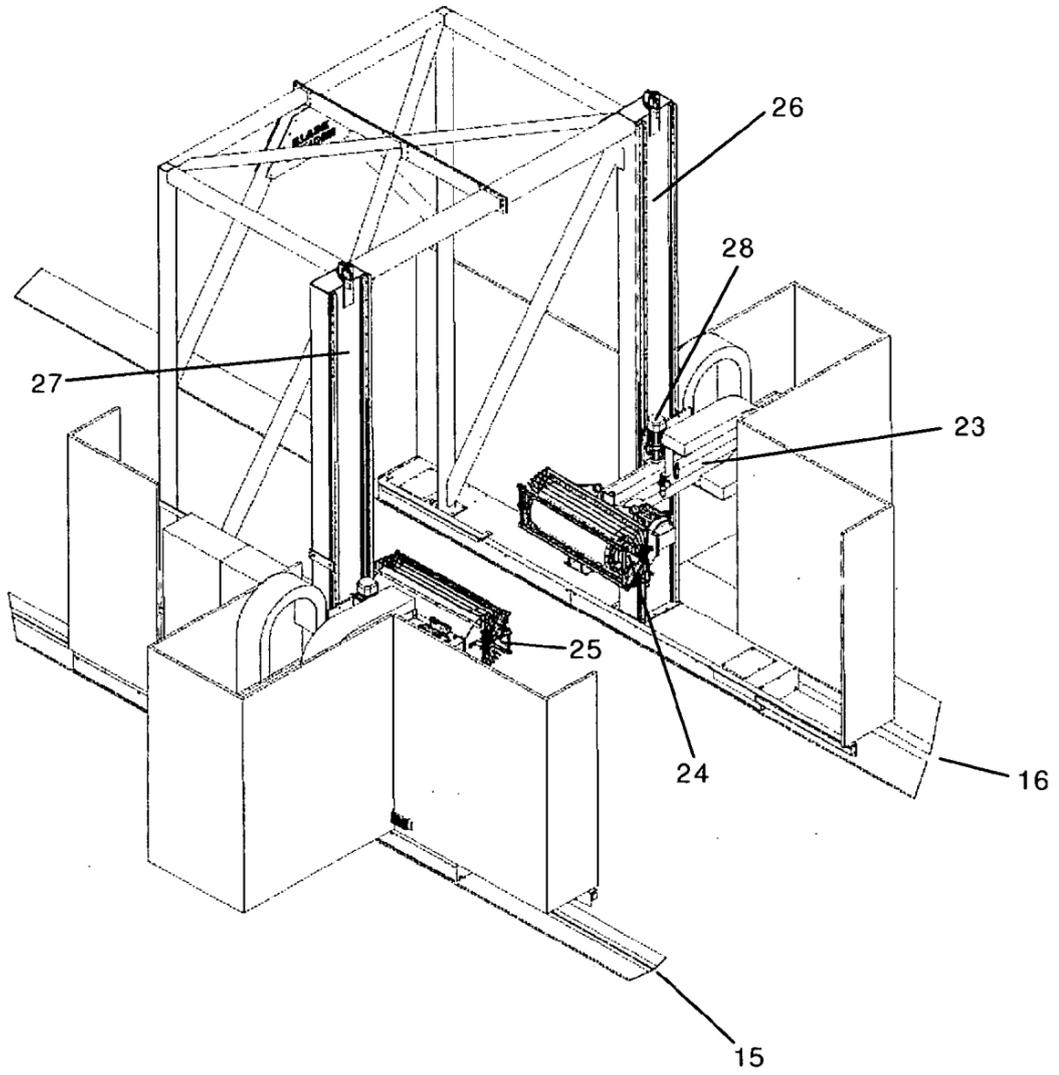


Fig. 2b

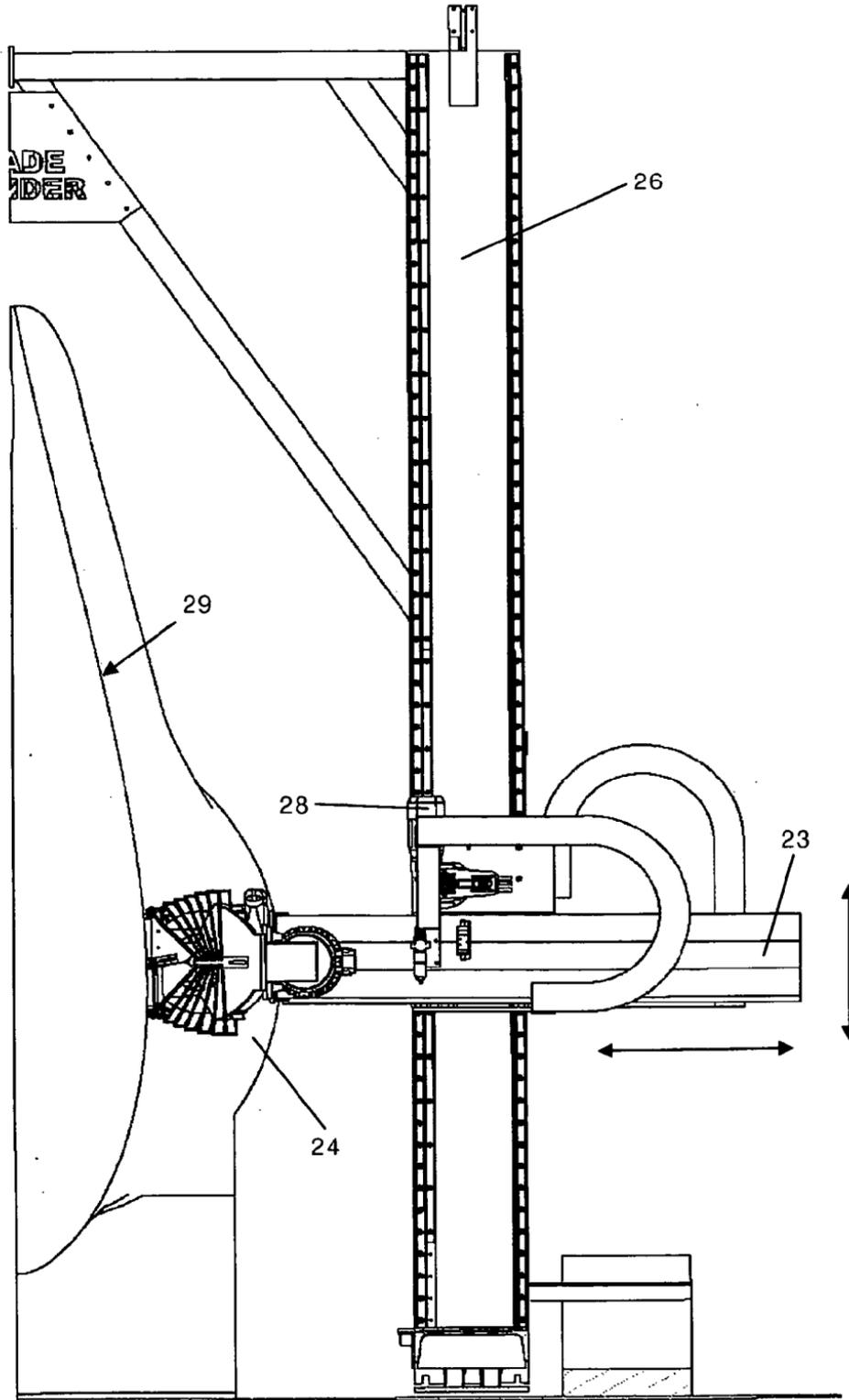
