

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 484 943**

51 Int. Cl.:

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29C 65/48** (2006.01)

**B29C 65/00** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2010 E 10005443 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2261501**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

**29.05.2009 DE 102009024324**

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

**12.08.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GAU, LUTZ-REINER**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 484 943 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica.

- 5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica, que presenta una primera semicarcasa, una segunda semicarcasa y al menos un alma que se extiende en el sentido longitudinal de la pala de rotor (véase por ejemplo el documento DE102004057979A).

Las palas de rotor de instalaciones de energía eólica están sometidas a solicitaciones muy elevadas y cambiantes.

- 10 Especialmente en las palas de rotor que se ensamblan a partir de dos semicarcasas, la resistencia y la calidad aerodinámica de las palas de rotor depende esencialmente del montaje exacto y seguro de dichos componentes. La carcasa superior y la carcasa inferior de este tipo de palas de rotor se componen generalmente de materia sintética reforzada con fibras de vidrio y se encolan entre ellas de forma periférica, entre otros, por sus cantos delantero y trasero. Entre la carcasa superior y la carcasa inferior en muchos casos se encuentran un alma o varias almas  
15 dispuestas especialmente en paralelo que están unidas a la carcasa inferior y la carcasa superior confiriendo una resistencia adicional a la pala de rotor. La o las almas forman una unidad de soporte en combinación con las correas principales que se extienden a lo largo de las mitades de carcasa.

- En un procedimiento de montaje conocido, en primer lugar, la carcasa inferior de la pala de rotor se dispone en un  
20 molde abierto hacia arriba o en un caballete adecuado, de tal forma que su lado interior mire hacia arriba. En la zona de unión entre la carcasa inferior y el alma o las almas se aplica un adhesivo en la carcasa inferior. A continuación, el alma o las almas se descenden con un equipo elevador adecuado a la posición deseada sobre la carcasa inferior hasta quedar en contacto con la carcasa inferior. A continuación, se aplica adhesivo en la zona de unión entre las mitades de carcasa y en la zona de unión entre el alma o las almas y la carcasa superior, y la carcasa superior se  
25 coloca sobre el alma o las almas y la carcasa inferior, y se encola con estos.

- Partiendo de ello, la invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento mejorado para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica que permita un dimensionamiento uniforme y preciso de las uniones adhesivas del alma o de las almas con las correas principales integradas en la carcasa principal, gastando  
30 al mismo tiempo menos adhesivo, así como un dispositivo para realizar el procedimiento.

- La invención está basada en el conocimiento de que el depósito del alma sobre la carcasa inferior, conocido por el estado de técnica, frecuentemente conduce a un posicionamiento impreciso del alma. La causa de ello son diferencias dimensionales en el contorno interior de la carcasa inferior. Generalmente, las semicarcasas de las palas  
35 de rotor se fabrican en moldes abiertos o bien mediante la inserción de esterillas de vidrio impregnadas ya de resina, denominadas preimpregnados, o bien mediante una estructura de capas secas de esterillas de vidrio con la infusión o inyección subsiguiente de una resina. La estructura de capas se recubre de forma hermética al aire con una lámina y se evacua el aire. La presión atmosférica que ahora es superior a la presión interior debajo de la lámina comprime las capas de esterillas garantizando una alta densidad del laminado resultante. Debido a que las condiciones de  
40 presión y de temperatura varían entre un caso y otro y las viscosidades y los comportamientos de humectación de las fibras de vidrio difieren según la temperatura y la composición química de las resinas, resultan irregularidades de los contornos interiores de las semicarcasas en forma de pliegues, ondulaciones y abolladuras. Por pliegues se entienden elevaciones en el sentido longitudinal de las semicarcasas. Las elevaciones en forma de ondulaciones discurren en el sentido transversal de las semicarcasas.

- 45 En el procedimiento de montaje conocido por el estado de la técnica, el alma se hunde en el adhesivo bajo su peso propio hasta una profundidad que varía en función de la viscosidad del adhesivo. En caso de un adhesivo relativamente líquido, generalmente, el alma se hunde hasta el contorno interior de la pala de rotor. Las irregularidades en forma de ondulaciones o pliegues que se producen frecuentemente en el contorno interior del laminado conducen a un contacto puntual del alma. Las irregularidades, cuya altura excede de la medida de hendidura admisible tienen un efecto especialmente negativo en la posición vertical del alma. Además, el alma puede volcar en el sentido longitudinal y/o en el sentido transversal, lo que conduce a errores en el posicionamiento del alma y, como consecuencia, a grandes diferencias en el grosor y la geometría de la junta de unión adhesiva. En caso de mayores irregularidades del contorno interior de la semicarcasa también puede ocurrir que en algunos  
50 puntos el alma no tenga contacto suficiente con el adhesivo aplicado y que el espacio libre que queda entre el alma y la semicarcasa no quede suficientemente relleno de adhesivo. En casos extremos, por zonas del alma que sobresalen hacia arriba puede resultar imposible colocar y encolar la carcasa superior con la carcasa inferior y el alma o las almas. Entonces, es necesario realizar en las almas una incisión central en sentido longitudinal para reducir su altura.

Las diferencias en el posicionamiento del alma sobre la carcasa inferior durante la unión con la carcasa superior pueden producir considerables imprecisiones. Los problemas mencionados requieren un repaso complicado de las uniones adhesivas de la pala de rotor correspondiente, lo que en algunos casos ya no es posible después de colocar la carcasa superior. Especialmente en las zonas más planas de la pala de rotor, cerca de la punta de pala, ya sólo es posible de forma limitada controlar o reparar las uniones adhesivas después del encolado de la pala.

El objetivo indicado anteriormente se consigue mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1. Algunas formas de realización ventajosas se indican en las reivindicaciones subordinadas.

