



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 265**

51 Int. Cl.:
B64C 11/04 (2006.01)
B64C 11/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07824428 .2**
96 Fecha de presentación : **01.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2079634**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.07.2009**

54 Título: **Retención para pala de hélice.**

30 Prioridad: **02.11.2006 GB 0621834**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.09.2011

73 Titular/es: **GE Aviation UK**
100 Barbirolli Square
Manchester M2 3AB, GB

72 Inventor/es: **Pentony, Kevin**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 365 265 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

Retención para pala de hélice

La presente invención se refiere a disposiciones y procedimientos para retener en un cubo el extremo interior de palas de hélice de material compuesto.

- 5 La invención está más particularmente, pero no exclusivamente, dirigida a disposiciones de montaje para palas de hélice de aeronave que tengan una construcción de material compuesto.

Las hélices de aeronave comprenden dos o más palas montadas por su extremo interior en un cubo fijado al eje de un motor. Las hélices que tienen un paso variable son dispuestas de manera que su paso pueda ser ajustado durante el funcionamiento, o pueda ser ajustado cuando están estacionarias en tierra. En tales hélices los extremos interiores o de raíz de sus palas tienen una sección transversal circular de manera que puedan ser sujetadas (en el caso de un paso ajustable en tierra) o retenidas en el cubo en cojinetes circulares de elementos rodantes (en el caso de hélices de paso variable) para permitir que el paso de las palas pueda ser cambiado. Las hélices de paso variable para aeronave se usan para ajustar la potencia que absorbe la hélice del motor de accionamiento mediante la modificación del paso de las palas, y algunas también pueden ser puestas en "bandolera" para producir poco, o ningún, empuje y un bajo arrastre, o para producir un empuje inverso para su uso en tierra, y su uso data casi desde el origen del vuelo propulsado. Las palas de hélice se han fabricado en diversos materiales, pero todas las raíces de palas de paso variable tienen un extremo de la raíz metálico que interconecta con el cojinete de retención. La raíz metálica de la pala es o bien integral con el perfil aerodinámico de la pala si este es metálico, o bien está fijada al perfil aerodinámico de la pala si este no es metálico. El extremo de la raíz metálico de sección transversal circular también puede proporcionar una característica de sellado dinámico circular para contener cualquier fluido lubricante dentro del cubo a medida que el paso de la pala cambia.

La sección transversal de las palas de hélice de aeronave invencionales de material compuesto, y de las palas de metal macizo de las hélices de paso variable, cambia gradualmente desde una forma de perfil aerodinámico hasta una sección transversal circular, o casi circular, a medida que la pala alcanza la raíz de la pala. Esto es denominado zona de transición de la pala, y es necesaria por razones estructurales. Tiene el efecto de aumentar el arrastre aerodinámico del extremo interior de la pala, lo que es a veces parcialmente mitigado mediante el moldeo, u otra manera de sujeción de un carenado no estructural alrededor de la estructura.

Además de producir y reactivar las cargas de empuje de la hélice, las palas de hélice están sometidas a grandes cargas centrífugas debido a su rotación. También están expuestas a cargas de vibración de alta frecuencia, conocidas como cargas "1P", producidas tanto por las variaciones de par del motor, especialmente si es un motor alternativo de pistones de mando directo, como por los efectos aerodinámicos asociados con el flujo de aire que entra en el plano de rotación de la hélice con un ángulo desviado del eje de rotación. Las palas tienen que soportar estas cargas en un amplísimo rango de temperatura ambiental experimentado en tierra y en vuelo. El desprendimiento de una pala de hélice de la hélice durante el funcionamiento es una ocurrencia peligrosa y potencialmente catastrófica y por consiguiente las palas y el cubo de la hélice están clasificados como "partes críticas" en una aeronave. Por lo tanto, cuando el perfil aerodinámico de una pala de hélice es fabricado con un material diferente al metal usado para la raíz de la pala, la fijación entre uno y otra es una característica de diseño crítica llamada a trabajar en un ambiente difícil. Las palas de material compuesto ofrecen una reducción de peso significativa comparadas con las palas de metal, y se conocen muchos medios diferentes para fijar con seguridad la pala de material compuesto al elemento de raíz metálica.

El documento US 3,664,764 da a conocer una pala para una hélice de aeronave que tiene una porción extrema y la porción adyacente a la misma fabricadas con un material de plástico reforzado con fibra.