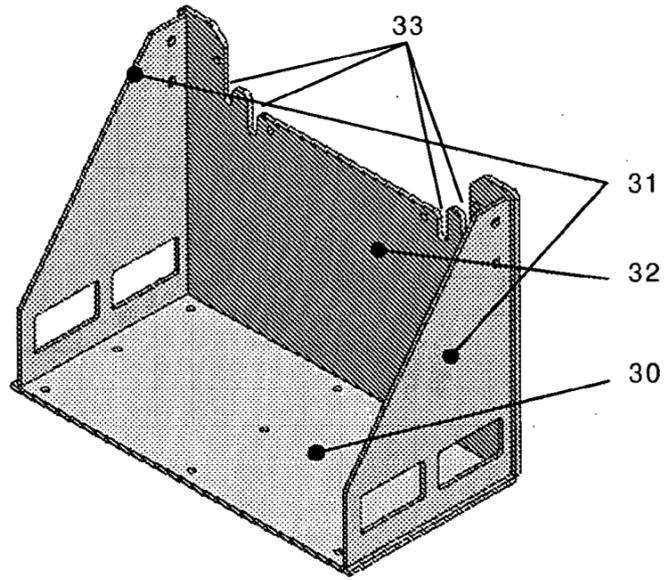
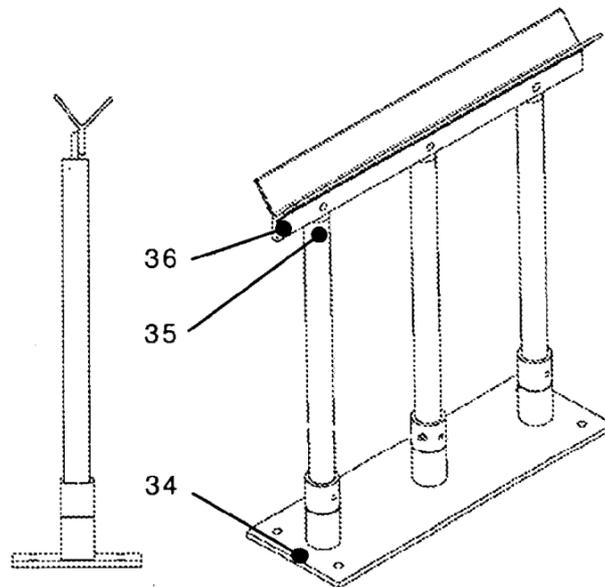