El procedimiento para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica, que presenta una primera semicarcasa, una segunda semicarcasa y al menos un alma que se extiende en el sentido longitudinal de la pala de rotor, tiene los siguientes pasos:

• la disposición de la primera semicarcasa en una posición predeterminada,

• la fijación del al menos un alma a un dispositivo de sujeción de alma,

• la disposición de adhesivo en la zona de unión entre la primera semicarcasa y el al menos un alma,

• el movimiento del dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma fijada a este, en dirección hacia la primera semicarcasa, hasta una posición final en la que el adhesivo se fragua uniendo entre ellos el al menos un alma y la primera semicarcasa, siendo determinada la posición final por al menos un dispositivo de limitación de movimiento que limita el movimiento hacia la primera semicarcasa, de tal forma que el al menos un alma queda dispuesto de forma flotante a lo largo de toda su longitud a una distancia con respecto a la primera semicarcasa,

• la separación y retirada del dispositivo de sujeción de alma del al menos un alma,

• la disposición de adhesivo en la zona de unión entre la primera semicarcasa y el al menos un alma,

• la disposición de la segunda semicarcasa en una posición predeterminada y la unión de la primera semicarcasa con la segunda semicarcasa.

La primera semicarcasa puede ser la carcasa inferior y la segunda semicarcasa puede ser la carcasa superior de la pala de rotor, o viceversa. La disposición de la primera semicarcasa se puede realizar por ejemplo con la ayuda de un molde empleado para fabricar la semicarcasa o con otro tipo de soporte o de sujeción, denominado en lo sucesivo dispositivo de alojamiento, que aloja la primera semicarcasa en una posición predeterminada sujetándola en esta. Especialmente, la primera semicarcasa se puede disponer de tal forma que su lado interior mire hacia arriba.

La fijación del al menos un alma al dispositivo de sujeción de alma puede realizarse especialmente con la ayuda de un dispositivo de fijación adecuado del dispositivo de sujeción de alma, con el que el al menos un alma pueda fijarse de forma amovible dentro del dispositivo de sujeción de alma. La fijación puede realizarse de tal forma que el al menos un alma quede fijada en una posición y una situación angular predeterminados con respecto al dispositivo de sujeción de alma.

El adhesivo se dispone en la zona de unión entre la primera semicarcasa y el al menos un alma. Se puede aplicar por ejemplo en el lado interior de la primera semicarcasa.

El adhesivo en la zona de unión entre la segunda semicarcasa y el al menos un alma puede aplicarse por ejemplo en la superficie del al menos un alma, orientada hacia la segunda semicarcasa, o en el lado interior de la segunda semicarcasa.

La disposición de la segunda semicarcasa en la posición predeterminada puede realizarse por ejemplo con la ayuda de una grúa; también es posible usar un dispositivo separado con el que la segunda semicarcasa se pone en la posición predeterminada, por ejemplo, mediante el pivotamiento de la segunda semicarcasa alrededor de un eje de pivotamiento que discurre paralelamente con respecto a su sentido longitudinal. Para poner la segunda semicarcasa en su posición teórica, esta se puede someter a una fuerza adicional hacia abajo, por ejemplo mediante un dispositivo de posicionamiento para la segunda semicarcasa o un dispositivo de cierre de molde. El movimiento de la

segunda semicarcasa hacia abajo puede realizarse preferentemente hasta una posición final que puede determinarse mediante al menos un tope adicional. De esta manera, especialmente en caso de un adhesivo con una viscosidad relativamente alta, en caso de que la fuerza de peso de la segunda semicarcasa no fuese suficiente para el hundimiento al adhesivo hasta la posición teórica de la segunda semicarcasa, se puede garantizar que la  
 5 segunda semicarcasa alcance su posición teórica y que en esta se una a la primera semicarcasa. La unión de las dos semicarcasas puede realizarse especialmente mediante el encolado a lo largo de los cantos delanteros y traseros de las dos semicarcasas.

Según la invención, el movimiento del dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma fijado a este se  
 10 realiza en dirección hacia la primera semicarcasa, hasta una posición final. La posición final está predeterminada por un dispositivo de limitación de movimiento que limita el movimiento, de tal forma que en la posición final, el al menos un alma queda dispuesta a lo largo de toda su longitud a una distancia con respecto a la primera semicarcasa. De esta manera se evita que el alma entre en contacto con la primera semicarcasa, especialmente en la zona de ondulaciones o pliegues del contorno interior de la primera semicarcasa. Por lo tanto, también en estas zonas se  
 15 consigue una junta de adhesivo definida con cierta altura mínima. La posición final se puede definir por ejemplo con respecto a un eje central o eje de simetría de la pala de rotor, de tal forma que el al menos un alma quede sujeto de forma "flotante" a una distancia con respecto a la primera semicarcasa, en su posición teórica tanto con respecto a la primera semicarcasa como a la segunda semicarcasa.

El dispositivo de limitación de movimiento puede ser por ejemplo un tope mecánico, pero también es posible limitar el movimiento con la ayuda de un control que pare el movimiento al alcanzar una posición final predefinible, por ejemplo, mediante la excitación de un dispositivo de ajuste que realice el movimiento. En este caso, el dispositivo de limitación de movimiento del dispositivo de ajuste puede predefinir un valor teórico que defina la posición final. Preferentemente, el al menos un dispositivo de limitación de movimiento puede ajustarse. Por ejemplo, puede ser  
 20 ajustable un tope que sirva de dispositivo de limitación de movimiento y/o una contrapieza que actúe en conjunto con el tope, por ejemplo una superficie de contacto definida, de modo que pueda ajustarse la posición final del alma según su posición teórica.

Después del fraguado del adhesivo en la zona de unión entre la primera semicarcasa y el al menos un alma, el alma  
 30 se encuentra por tanto exactamente en esta posición, de modo que también entre el al menos un alma y la segunda semicarcasa se cumpla exactamente la distancia deseada.