Es un objeto de la presente invención proporcionar una disposición y un procedimiento alternativos de retención para una pala de hélice.

- 45 La presente invención está definida por las características de las reivindicaciones independientes 1 y 8.

Preferiblemente, la sección transversal del extremo interior de las palas y del elemento de inserción es rectangular. Los elementos de cuña están preferiblemente unidos con las capas de fibra por medio de resina curada.

A continuación se describirá un conjunto de palas de material compuesto de una hélice de aeronave de la presente invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 50 La Figura 1 es una vista extrema del conjunto;

La Figura 2 es una vista en alzado lateral, en sección transversal, que muestra el extremo interior de una pala y su retención en el cubo;

La Figura 3 es una vista en sección tomada por la línea III-III de la Figura 2;

La Figura 4 es una vista en sección tomada por la línea IV-IV de la Figura 2; y

La Figura 5 es una vista en sección transversal simplificada del extremo interior de la pala.

5 En referencia en primer lugar a las Figuras 1 a 4, el conjunto comprende un cubo central 1 que rota sobre su eje 2 y que soporta cuatro palas 3 que se extienden radialmente. La porción de perfil aerodinámico de cada pala es de un material compuesto y el extremo interior de cada pala está asegurado dentro de un elemento de raíz 41 metálico con una forma exterior generalmente cilíndrica. Cada uno de los elementos de raíz 41 está montado en un respectivo rebaje 5 del cubo 1. Podrá observarse que el conjunto podría tener cualquier número de dos o más palas.

10 Los perfiles aerodinámicos 3 de las palas están fabricados con resina de epoxi reforzada con fibra de carbono y fibra de vidrio con un núcleo central 33 de espuma de poliuretano, que es un procedimiento de construcción bien conocido. Las fibras de refuerzo están dispuestas en unas capas conformadas apropiadamente con el núcleo 33 para preformar la forma del perfil aerodinámico, y pueden estar preimpregnadas con resina, o la fibra puede estar "seca" y la resina ser inyectada dentro de la estructura de la pala en una etapa posterior (moldeo por transferencia de resina, o RTM). Aunque la resina de epoxi es la matriz preferida para el refuerzo con la fibra, pueden usarse otros sistemas de resina. Similarmente, la implementación de esta invención no es exclusiva a la construcción con fibra de vidrio y carbono, sino que pueden usarse otros tipos de fibra, ni depende de la inclusión de un núcleo separado ya sea de espuma o de cualquier otro material.

20 La forma del perfil aerodinámico de la pala se consigue mediante la colocación de la preforma de fibra/núcleo y la raíz metálica de la pala dentro de un molde con una cavidad con la forma requerida de la pala, y aplicando calor y presión sobre el molde mientras se inyecta resina dentro de la cavidad, en el caso del RTM, o sólo calor y presión en el caso de las fibras preimpregnadas.

25 La característica estructural principal de la pala 3 es una pareja de largueros 31 y 32 de sección rectangular, comprendiendo cada uno principal o exclusivamente un paquete de varias capas de fibra unidireccional continua (usualmente carbono) y estando el eje de las fibras orientado en paralelo al eje de cambio de paso de la paleta. Los largueros 31 y 32 se extienden a lo largo de lados opuestos del núcleo 33, que tiene una sección transversal rectangular. Los largueros 31 y 32 no necesitan obligatoriamente tener el mismo número de capas o el mismo grosor. El núcleo 33 puede tener cualquier construcción convencional, tal como una espuma o un haz de material compuesto de capas de fibra independientes y pegadas. Los dos largueros 31 y 32 se extienden hasta pasado el extremo interior 34 de la pala 3 de perfil aerodinámico (esto es, la localización a lo largo de la pala a nivel con la superficie externa 35 de la raíz metálica 41 de la pala) como dos paquetes de sección transversal aproximadamente rectangular de fibra unidireccional continua, comprendiendo cada paquete varias capas de fibra.

30 El núcleo 33 de la pala 3 termina en una parte de la zona de transición de la pala en la que tiene una sección transversal constante. Esta puede estar por el exterior de la superficie externa 35 de la raíz metálica 41, tal como se muestra en la Figura 2, o puede estar por el interior, esto es, dentro de la raíz metálica.

