

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 606**

51 Int. Cl.:  
**B29C 33/76** (2006.01)  
**B29C 70/30** (2006.01)  
**B64C 11/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07875019 .7**  
96 Fecha de presentación: **12.12.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2121264**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.11.2009**

54 Título: **MANDRIL DE PALA DE HELICÓPTERO, MÉTODO PARA FABRICAR EL MANDRIL Y MÉTODO PARA MOLDEAR UNA PALA DE ROTOR DE HELICÓPTERO.**

30 Prioridad:  
**27.12.2006 US 645884**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.12.2011**

73 Titular/es:  
**HEXCEL CORPORATION**  
**11711 DUBLIN BOULEVARD**  
**DUBLIN, CALIFORNIA 94568, US**

72 Inventor/es:  
**CALLIS, Richard, A.;**  
**NEWKIRK, Scott y**  
**WHITE, Joe**

74 Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro**

ES 2 370 606 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**

Mandril de pala de helicóptero, método para fabricar el mandril y método para moldear una pala de rotor de helicóptero.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 1. Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a palas de rotor de helicóptero que están hechas de materiales compuestos. Más particularmente, la presente invención se refiere a los procesos y aparatos que se usan en la fabricación de dichas palas de rotor compuestas.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Las palas de rotor son un componente crítico de cada helicóptero. Las palas de rotor están sometidas a una compleja serie de fuerzas aerodinámicas bastante extremas que varían continuamente durante el vuelo. Las palas de rotor funcionan como álabes o alas giratorias que están conformadas para proporcionar la sustentación aerodinámica requerida para una aeronave dada. Las palas de rotor típicamente incluyen un larguero que se extiende desde la base de la pala de rotor hasta su punta. El larguero es un elemento estructural fundamental de la  
15 pala de rotor que proporciona a la pala la resistencia estructural necesaria para soportar altas cargas operacionales.

El larguero de la pala de rotor típico es una estructura tubular larga alrededor de la cual se forma el resto de la pala. El tubo del larguero tiene una sección transversal elíptica que está formada para proporcionar un borde delantero o de ataque y un borde trasero o de salida. Para proporcionar un rendimiento aerodinámico óptimo, muchos tubos de larguero incluyen un ligero giro alrededor del eje longitudinal. Los giros típicos en el larguero proporcionan rotaciones de la sección transversal elíptica de hasta 10 grados y más a medida que nos desplazamos desde la base de la pala de rotor hasta su punta. Además, la forma elíptica de la sección transversal del larguero puede variar desde la base del larguero hasta la punta del larguero para cumplir con diversos parámetros de carga aerodinámica y estructural.

20 Los materiales de alta resistencia, tales como aleaciones de titanio y aluminio, se han usado típicamente para fabricar palas de rotor. Estos materiales metálicos de alta resistencia son particularmente muy adecuados para formar el larguero de la pala de rotor. El titanio se ha formado de forma rutinaria en la estructura del larguero tubular relativamente largo y maquinarse o fabricarse de otro modo para proporcionar una compleja variedad de giros y variadas formas de sección transversal.

30 Materiales compuestos también se han usado para formar largueros de pala de rotor. La combinación de peso ligero y resistencia estructural han hecho de los compuestos una elección popular para fabricar no solamente el larguero de la pala de rotor, sino toda la pala de rotor. Palas de rotor compuestas ejemplares y los procesos para fabricarlas se describen en las Patentes de Estados Unidos N° 4.892.462; 5.346.367; 5.755.558; 5.939.007; y 4.169.749, que describe un mandril de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, y en los documentos JP 08207134 y AT 106172.

35 El larguero compuesto típico se fabrica aplicando el material compuesto no curado a la superficie de un molde o mandril cilíndrico largo que está conformado para proporcionar la superficie interior del tubo del larguero. Una vez que el material compuesto se ha aplicado al molde o mandril, se compacta y se cura a una temperatura elevada para proporcionar la estructura del larguero final. Un problema asociado con la fabricación de largueros compuestos gira en torno a qué hacer con el molde o mandril una vez que el se ha formado el larguero. La longitud del molde y las variaciones de la sección transversal elíptica del larguero, así como cualquier giro en el larguero, hacen muy  
40 difícil quitar el molde o mandril después de haber curado el larguero.