Preferentemente, la separación y la retirada del dispositivo de sujeción de alma se realizan después del fraguado total del adhesivo.

35 En una forma de realización, el al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado como tope en el dispositivo de sujeción de alma y actúa en conjunto con el borde de la primera semicarcasa y/o con un dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa que mantiene la primera semicarcasa en su posición predefinida. Generalmente, el tope puede estar realizado de manera discrecional, mientras limite el movimiento del alma. Por  
 40 ejemplo, el al menos un tope puede estar realizado en el al menos un alma o en la primera semicarcasa que limita el movimiento relativo entre el alma y la semicarcasa en la posición final, por entrar en contacto respectivamente con el otro componente. Preferentemente, sin embargo, el al menos un tope está realizado de tal forma que actúa independientemente de las tolerancias de fabricación del contorno interior de la primera semicarcasa. Para ello, por ejemplo, se puede usar por ejemplo al menos un tope que actúe independientemente de la presencia de la primera  
 45 semicarcasa y/o de la presencia del al menos un alma y que limite el movimiento de un primer componente del dispositivo con respecto a un segundo componente del dispositivo. Este es el caso, por ejemplo, si el al menos un tope está dispuesto en el dispositivo de sujeción de alma y si actúa en conjunto con un dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa. Para ello, el dispositivo de alojamiento puede presentar zonas de contacto definidas que entren en contacto con los topes del dispositivo de sujeción de alma. Alternativamente, también puede estar  
 50 previsto un contacto entre topes dispuestos en el dispositivo de sujeción de alma y la primera semicarcasa misma. Para ello, preferentemente, como superficie de contacto para los topes se elige una zona de la primera semicarcasa que presente tolerancias de fabricación relativamente bajas, especialmente secciones de borde adecuadas de la primera semicarcasa. También es posible la acción conjunta de un tope fijamente dispuesto con respecto al dispositivo de sujeción de alma, con una contrapieza fija, discrecional.

55 En una forma de realización, el dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma fijada a este se dispone en una posición predefinida, a una distancia con respecto a la primera semicarcasa, antes de su movimiento a la posición final, y el movimiento del dispositivo de sujeción de alma se guía de tal forma que están predefinidos el sentido de movimiento y la situación angular relativa del al menos un alma con respecto a la primera semicarcasa.

La posición predefinida puede estar situada al lado o por encima de la primera semicarcasa. Sin embargo, también son posibles otras posiciones predefinidas. En esta forma de realización, el al menos un alma se encuentra durante el movimiento en una posición y situación angular bien definidas. De esta manera, se impide el vuelco o desplazamiento del al menos un alma con respecto a la primera semicarcasa durante el movimiento y en la posición final. De esta manera, es posible un posicionamiento mucho más exacto del al menos un alma con respecto a la semicarcasa y la posición final se alcanza de manera especialmente fiable.

El guiado del movimiento en la dirección predefinida puede estar realizado especialmente de tal forma que no es posible su movimiento hacia atrás en la dirección contraria. En caso contrario, la retirada del alma de la primera semicarcasa puede provocar fácilmente una merma de la unión adhesiva. Este problema surge frecuentemente en el procedimiento conocido por el estado de la técnica cuando se detecta un error de posicionamiento del alma y se intenta aún corregir la posición. Según la invención, al impedir un movimiento hacia atrás del alma, este problema ya no podrá producirse ni siquiera si el movimiento hacia atrás del alma no era intencionado.

En una forma de realización, para el montaje de una pala de rotor que presenta varias almas que se extienden en el sentido longitudinal, todas las almas o algunas de ellas se fijan al dispositivo de sujeción de alma, y mediante la fijación se predefine fijamente la posición de cada alma con respecto al dispositivo de sujeción de alma y con respecto a las demás semicarcasas. Por ejemplo, la pala de rotor puede presentar dos, tres o más almas. Adicionalmente, las almas pueden estar unidas entre ellas. Mediante la fijación definida de todas las almas al dispositivo de sujeción de alma, las ventajas ya descritas se consiguen también para cada alma individual en caso de usar varias almas al mismo tiempo.

En una forma de realización, la fijación del al menos un alma al dispositivo de sujeción de alma se realiza con una multiplicidad de medios de alojamiento de carga en el dispositivo de sujeción de alma que actúan en conjunto con puntos de alojamiento de carga en el al menos un alma, de manera que se consigue un posicionamiento predefinido del al menos un alma con respecto al dispositivo de sujeción de alma. Los medios de alojamiento de carga pueden ser por ejemplo tornillos o bulones que actúen en conjunto con taladros u otro tipo de orificios como puntos de alojamiento de carga en el dispositivo de sujeción de alma. Mediante la acción conjunta selectiva de medios de alojamiento de carga y puntos de alojamiento de carga se consigue que después de su fijación al dispositivo de sujeción de alma, el al menos un alma se encuentre automáticamente en su posición deseada con respecto al dispositivo de sujeción de alma.

Según una forma de realización, los medios de alojamiento de carga presentan respectivamente un cono que actúa en conjunto con un orificio cónico en uno de los puntos de alojamiento de carga, o viceversa. Mediante la acción conjunta de las superficies cónicas se consigue un centrado automático que conduce a un posicionamiento especialmente exacto del al menos un alma con respecto al dispositivo de sujeción de alma. Los medios de alojamiento de carga también pueden disponer de alojamientos conformados de otra manera adecuada que actúen en conjunto con orificios configurados correspondientemente en los puntos de alojamiento de carga.

En una forma de realización, el movimiento del dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma fijada al mismo se realiza en dirección hacia la primera semicarcasa con la ayuda de dispositivos de descenso que descienden el dispositivo de sujeción de alma con respecto a la primera semicarcasa. Los dispositivos de descenso pueden ser por ejemplo cilindros hidráulicos, cilindros con accionamiento reumático o dispositivos de ajuste con accionamiento eléctrico / mecánico. En caso de usar cilindros hidráulicos o neumáticos, especialmente puede estar previsto que el descenso se realice abriendo una válvula lo que permite el escape del medio de presión del cilindro. En este caso, un movimiento hacia atrás accidental del dispositivo de sujeción de alma con el alma fijada a este se evita automáticamente porque para ello sería necesario el suministro de medio de presión al cilindro correspondiente.