35 Durante la construcción de la preforma de la pala previamente al moldeo, se insertan dos extensiones paralelas de los largueros 31 y 32, situada por el interior de la zona de transición, dentro del elemento de raíz metálica 41 de la pala en el cubo 1. En el caso de las hélices de paso fijo, la superficie exterior de la raíz metálica 41 puede no ser circular, pero en las hélices de paso variable y ajustable en tierra, la superficie exterior 42 es circular (mostrado en la Figura 4). El eje de la raíz metálica 41 es coaxial con el eje central de los largueros de la pala dentro de la raíz, y está perfilado para alojar el cambio de paso de la pala, el cojinete de retención, y el medio para sellar el cubo de la pala. Las superficies exterior e interior de la pieza de raíz 41 de la pala son perpendiculares al eje radial de la pala, y la superficie interior proporciona un punto de montaje para un elemento de accionamiento del paso de la pala (no representado).

40 La cavidad 40 tiene una forma novedosa, que es simétrica o casi simétrica con respecto al plano formado por el centro de los paquetes de largueros 31 y 32. El extremo exterior de la cavidad 40 tiene la misma sección transversal que la pala 3 de material compuesto, allí por donde emerge, y es una sección transversal rectangular con esquinas redondeadas. Esta forma de entrada rectangular redondeada aloja los largueros 31 y 32 y cualquier otra capa de fibra del recubrimiento 43 de material compuesto de la pala que tengan que ser arrastrados dentro de la pieza extrema 41. La cavidad 40, vista en planta, tiene una sección rectangular con esquinas redondeadas en toda su profundidad. El grosor t de la cavidad 40 es constante a diferentes profundidades pero su anchura w varía, siendo mayor en su extremo inferior que en la superficie 35 del elemento de raíz 41. En la zona superior 43 adyacente a la superficie 35 del elemento de raíz 41, la cavidad 40 tiene una anchura w constante. La parte intermedia 44 de la cavidad 40, que forma la mayor parte de su longitud, se abocarda hacia fuera gradualmente para aumentar la anchura en dirección contraria al eje formando unas superficies convexas 45, opuestas y curvadas. La parte inferior

46 de la cavidad 40 es relativamente corta y tiene un perfil recto con una anchura constante. Por debajo de esta parte inferior 46 de la cavidad hay una zona escalonada 47 más ancha. El extremo interior de la pala 3 es recibido dentro de la cavidad 40 extendiéndose hacia abajo hasta su zona inferior 46. El extremo interior de la pala 3 se expande lateralmente para que se ajuste estrechamente dentro de la cavidad 40 de manera que sus superficies exteriores estén en estrecho contacto con las superficies interiores de la cavidad.

Cada uno de los dos largueros 31 y 32 de la pala dentro de la cavidad 40 de la raíz de la pala es dividido en cuatro paquetes aproximadamente iguales de capas de fibra 51 a 54. El paquete de fibras 51 del larguero más exterior es situado en el perfil curvado exterior de la cavidad 40 de la raíz. Luego se inserta una primera preforma 55 de fibra en forma de cuña, de planta rectangular, entre este paquete 51 y el paquete 52 de fibras adyacente. Luego se sitúa el segundo paquete 52 de fibras del larguero sobre la primera cuña 55. Luego se inserta una segunda preforma 56 de cuña entre el segundo paquete 52 de fibras y el tercer paquete 53 de fibras del larguero. Finalmente se inserta una tercera cuña 57 entre el tercer y el cuarto paquetes 53 y 54 de fibra. Esto se repite para ambos largueros 31 y 32. Las cuñas de fibra 55 a 57 comprenden capas alternadas ya sea de fibras secas o de fibras preimpregnadas con resina, según el sistema de moldeo empleado para las palas 3. Las cuñas 55 a 57 no están precuradas sino que sólo son curadas cuando se moldea la pala 3, de manera que se vuelven integrales con la estructura de material compuesto. La forma producida por los largueros 31 y 32 y las cuñas 55 a 57 es tal que entre los dos largueros acunados se forma una oquedad 58, de sección rectangular y lados paralelos, centrada en el eje de la raíz de la pala. La proporción del volumen de fibras para la estructura de material compuesto en toda la raíz es aproximadamente ideal. La cantidad de cuñas usadas en cada larguero puede ser mayor o menor de tres, pero se ha determinado que tres cuñas es la más eficaz y efectiva.