Un enfoque para resolver los problemas de retirada del molde/mandril ha sido fabricar un molde de un material que es lo suficientemente resistente para conservar su forma durante la fabricación previa al curado del larguero compuesto, pero que se desintegra o se contrae de otra manera durante el ciclo de curado, de modo que pueda retirarse de la cavidad del larguero o simplemente dejarlo en su lugar. Por ejemplo, diversas espumas se han usado  
45 en solitario o en combinación con una estructura de mandril duro subyacente para proporcionar un molde de larguero subyacente. La espuma se funde o se contrae de otra forma a una fracción de su tamaño inicial durante el curado a temperaturas elevadas. El molde contraído resultante es lo suficientemente pequeño para que pueda ser retirado de la cavidad del larguero o dejado en su lugar.

50 Aunque moldes de espuma se han usado con éxito en la fabricación de largueros compuestos para palas de rotor, muchas veces es difícil encontrar una espuma u otro material que tenga la resistencia estructural necesaria para conservar dimensiones de larguero críticas durante la formación del larguero, mientras que al mismo tiempo sea capaz de deteriorarse de forma relativamente rápida durante el curado. Además, el molde solamente puede usarse una vez, lo que aumenta considerablemente el coste de fabricación del larguero.

RESUMEN DE LA INVENCION

De acuerdo con la presente invención, se proporcionan métodos y aparatos para fabricar un larguero de pala de rotor de material compuesto en el que se usa un mandril de múltiples componentes para formar el larguero compuesto. El mandril se fabrica usando una serie de componentes, que se ensamblan para proporcionar una estructura que sea lo suficientemente resistente para conservar la forma del larguero durante el almacenamiento previo al curado, la compactación y el curado del material compuesto. Los múltiples componentes usados para formar el mandril pueden separarse entre sí y retirarse fácilmente del larguero antes o después del curado del material compuesto. Los componentes del mandril pueden re-ensamblarse y reutilizarse a continuación para formar largueros compuestos adicionales.

5

10 Como característica de la presente invención, se proporciona un mandril de múltiples componentes de acuerdo con la reivindicación 1 para su uso en el moldeo de una pala de helicóptero en el que la pala de rotor incluye un larguero que se extiende paralelo al eje longitudinal de la pala de rotor. El larguero que se está formando incluye superficies interiores que forman una cavidad de larguero que también se extiende longitudinalmente desde la base de la pala hasta la punta. Las superficies interiores del larguero incluyen una superficie del borde de ataque que está compuesta por una parte del borde de ataque superior y una parte del borde de ataque inferior. Las superficies interiores del larguero incluyen además una superficie del borde de salida que está compuesta por una parte del borde de salida superior y una parte del borde de salida inferior. Las superficies interiores del larguero también incluyen una superficie superior que se extiende entre la parte superior del borde de ataque y la parte superior del borde de salida, así como una superficie inferior que se extiende entre la parte inferior del borde de ataque y la parte inferior del borde de salida.

15

20

El mandril se fabrica a partir de un componente delantero que incluye una superficie exterior que está conformada para proporcionar la superficie del borde de ataque de la superficie interior del larguero. El componente delantero incluye un borde trasero superior que tiene una superficie externa, que está conformada para proporcionar la parte del borde de ataque superior de las superficies interiores del larguero. El componente delantero también incluye un borde trasero inferior que está conformado para proporcionar la parte del borde de ataque inferior de las superficies interiores del larguero. El mandril también incluye un componente trasero que está conformado para proporcionar la superficie del borde de salida de las superficies interiores del larguero. El componente trasero incluye un borde delantero superior que está conformado para proporcionar la parte del borde de salida superior de las superficies interiores del larguero. El componente trasero también incluye un borde delantero inferior que está conformado para proporcionar la parte del borde de salida inferior o las superficies interiores del larguero.