En una forma de realización, el al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado en los dispositivos de descenso de tal forma que limita un trayecto de ajuste de los dispositivos de descenso. Preferentemente, también se puede ajustar este dispositivo de limitación de movimiento, de tal forma que la posición final se pueda predefinir con precisión mediante la limitación correspondiente del trayecto de descenso máximo de los dispositivos de descenso.

Según una forma de realización, los dispositivos de descenso constituyen apoyos en los que se deposita el dispositivo de sujeción de alma antes del descenso del dispositivo de sujeción de alma con la ayuda de los dispositivos de descenso. Especialmente, el dispositivo de sujeción de alma puede presentar contrasoportes definidos que actúen en conjunto con los apoyos. Antes del descenso de los dispositivos de descenso, después de

depositar el dispositivo de sujeción de alma sobre los apoyos, el al menos un alma fijada al dispositivo de sujeción de alma se encuentra en la posición predefinida, a una distancia con respecto a la primera semicarcasa. El movimiento se realiza mediante el descenso de los dispositivos de descenso, pudiendo constituir los dispositivos de descenso al mismo tiempo una guía para el movimiento, por ejemplo, mediante el sentido de movimiento predefinida  
5 por la disposición de un émbolo de un cilindro hidráulico o neumático.

Alternativamente, los apoyos también se pueden encontrar en un dispositivo estacionario. La altura de los puntos de apoyo corresponde entonces a la posición de descenso predefinida de las almas. El dispositivo de sujeción de alma se desciende mediante una grúa u otro medio de trabajo adecuado.

10 Alternativamente, el dispositivo de sujeción de alma también puede colocarse sobre los apoyos mediante un movimiento de pivotamiento alrededor del eje que se extiende en el sentido longitudinal del dispositivo de sujeción de alma. También es posible una combinación de un movimiento de pivotamiento y de traslación.

15 El objetivo mencionado anteriormente también se consigue mediante el dispositivo con las características de la reivindicación 9. Algunas formas de realización ventajosas se indican en las reivindicaciones subordinadas.

El dispositivo según la invención para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica, que presenta una primera semicarcasa, una segunda semicarcasa y al menos un alma que se extiende en el sentido longitudinal de la pala de rotor, tiene

20 • un dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa para alojar la primera semicarcasa en una posición predefinida,

25 • un dispositivo de sujeción de alma que presenta un dispositivo de fijación con el que el al menos un alma se puede fijar de forma amovible al dispositivo de sujeción de alma, y

30 • un dispositivo de movimiento para mover el dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma fijada a este de una posición predefinida en dirección hacia el dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa hasta una posición final, presentando el dispositivo al menos un dispositivo de limitación de movimiento con el que se puede limitar el movimiento hacia la posición final y predefinir la posición final.

Con el dispositivo se puede realizar el procedimiento según la invención. En cuanto a las características y las ventajas especiales del dispositivo se remite a la descripción del procedimiento correspondiente.

35 Según una forma de realización, el dispositivo de movimiento presenta una guía para definir el sentido de movimiento y la situación angular relativa del dispositivo de sujeción de alma con respecto al dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa. El al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado preferentemente en la guía. El dispositivo de limitación de movimiento puede ser por ejemplo parte integrante de un  
40 dispositivo de descenso, por ejemplo, en forma de un limitador de recorrido de un émbolo, o un dispositivo mecánico separado que limite el movimiento del dispositivo de sujeción de alma. Preferentemente, el dispositivo de limitación de movimiento actúa independientemente de los componentes de la pala de rotor situados dentro del dispositivo. Preferentemente, se realiza de forma ajustable, de tal forma que la posición final se pueda adaptar a las circunstancias concretas.

45 A continuación, la invención se describe en detalle con la ayuda de ejemplos de realización representados en tres figuras. Muestran:

50 la figura 1a a f el procedimiento según la invención con la ayuda de un dispositivo según la invención, ilustrando las partes de figura a) a f) los pasos de procedimiento sucesivos,

las figuras 2a a b el dispositivo según la invención en alzado lateral,

55 las figuras 3a a c una sección transversal a través de una pala de rotor con almas incorporadas por encolado.

La figura 1a) muestra una primera semicarcasa 10 de una pala de rotor que está dispuesta en un dispositivo de alojamiento no representado o en el molde abierto utilizado para la fabricación de la semicarcasa. Se encuentra en una posición predefinida por encima del suelo 12 de una nave de montaje, mirando hacia arriba el lado interior de la primera semicarcasa 10. Con líneas discontinuas está representado un plano de separación 14 de la pala de rotor

que se extiende desde el canto delantero de la pala de rotor hasta el canto trasero de la pala de rotor. La primera semicarcasa 10 presenta en su lado interior una correa principal 16 que refuerza la primera semicarcasa. A ambos lados de la primera semicarcasa 10 está dispuesto respectivamente un dispositivo de descenso 18 compuesto por un cilindro hidráulico 20 y un émbolo 22. Los dispositivos de descenso 18 están fijados al suelo 12 de la nave de montaje.

Adicionalmente a los elementos que ya se han descrito, en la figura 1b), en la zona de unión entre la primera semicarcasa y dos almas está dispuesto adhesivo aplicado en el lado interior de la primera semicarcasa 10 o de la correa principal 16.