Un inserto sólido 37 con la misma sección rectangular y el mismo tamaño que el núcleo 33 de la pala es insertado en la oquedad 58, centralmente entre los dos largueros 31 y 32 de pala, para que haga contacto con el extremo interior del núcleo 33 y para que se extienda hasta el extremo interior de los largueros. El inserto 37 de la raíz puede estar hecho con uno de entre muchos materiales, metálicos o no metálicos, y es pegado en su sitio mediante un adhesivo una vez que la pala ha sido moldeada. La oquedad 58 entre los largueros 31 y 32 de pala para alojar el inserto 37 está formada mediante una herramienta de molde, de la misma forma que el inserto de la raíz, la cual es retirada tras el moldeo. Esto permite que la estructura de cuña de material compuesto pueda ser inspeccionada, sin ser destruida, desde dentro de la oquedad 58 para el inserto antes de pegar dentro el inserto 37. Entre la oquedad 58 y el inserto 37 de la raíz se proporciona un pequeño espacio, adecuado al sistema adhesivo usado, para lograr una resistencia de pegado máxima. El inserto 37 de la raíz puede proporcionar otras características requeridas en las palas de hélice, tales como el alojamiento de unos pesos interiores de equilibrado de la pala y la sujeción de elementos de accionamiento de paso de la pala.

Si las palas no tienen núcleo, se deja un grosor suficiente de material compuesto en el centro de la preforma cerca de la superficie exterior de la raíz metálica para crear una oquedad entre los dos largueros para recibir el inserto de la raíz.

El rendimiento de la retención de la pala es maximizado mediante una selección apropiada del grosor de los largueros, el grosor de la cuña, la altura de la cuña, y la curvatura de la cuña. Idealmente, la proporción H/L entre altura y grosor de la cuña y la proporción S/L entre grosor del larguero y grosor de la cuña (Figura 5) debería estar en el rango de dos, o tres, a uno, pero otras tasas cercanas a estas pueden ser satisfactorias y pueden ser necesarias por otras restricciones del diseño. La curvatura C de la cuña deberá ser tal que pueda integrarse tangencialmente con el larguero 31, 32 de la pala y con el ancho total de la cuña de manera que la cuña termine allí donde se hace paralela con el plano del larguero de la pala tal como se ilustra en la Fig. 5. Sin embargo, son posibles variaciones en el perfil siempre y cuando se mantenga una integración regular. Las cuñas están preferiblemente conformadas de manera que se mantenga la fracción ideal de volumen de fibras y se eviten los cambios bruscos en la curvatura de las capas del larguero. De esta manera las fuerzas de la pala (empuje de propulsión y carga centrífuga) son transferidas suavemente al elemento de raíz, se evitan las elevaciones de tensión en las capas del larguero, y se optimiza la resistencia a las cargas del sistema de retención de la pala.

El componente final de la disposición de retención es un tapón 60 encajado por el interior del extremo de la pala 3 de material compuesto, dentro de la parte inferior 47 agrandada y escalonada de la cavidad 40, en el elemento 41 de raíz metálico, simétrico con el diámetro exterior. Esta parte inferior 47 de la cavidad 40 es preferiblemente mecanizada tras el moldeo y ligado del inserto. El tapón 60 no es un componente esencial del sistema principal de retención de la pala, sino que lleva a cabo funciones secundarias útiles. El tapón 60 es circular y está asegurado dentro de la pieza de raíz metálica de la pala, mediante cualquier medio convencional, de manera adecuada para que lleve a cabo sus funciones principales. La superficie exterior del tapón 60 está fijada cerca de la superficie interior del inserto de la raíz de la pala, de manera que si el inserto se desprende de la cuña de material compuesto de la raíz, el tapón la mantendrá en su sitio ante cualquier fuerza que pueda ser generada cuando la hélice gira. Esto proporciona una característica a prueba de fallos en caso de que la ligadura del inserto fallara. La circunferencia del tapón 60 puede ser usada para acoger una característica de sellado, de ser necesario, para

evitar que ningún lubricante del cubo de la hélice contamine desde dentro la pala de material compuesto. El tapón 60 puede ser un componente desmontable o puede ser una parte permanente del conjunto de pala, dependiendo de los requisitos de mantenimiento.