Fig. 3



(a)



(b)

Fig. 4

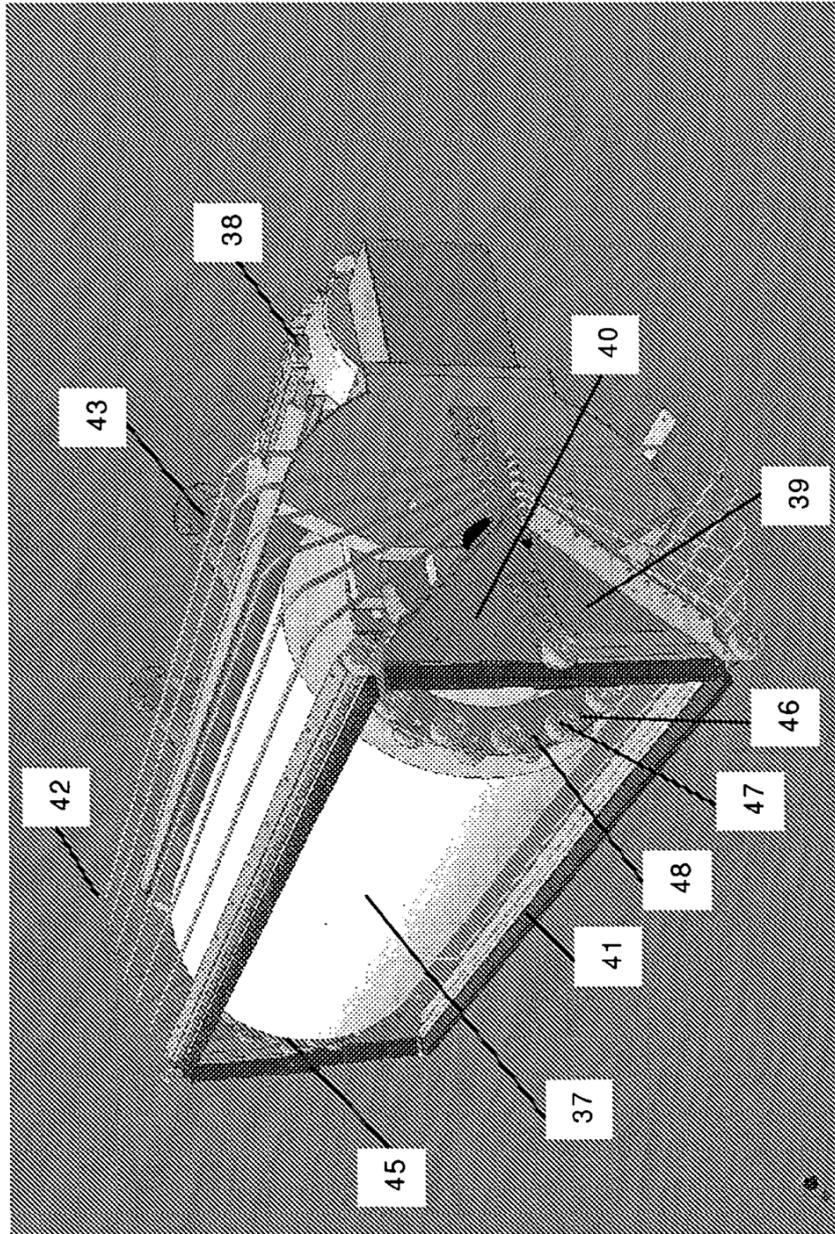


Fig. 5