La figura 1c) muestra adicionalmente el dispositivo de sujeción de alma 26 que presenta un soporte transversal 28 y soportes 30 adicionales que sobresalen del mismo hacia abajo. Entre los dos soportes 30 adicionales se encuentran dos almas 32 de la pala de rotor. Las almas 32 presentan secciones de fijación 36 acodadas a lo largo de sus cantos longitudinales orientados hacia las dos semicarcasas, que permiten un contacto de gran superficie en la zona de unión con las dos semicarcasas.

El soporte transversal 28 presenta en la zona de sus dos extremos sendos contrasoportes que yacen sobre apoyos correspondientes en los émbolos 22 de los dos dispositivos de descenso 18. Preferentemente, el soporte transversal 28 se extiende horizontalmente en ángulo recto con respecto al sentido longitudinal de la primera semicarcasa 10 o de las dos almas 32.

En la figura 1c), el dispositivo de sujeción de alma 26 con las almas 32 fijadas a este se encuentra en una posición predefinida en la que entre las almas 32 y la primera semicarcasa 10 queda una distancia relativamente grande. Partiendo de esta posición se realiza el descenso del dispositivo de sujeción de alma 26 mediante la apertura de una válvula de los cilindros hidráulicos 18. El dispositivo de sujeción de alma 26 con las almas 32 fijadas a este se mueve hacia la primera semicarcasa 10, concretamente, por la guía formada por los dispositivos de descenso 18, manteniendo un sentido de movimiento fijamente predefinido, en el ejemplo representado, verticalmente hacia abajo, y manteniendo una situación angular definida.

El movimiento se realiza hasta una posición final predefinida por al menos un tope 23 que es un dispositivo de limitación de movimiento, la cual está representada en la figura 1d). El tope 23 está dispuesto de manera fija con respecto al dispositivo de sujeción de alma 26 y actúa en conjunto con una contrapieza 34 situada fijamente en el suelo 12. En la posición final, las almas 32 se encuentran en una posición definida con respecto al plano de separación 14 y a una distancia con respecto a la primera semicarcasa 10. Se encuentran en contacto con el adhesivo 24 y están dispuestas de forma flotante por encima del contorno interior de la primera semicarcasa 10. La distancia definida y la geometría teórica cumplida con precisión garantizan una unión adhesiva con alta resistencia y con ahorro de adhesivo entre las almas 32 y la primera semicarcasa 10 o la correa principal 16.

Después del fraguado del adhesivo, el dispositivo de sujeción de alma 26 se suelta de las almas 32 y se retira. Este estado está ilustrado en la figura 1e). Una vez finalizado el movimiento guiado del dispositivo de sujeción de alma 26, las dos almas 32 siguen encontrándose en la posición final exactamente predefinida.

En pasos de procedimiento siguientes, se aplica adhesivo sobre las secciones de fijación 36 superiores, acodadas, de las almas 32, y la segunda semicarcasa 38 se coloca con la ayuda de un dispositivo adecuado. Una vez fraguado el adhesivo, queda unida fijamente a las dos almas 32. Preferentemente en el mismo paso de trabajo, se realiza una unión entre la primera semicarcasa 10 y la segunda semicarcasa 38, especialmente también mediante encolado en la zona de las superficies de contacto. La segunda semicarcasa 38 presenta igualmente una correa principal 40 que se extiende en el sentido longitudinal a lo largo del lado interior de la primera semicarcasa 10.

Las figuras 2a) y 2b) muestran una representación en sección del alzado lateral del dispositivo de sujeción de alma según la invención según las representaciones en las figuras 1c) y 1d). En la figura 2a), el dispositivo de sujeción de alma 26 con las almas 32 fijadas al mismo se encuentra en una posición predefinida en la que entre las almas 32 y la primera semicarcasa 10 queda una distancia relativamente grande. Partiendo de esta posición, se realiza el descenso del dispositivo de sujeción de alma 26 mediante la apertura de una válvula del cilindro hidráulico 20. El dispositivo de sujeción de alma 26 con las almas 32 fijadas al mismo se mueve hacia la primera semicarcasa 10, concretamente por la guía formada por los dispositivos de descenso 18, manteniendo un sentido de movimiento fijamente predefinido, en el ejemplo representado, verticalmente hacia abajo, y manteniendo una situación angular definida.

El movimiento se realiza hasta alcanzar una posición final predefinida por al menos un tope, que está representada en la figura 2b). En esta posición, las almas 32 se encuentran en una posición definida con respecto al plano de separación 14. Aquí se puede ver claramente que el alma no está depositada sobre la primera semicarcasa, sino que se posiciona a una distancia  $h$  con respecto a la primera semicarcasa 10.

5

Las figuras 3a) y 3b) muestran una sección transversal a través de una pala de rotor con almas 32 insertadas de forma defectuosa, en la que para el montaje de las almas 32 nos se empleó el procedimiento según la invención. En la figura 3a), las almas 32 se han hundido bajo su peso propio al adhesivo aplicado, debido a una baja viscosidad del adhesivo, hasta quedar en contacto con la correa principal 16 de la primera semicarcasa 10. En estas zonas de

10

contacto, el adhesivo queda desplazado casi completamente y no se produce una unión de materiales suficiente entre el alma 32 y la correa principal 16. La diferencia de altura resultante entre las almas 32 y la correa principal 40 de la segunda semicarcasa 38 se compensa mediante la aplicación de adhesivo 24 sobredimensionada entre las almas 32 y la segunda semicarcasa 38.