5 Las ligaduras adhesivas dependen en gran medida de la habilidad del operario que la fabrica y del control riguroso de los parámetros del proceso, y no existen procedimientos de inspección para juntas ligadas que no sean destructivos o que sean completamente fiables. Una ventaja de la disposición de la presente invención es que la retención crítica de la pala dentro del elemento de raíz no depende de la integridad del ligado adhesivo. Adicionalmente a la retención a prueba de fallos del inserto 37 proporcionada por el tapón 60, los lados del inserto son paralelos de manera que no existen fuerzas inherentes a cortadura en la junta adhesiva durante el funcionamiento que tenderían a expulsar el inserto en caso de que el adhesivo fallara. Por el contrario, la fuerza centrífuga normal sobre el inserto 37 tenderá a mantenerlo en su sitio dentro de la oquedad 58 de la raíz de la pala de material compuesto. Similarmente, el sistema de retención de la pala no depende de la ligadura adhesiva que se forma durante el moldeo entre la raíz de la pala de material compuesto y la cavidad 40 del elemento 41 de raíz metálico. La pala 3 de material compuesto aún quedará retenida con seguridad en el caso de un fallo total del adhesivo, y los niveles de tensión sobre los componentes críticos no se verán afectados.

15 En disposiciones convencionales de retención de palas se han utilizado anteriormente cuñas de retención pero en estas disposiciones convencionales la sección transversal del material compuesto es circular dentro de la pieza extrema, y las cuñas de material compuesto tienen forma de cono truncado hueco. La disposición de la presente invención puede permitir el uso de componentes de cuña más sencillos y permite un montaje más fácil. Además, es posible lograr una zona de transición del perfil más aerodinámica. Esto permite una reducción del coste así como un rendimiento mejorado.

20 La disposición de la presente invención puede evitar la necesidad de engrosar la pala en la zona de transición, minimizando por lo tanto el arrastre aerodinámico y eliminando la necesidad de un carenaje aerodinámico adicional. Las cargas de la pala son transferidas mecánicamente hasta la pieza extrema metálica de manera que se minimizan las tensiones en el metal y en los componentes compuestos evitando las concentraciones de tensión, y esto maximiza la capacidad de resistencia del sistema de retención. El procedimiento de fabricación permite una inspección metódica no destructiva de la estructura de material compuesto dentro del elemento de raíz en busca de defectos de moldeo tales como inclusiones, oquedades y zonas en las que la resina no haya mojado completamente las fibras, asegurándose así de que las propiedades del material compuesto no se ven comprometidas. Adicionalmente, la retención de las palas de material compuesto dentro del elemento de raíz metálico no depende del ligado del compuesto con el metal. Las cargas de la pala producen una acción de cuña que comprime la pala 3 de material compuesto en el elemento 41 de raíz metálico con mayor firmeza a medida que aumentan las cargas. En particular, la ligadura entre el inserto 37 de metal y la pala 3 de material compuesto está dentro de un campo de cargas compresivas debido a la acción de cuña, y no existe ninguna fuerza generada que tienda a cortar la ligadura o a expulsar el inserto. La fuerza centrífuga generada por el propio inserto de la raíz tenderá a mantenerlo en su sitio incluso si la ligadura fallara. Adicionalmente, el tapón 60 de la raíz de la pala evita físicamente que el inserto 37 se desplace más de una distancia mínima. La resistencia del material compuesto de la raíz de la pala puede ser maximizada asegurándose de que la fracción del volumen de fibras se mantenga dentro de los requisitos en toda la cuña de la raíz de la pala, y de que las fibras unidireccionales no sufran ondulaciones o cambios repentinos de dirección que reducirían su capacidad de soporte de carga. El montaje de la preforma de la pala dentro del elemento de la raíz de la pala y la instalación de las cuñas planas resultan más sencillos, rápidos y más consistentes de lo que podría lograrse con el diseño cilíndrico equivalente.

35 40 Se apreciará que la invención no está confinada a su uso en hélices de aeronave sino que podrá ser usada para retener otras palas de material compuesto.