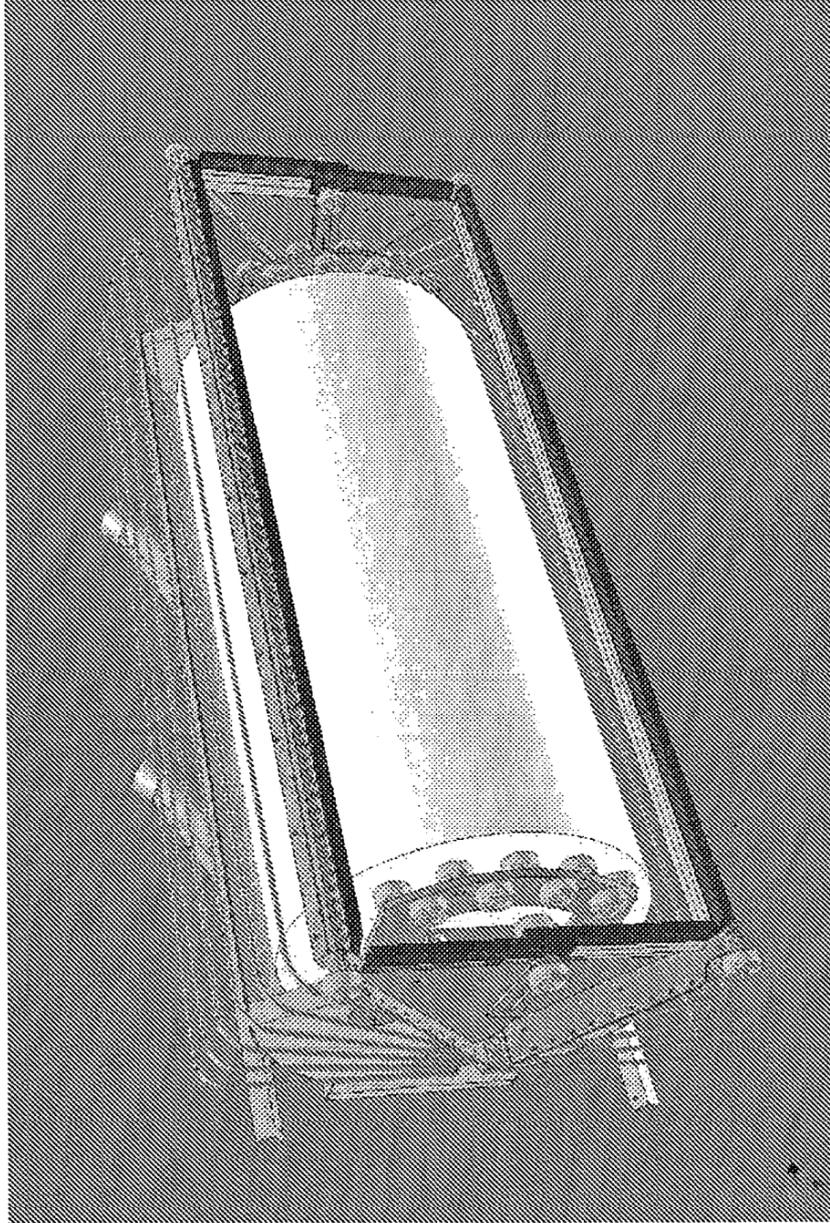


Fig. 6

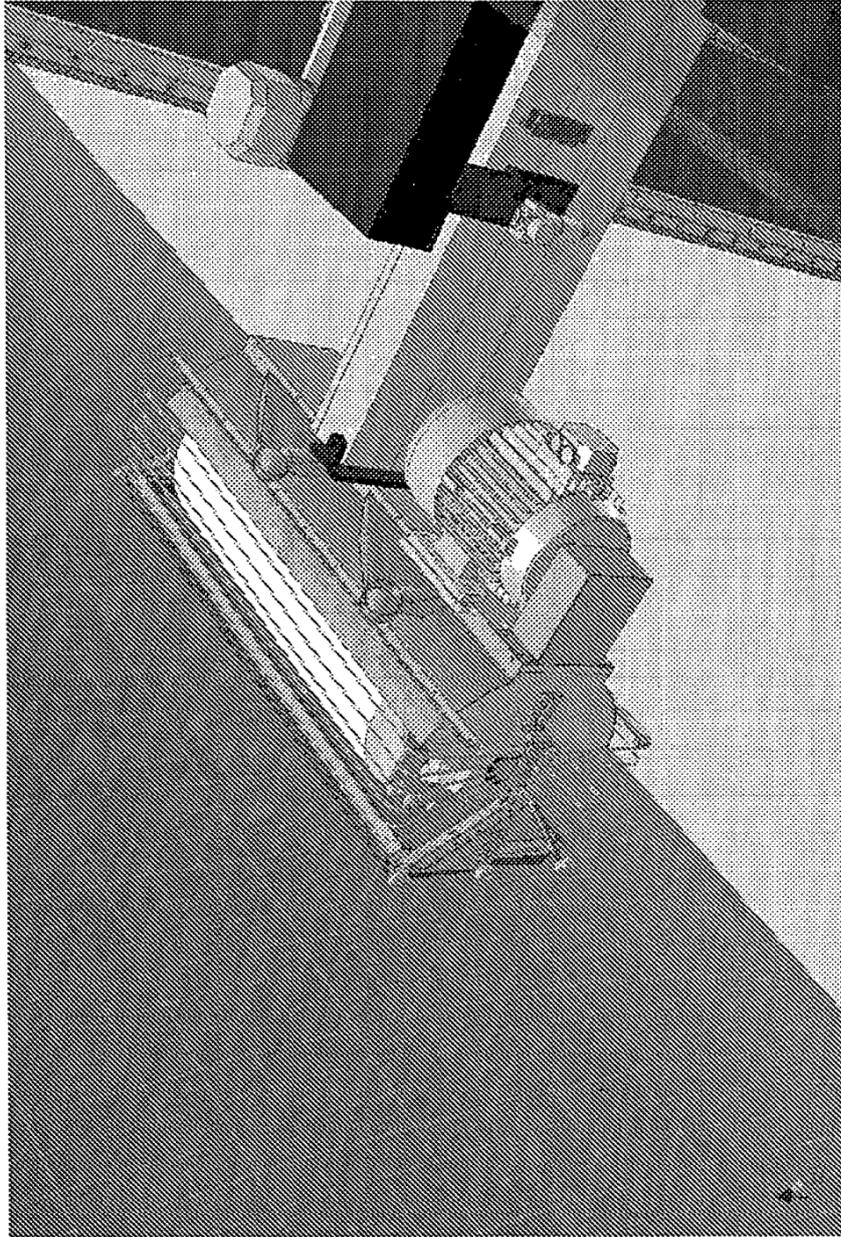