25

30

Los componentes delantero y trasero del mandril están conectados juntos mediante un componente superior y un componente inferior. El componente superior está conformado para proporcionar la superficie superior de dichas superficies interiores del larguero. El componente superior incluye un borde delantero que está conectado al borde trasero superior del componente delantero y un borde trasero que está conectado al borde delantero superior del componente trasero. El componente inferior está conformado para proporcionar la superficie inferior de dichas superficies interiores del larguero. El componente inferior incluye un borde delantero que está conectado al borde trasero inferior del componente delantero y un borde trasero que está conectado al borde delantero inferior de dicho componente trasero.

35

El componente final del mandril es una estructura de soporte que está situada entre el componente superior y el componente inferior. La estructura de soporte proporciona refuerzo para los componentes superior e inferior y también los mantiene en su lugar contra los componentes delantero y trasero. Como característica de la presente invención, la estructura de soporte es plegable cuando una fuerza tensora se aplica a la estructura de soporte a lo largo del eje longitudinal de dicha pala de rotor. El plegado de la estructura de soporte le permite ser retirada de la cavidad del larguero. Una vez que la estructura de soporte se ha retirado, los componentes superior e inferior del mandril pueden desconectarse de los componentes delantero y trasero. Los componentes pueden retirarse entonces individualmente de la cavidad del larguero.

40

45

La presente invención también abarca un método de acuerdo con la reivindicación 10 para fabricar el mandril de múltiples componentes así como un método de acuerdo con la reivindicación 11 para moldear largueros de pala de rotor compuestos usando el mandril de múltiples componentes y el larguero de pala de rotor resultante. El mandril de múltiples componentes de la presente invención proporciona una serie de ventajas respecto a métodos existentes para fabricar palas de rotor compuestas. Estas ventajas incluyen la capacidad de soportar las fuerzas aplicadas al mandril durante la fabricación de la pala compuesta para evitar cualesquiera variaciones indeseables de la forma de la pala. Además, el mandril puede usarse para formar complejas formas del larguero incluyendo largueros con grados variables de giro y cambios de la geometría de la sección transversal elíptica. Una ventaja adicional es que el mandril puede re-ensamblarse y usarse repetidamente.

50

55

Las descritas anteriormente y muchas otras características y ventajas que conlleva la presente invención se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción detallada cuando se toma junto con los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en perspectiva parcial de una pala de rotor de helicóptero compuesta ejemplar que incluye un larguero que puede fabricarse usando el mandril de múltiples componentes de acuerdo con la presente invención.

5 La figura 2 es una vista en perspectiva de un mandril de múltiples componentes ejemplar preferido de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una sección de la vista de una parte de la figura 2 tomada en el plano 3-3

La figura 4 es la misma vista que la figura 3 excepto que el larguero de material compuesto se muestra en su lugar sobre la superficie exterior del mandril.

10 La figura 5 es una vista de sección transversal del mandril que representa cómo los componentes se separan para la retirada del larguero después de la compactación y/o el curado del larguero compuesto.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 Un mandril de múltiples componentes ejemplar preferido de acuerdo con la presente invención para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero a partir de material compuesto se muestra en general en 10 en la figura 2. Una pala de rotor de helicóptero ejemplar que puede moldearse utilizando el mandril 10 se muestra de forma simplificada en la figura 1 en 12. La pala de rotor 12 incluye un larguero 14 que se extiende paralelo al eje longitudinal 16 de la pala de rotor 12. El larguero 14 típicamente se extiende desde la base de la pala de rotor (no se muestra) hasta la punta 18. El larguero 14 es una estructura tubular que tiene una sección transversal de forma elíptica como se muestra en la figura 1. El larguero 14 incluye una serie de superficies interiores que están formadas por el mandril 10. Estas superficies del larguero interiores definen la cavidad del larguero 20.

20 En referencia a la figura 1, las superficies interiores del larguero están compuestas por una superficie del borde de ataque 22, superficie del borde de salida 24, una superficie superior 26 y una superficie inferior 28. La superficie del borde de ataque 22 incluye una parte del borde de ataque superior 30 y una parte del borde de ataque inferior 32. La superficie del borde de salida 24 incluye una parte del borde de salida superior 34 y una parte del borde de salida inferior 36. La superficie superior 26 se extiende entre la parte del borde de ataque superior 30 y la parte del borde de salida superior 34. La superficie inferior 28 se extiende entre la parte del borde de ataque inferior 32 y la parte del borde de salida inferior 36.