15

La figura 3b) muestra una sección a través de una pala de rotor en la que la correa principal 16 de la primera semicarcasa de pala 10 presenta un árbol 17 unilateral. Por este árbol 17, el alma 32.1 que está en contacto puntualmente vuelca en sentido longitudinal adquiriendo una posición más alta con respecto al plano de separación 14. La segunda alma 32.2 se colocó en una zona de correa de sección transversal normal, pero se ha hundido hasta la correa principal 16. Por ello, las secciones de fijación 36.1, 36.2 de las almas 32.1, 32.3 presentan distintas

20

diferencias con respecto al plano de separación 14. Al colocarse sobre la primera semicarcasa 10, la segunda semicarcasa 38 baja por tracción, por lo que se desplaza el adhesivo aplicado sobre la sección de fijación 36.1 del primer alma. En la zona de la sección de fijación 36.2 de la segunda alma 32.3, la distancia vertical entre la sección de fijación y la correa principal es tan grande que no puede ser puenteada por el adhesivo 24 presente. En este ejemplo, en un punto de unión a la primera semicarcasa y en los dos puntos de unión a la segunda semicarcasa 38

25

no existe una unión de materiales entre las almas y las correas principales 16.

La figura 3c) muestra una sección transversal a través de una pala de rotor con almas 32 insertadas según el procedimiento según la invención / el dispositivo según la invención. Las almas 32 se encuentran en una posición exactamente definida con respecto al plano de separación 14 y, por tanto, a una distancia con respecto a la primera

30

semicarcasa y la segunda semicarcasa 10, 38. De esta manera, es posible un dimensionamiento uniforme y preciso de las uniones adhesivas 24 y en todos los puntos de unión queda garantizada una unión de materiales.



## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica, que presenta una primera semicarcasa (10), una segunda semicarcasa (38) y al menos un alma (32) que se extiende en el sentido longitudinal de la pala de rotor, con los siguientes pasos:
- la disposición de la primera semicarcasa (10) en una posición predeterminada,
  - la fijación del al menos un alma (32) a un dispositivo de sujeción de alma (26),
  - la disposición de adhesivo (24) en la zona de unión entre la primera semicarcasa (10) y el al menos un alma (32),
  - el movimiento del dispositivo de sujeción de alma (26) con el al menos un alma (32) fijada a este, en dirección hacia la primera semicarcasa (10), hasta una posición final en la que el adhesivo (24) se fragua uniendo entre ellos el al menos un alma (32) y la primera semicarcasa (10), siendo determinada la posición final por al menos un dispositivo de limitación de movimiento que limita el movimiento hacia la primera semicarcasa (10), de tal forma que el al menos un alma (32) queda dispuesto de forma flotante a lo largo de toda su longitud a una distancia con respecto a la primera semicarcasa (10),
  - la separación y retirada del dispositivo de sujeción de alma (26) del al menos un alma (32),
  - la disposición de adhesivo en la zona de unión entre la primera semicarcasa (38) y el al menos un alma (32),
  - la disposición de la segunda semicarcasa (38) en una posición predeterminada y la unión de la primera semicarcasa (10) con la segunda semicarcasa (38).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado como tope en el dispositivo de sujeción de alma (26) y actúa en conjunto con el borde de la primera semicarcasa (10) y/o con un dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa (10) que mantiene la primera semicarcasa (10) en su posición predefinida.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el dispositivo de sujeción de alma con el al menos un alma (32) fijada a este está dispuesto en una posición predefinida, a una distancia con respecto a la primera semicarcasa, antes de su movimiento a la posición final, y el movimiento del dispositivo de sujeción de alma se guía de tal forma que están predefinidos el sentido de movimiento y la situación angular relativa del al menos un alma (32) con respecto a la primera semicarcasa (10).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque para el montaje de una pala de rotor que presenta varias almas (32) que se extienden en el sentido longitudinal, todas las almas (32) se fijan al dispositivo de sujeción de alma (26), y mediante la fijación se predefine fijamente la posición de cada alma (32) con respecto al dispositivo de sujeción de alma (26) y con respecto a las demás semicarcasas (32).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la fijación del al menos un alma (32) al dispositivo de sujeción de alma (26) se realiza con una multiplicidad de medios de alojamiento de carga en el dispositivo de sujeción de alma (26) que actúan en conjunto con puntos de alojamiento de carga en el al menos un alma (32), de manera que se consigue un posicionamiento predefinido del al menos una alma (32) con respecto al dispositivo de sujeción de alma (26), presentando los medios de alojamiento de carga preferentemente un cono respectivamente que actúa en conjunto con un orificio cónico en uno de los puntos de alojamiento de carga, o viceversa.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el movimiento del dispositivo de sujeción de alma (26) con el al menos un alma (32) fijada a este se realiza en dirección hacia la primera semicarcasa (10) con la ayuda de dispositivos de descenso (18) que descienden el dispositivo de sujeción de alma (26) con respecto a la primera semicarcasa (10).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado en los dispositivos de descenso (18) de tal forma que limita un trayecto de ajuste de los dispositivos de descenso (18).