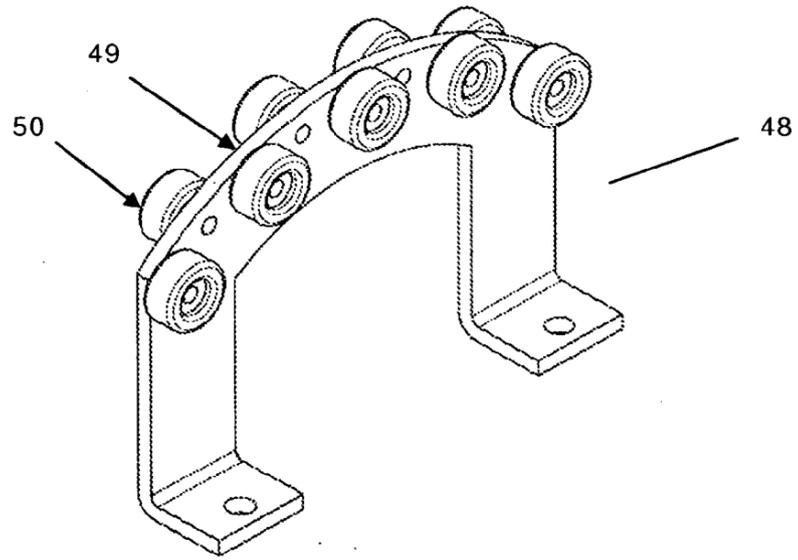
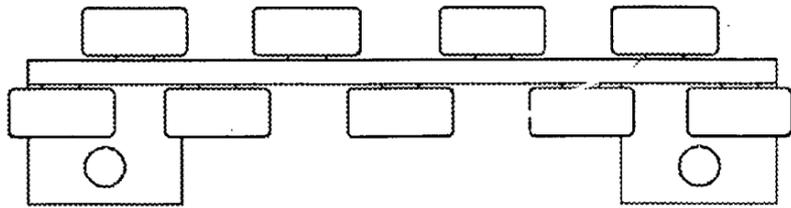