45

REIVINDICACIONES

- 1.- Un conjunto de pala de hélice que comprende un cubo central (1) con una pluralidad de rebajes (5) y una pluralidad de palas (3) de hélice de construcción de material compuesto que tienen un extremo asegurado en unas cavidades de retención (40) de unos respectivos elementos de raíz metálicos (41) montados dentro de los rebajes (5) del cubo, teniendo al menos el extremo interior de cada pala una sección transversal no circular que comprende dos haces (31, 32) de fibras en lados opuestos de la pala y separados entre sí por una zona central (33), teniendo las cavidades de retención del elemento de raíz (41) una sección no circular y en disminución desde una sección transversal relativamente grande en su extremo interior hasta una sección transversal relativamente pequeña en su extremo exterior adyacente a la superficie del elemento de raíz (41), estando los dos haces de fibras abocardados hacia fuera entre sí en la cavidad (40) y estando separado cada uno en al menos dos capas, incluyendo adicionalmente el conjunto un elemento de inserto (37) con una sección no circular situado en cada cavidad (40) entre los dos haces (31, 32) de fibras en la zona central, y un elemento de cuña (55, 56, 57), no circular y en disminución, insertado entre cada capa de cada haz (31, 32) de manera que el extremo interior de cada pala (3) se expande hacia fuera por los lados opuestos del elemento de inserto (37) para llenar la cavidad (40) y proporcionar una retención mecánica contra la retirada de las palas (3) en una dirección hacia el exterior, **caracterizado porque** al menos un tapón (60) está encajado por el interior del extremo de una respectiva pala (3) de hélice dentro de la cavidad (40) de un respectivo elemento de raíz (41) y asegurado dentro de dicho elemento de raíz (41).
- 2.- El conjunto de pala de hélice de la Reivindicación 1, en el cual la sección transversal del extremo interior de las palas (3) y el elemento de inserto (37) es sustancialmente rectangular.
- 3.- El conjunto de pala de hélice de cualquier reivindicación precedente, en el cual los elementos de cuña (55, 56, 57) están ligados con las capas de fibra mediante resina curada.
- 4.- El conjunto de pala de hélice de cualquier reivindicación precedente, en el cual la cavidad (40) tiene una forma que es sustancialmente simétrica con respecto a un plano formado por el centro de los paquetes de largueros que comprenden los respectivos haces (31, 32) de fibras.
- 5.- El conjunto de pala de hélice de cualquier reivindicación precedente, comprendiendo adicionalmente un material (33) de núcleo de alta densidad provisto entre los haces (31, 32) de fibras.
- 6.- El conjunto de pala de hélice de la Reivindicación 5, en el cual el material (33) de núcleo de alta densidad comprende espuma de poliuretano.
- 7.- El conjunto de pala de hélice de cualquier reivindicación precedente, en el cual proporción H/L entre altura y grosor de la cuña (55, 56, 57) y la proporción S/L entre grosor del haz de fibras (31, 32) y grosor de la cuña está en el rango de aproximadamente dos, o tres, a uno.
- 8.- Un procedimiento para montar un conjunto de pala de hélice, que comprende proporcionar un cubo (1) con una pluralidad de rebajes (5) y una pluralidad de palas (3) de hélice de construcción de material compuesto que tienen un extremo asegurado en unas cavidades de retención (40) en unos respectivos elementos de raíz metálicos (41) montados dentro de los rebajes (5) del cubo, teniendo al menos el extremo interior de cada pala (3) una sección transversal no circular que comprende dos haces (31, 32) de fibras en lados opuestos de la pala (3) y separados entre sí por una zona central, teniendo las cavidades de retención (40) del elemento de raíz una sección no circular y estando en disminución desde una sección transversal relativamente grande en su extremo interior hasta una sección transversal relativamente pequeña en su extremo exterior adyacente a la superficie del elemento de raíz, estando los dos haces (31, 32) de fibras abocardados hacia fuera entre sí en la cavidad (40) y estando separado cada uno en al menos dos capas, incluyendo adicionalmente el conjunto un elemento de inserto (37) con una sección no circular situado en cada cavidad entre los dos haces en la zona central, y un elemento de cuña (55, 56, 57), no circular y en disminución, insertado entre cada capa de cada haz (31, 32) de manera que el extremo interior de cada pala (3) se expande hacia fuera por los lados opuestos del elemento de inserto (37) para llenar la cavidad (40) y proporcionar una retención mecánica contra la retirada de las palas (3) en una dirección hacia el exterior, y comprendiendo adicionalmente al menos un tapón (60) encajado por el interior del extremo de una respectiva pala (3) de hélice dentro de la cavidad (40) de un respectivo elemento de raíz (41) y asegurado dentro de dicho elemento de raíz (41).