8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque los dispositivos de descenso (18) constituyen apoyos en los que se deposita el dispositivo de sujeción de alma (26) antes del descenso del dispositivo de sujeción de alma (26) con la ayuda de los dispositivos de descenso (18).
- 5 9. Dispositivo para el montaje de una pala de rotor para una instalación de energía eólica, que presenta una primera semicarcasa (10), una segunda semicarcasa (38) y al menos un alma (32) que se extiende en el sentido longitudinal de la pala de rotor, con
- un dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa (10) para alojar la primera semicarcasa (10) en una posición predefinida,
  - un dispositivo de sujeción de alma (26) que presenta un dispositivo de fijación con el que el al menos un alma (32) se puede fijar de forma amovible al dispositivo de sujeción de alma (26), y
- 10 15 • un dispositivo de movimiento para mover el dispositivo de sujeción de alma (26) con el al menos un alma (32) fijada a este en dirección hacia el dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa (10) hasta una posición final, presentando el dispositivo al menos un dispositivo de limitación de movimiento con el que se puede limitar el movimiento hacia la posición final y predefinir la posición final.
- 20 10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque el dispositivo de limitación de movimiento está realizado como tope en el dispositivo de sujeción de alma (26) y actúa en conjunto con el borde de la primera semicarcasa (10) y/o con el dispositivo de alojamiento para la primera semicarcasa (10).
11. Dispositivo según la reivindicación 9 o 10, caracterizado porque el dispositivo de movimiento presenta una guía para definir el sentido de movimiento y la situación angular relativa del dispositivo de sujeción de alma (26) con respecto al alojamiento para la primera semicarcasa (10).
- 25 12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque el al menos un dispositivo de limitación de movimiento está realizado como tope en la guía.
- 30 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado porque el dispositivo de sujeción de alma (26) presenta dispositivos de fijación para dos o más almas (32) con los que las dos o más almas (32) pueden fijarse al dispositivo de sujeción de alma (26) en una posición y una situación angular predefinidas con respecto al dispositivo de sujeción de alma (26) y unas con respecto a otras.
- 35 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado porque el dispositivo de fijación presenta una multiplicidad de medios de alojamiento de carga realizados de tal forma que actúan en conjunto con puntos de alojamiento de carga en el al menos un alma (32), de manera que se consigue un posicionamiento predefinido del al menos una alma (32) con respecto al dispositivo de sujeción de alma (26), presentando los medios de alojamiento de carga preferentemente un cono respectivamente que está realizado de tal forma que puede actuar en conjunto con un orificio cónico en uno de los puntos de alojamiento de carga, o viceversa.
- 40 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizado porque el dispositivo de movimiento presenta una multiplicidad de dispositivos de descenso (18) que están dispuestos de tal forma que el dispositivo de sujeción de alma (26) se puede descender con la ayuda de los dispositivos de descenso (18) con respecto al alojamiento para la primera semicarcasa (10), presentando los dispositivos de descenso preferentemente un apoyo respectivamente, sobre el que se puede depositar un contrasoporte correspondiente en el dispositivo de sujeción de alma (26), de manera que se consigue un posicionamiento predefinido del dispositivo de sujeción de alma (26) con respecto a los dispositivos de descenso (18).
- 45 50

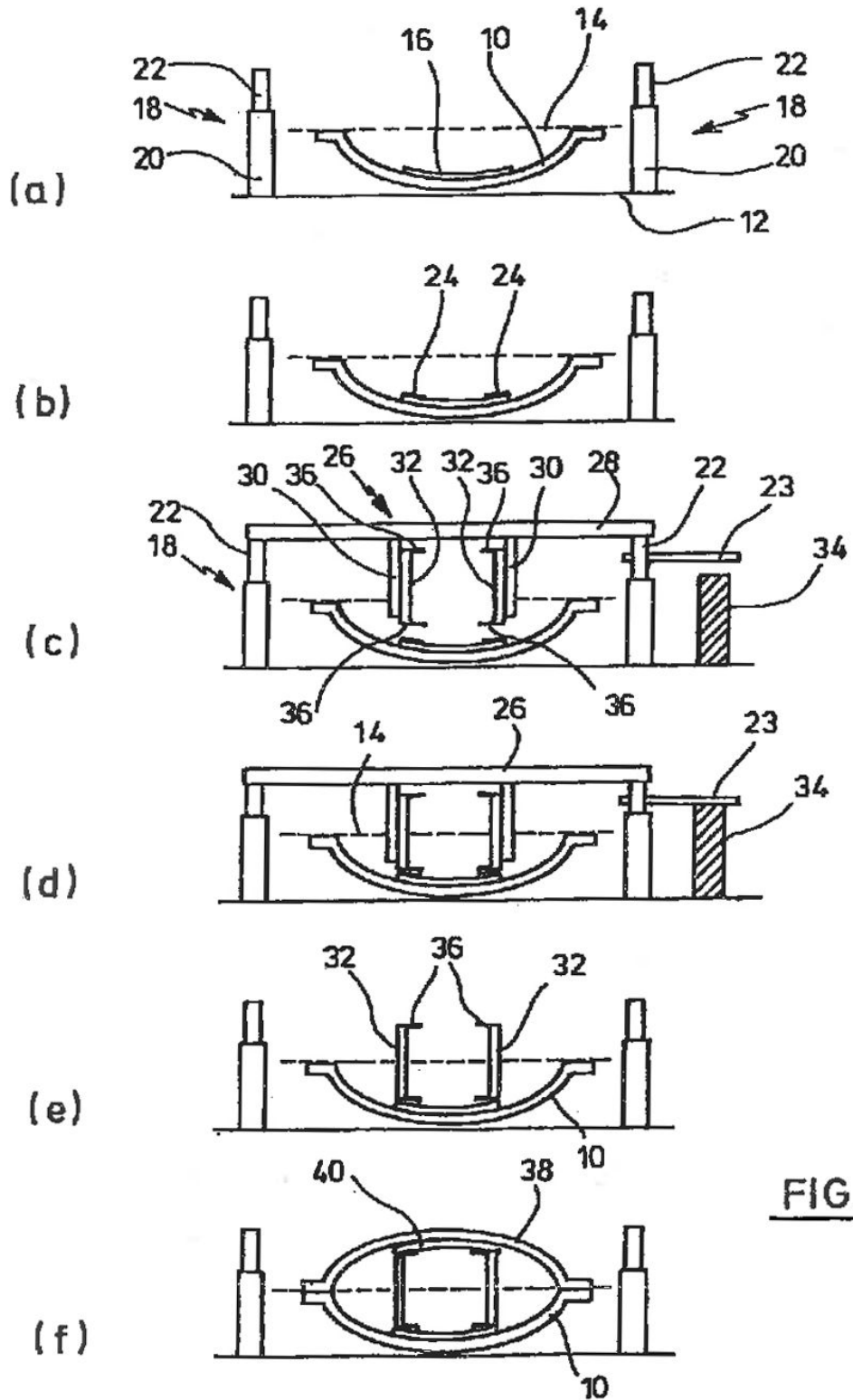
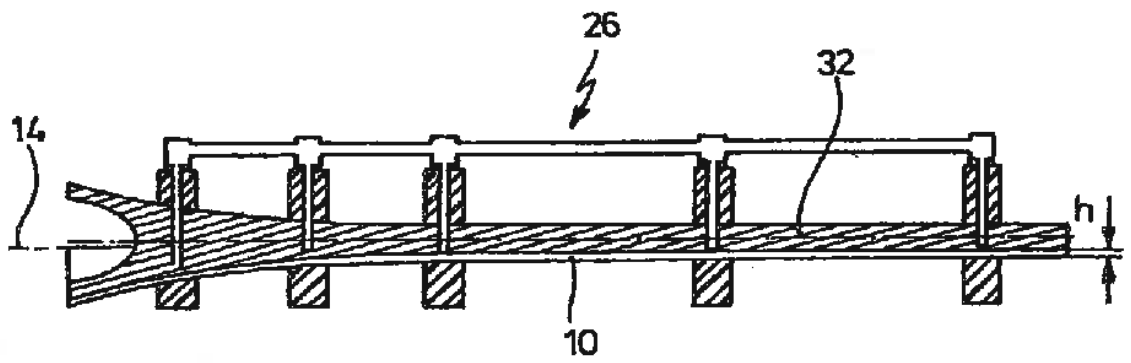
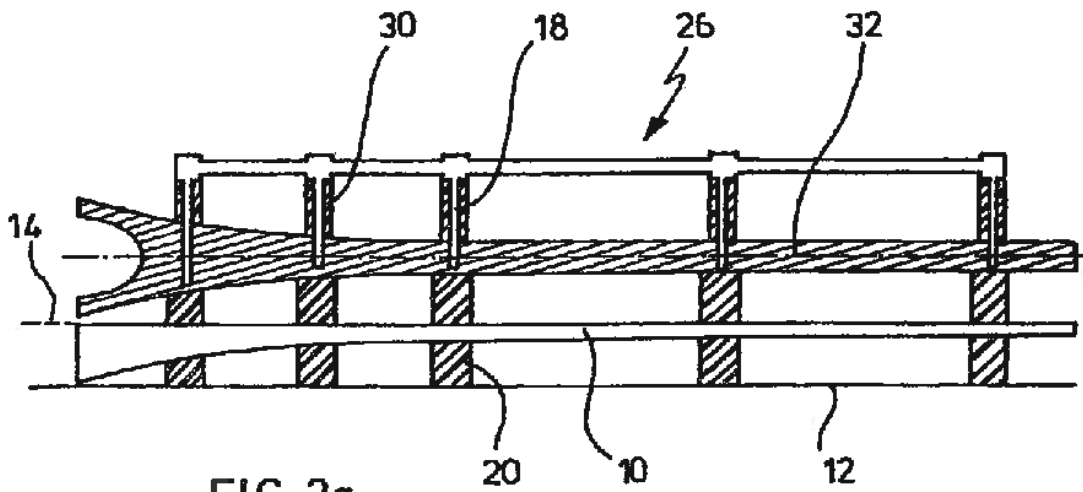