Fig. 7



(a)



(b)

Fig. 8

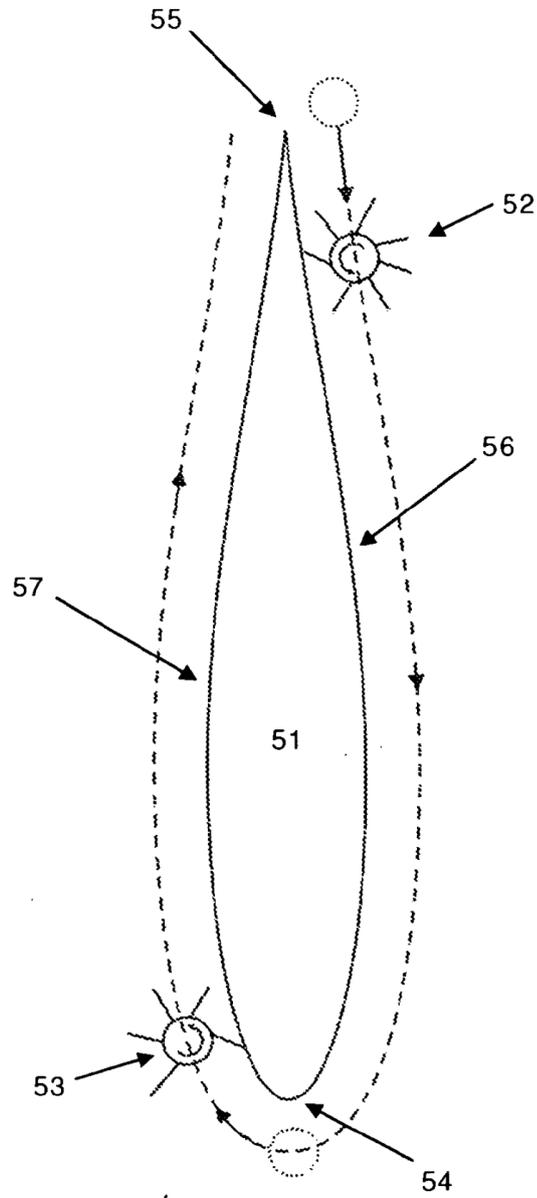


Fig. 9