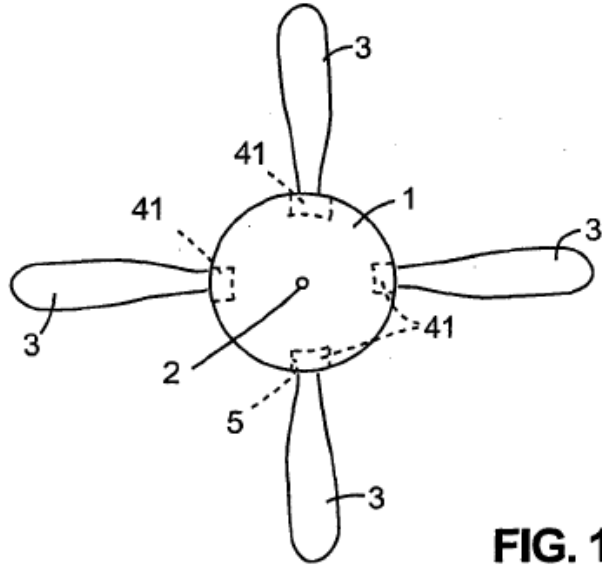


FIG. 1

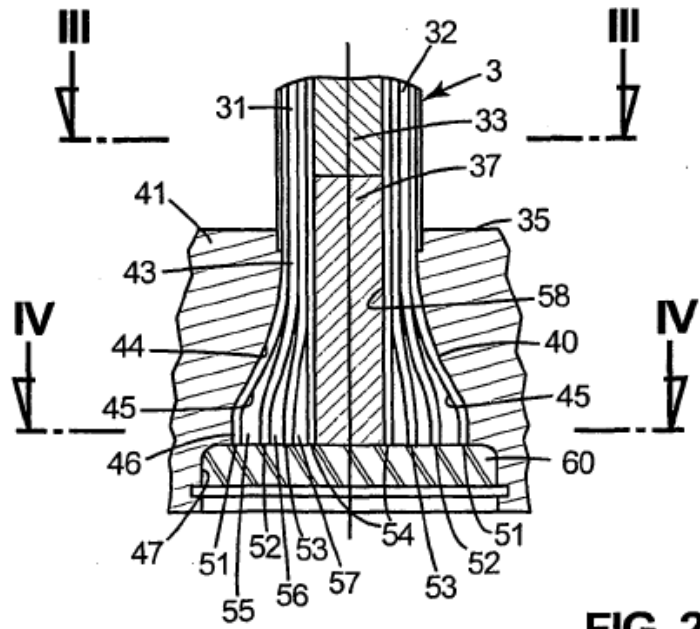


FIG. 2

FIG. 3

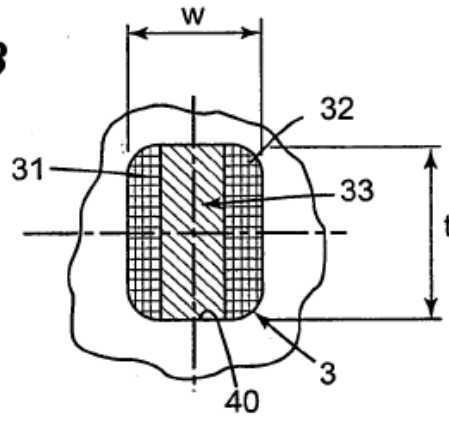


FIG. 4

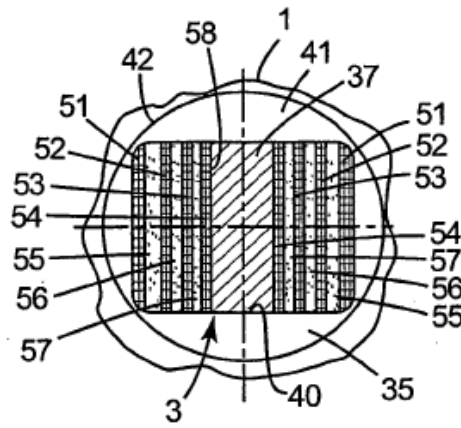


FIG. 5