FIG.1



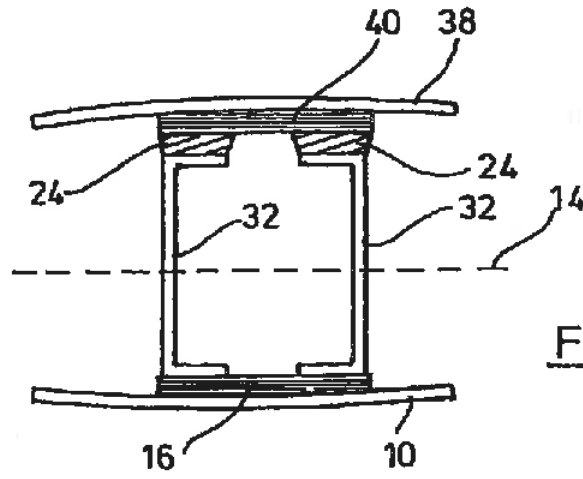


FIG. 3a

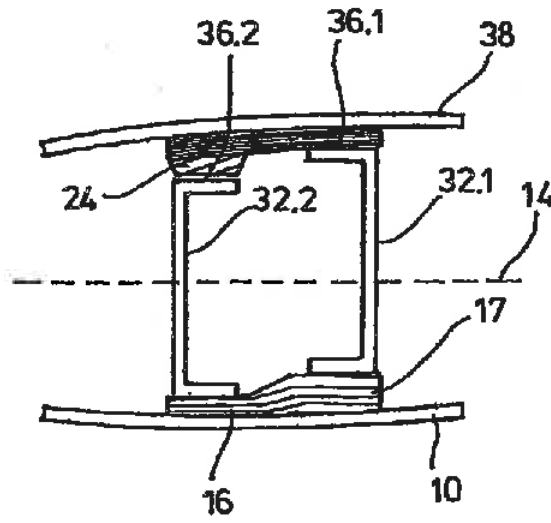


FIG. 3b

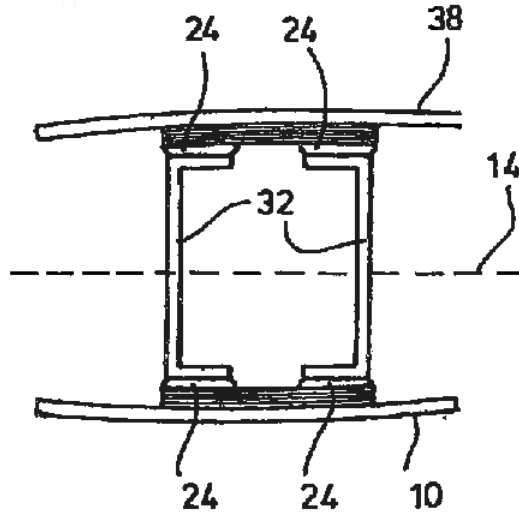


FIG. 3c