25 En referencia a la figura 2, el mandril 10 incluye un componente delantero 38 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la superficie del borde de ataque interior del larguero 22. El componente delantero del mandril 38 incluye un borde trasero superior 40 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de ataque superior 30 del larguero. El componente delantero del mandril 38 también incluye un borde trasero inferior 42 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de ataque inferior 32 del larguero.

30 El mandril 10 también incluye un componente trasero 44 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar el borde de salida interior del larguero 24. El componente trasero del mandril 44 incluye un borde delantero superior 46 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de salida superior 34. El componente trasero del mandril 44 también incluye un borde delantero inferior 48 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de salida inferior 36.

35 El mandril 10 incluye además un componente superior 50 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la superficie interior superior del larguero 26. El componente superior 50 incluye un borde delantero 52 que está conectado al borde trasero superior 40 del componente delantero 38. El componente superior 50 también incluye un borde trasero 54 que está conectado al borde delantero superior 46 del componente trasero 44. El mandril 10 también incluye un componente inferior 56 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la superficie interior inferior del larguero 28. El componente inferior 56 incluye un borde delantero 58 que está conectado al borde trasero inferior 42 del componente delantero 38. El componente inferior 56 también incluye un borde trasero 60 que está conectado al borde delantero inferior 48 del componente trasero 44.

40 El componente final del mandril 10 es una estructura de soporte plegable, que se muestra en la figura 2 como tiras de soporte corrugadas 62 y 64. Las tiras de soporte corrugadas 62 y 64 se extienden longitudinalmente en el mandril 10 (es decir paralelas al eje longitudinal 16 del larguero). Las tiras de soporte corrugadas 62 y 64 están situadas en la cavidad del mandril para proporcionar un empuje hacia fuera contra el componente superior 50 y el componente inferior 56 y para proporcionar soporte para estos dos componentes a lo largo de toda su longitud. Como puede verse a partir de la figura 2, los bordes delantero y trasero 52 y 54 del componente superior 50 están conformados de modo que se solapan en interior del borde trasero superior 40 del componente delantero 38 y el borde delantero superior 46 del componente trasero 44, respectivamente. Esta disposición de solapamiento proporciona una conexión segura, pero desprendible, entre el componente superior 50 y los componentes delantero y trasero 38 y 44. Del mismo modo, los bordes delantero y trasero 58 y 60 del componente inferior 56 están conformados de modo que

se solapan en el interior del borde trasero inferior 42 del componente delantero 38 y el borde delantero inferior 48 del componente trasero 44, respectivamente. Esta disposición de solapamiento también proporciona una conexión segura, pero desprendible, entre el componente inferior 56 y los componentes delantero y trasero 38 y 44.

5 El empuje hacia fuera proporcionado por las tiras corrugadas 62 y 64 contra los componentes del mandril superior e inferior 50 y 56 proporciona conexiones por compresión a lo largo de los cuatro puntos en los que los componentes del mandril se solapan como se ha descrito anteriormente. Estas conexiones por compresión mantienen al mandril en forma de una única estructura relativamente resistente durante la fabricación del larguero compuesto. Durante la retirada de las tiras de soporte corrugadas 62 y 64, los componentes superior e inferior 50 y 56 pueden moverse uno hacia el otro y desconectarse de los componentes delantero y trasero 38 y 44.

10 La estructura de soporte plegable debe ser lo suficientemente resistente para impedir que los componentes superior e inferior se replieguen juntos durante el almacenamiento, la compactación y el curado del larguero compuesto. Al mismo tiempo, la estructura de soporte debe ser capaz de plegarse lateralmente cuando una fuerza tensora se le aplica a lo largo del eje longitudinal de la pala de rotor. El término "plegable" se usa en este documento para indicar que la estructura debe, como mínimo, ser capaz de plegarse una medida suficiente para reducir la fricción entre la estructura de soporte y los componentes superior/inferior, de modo que la estructura de soporte puede ser arrastrada longitudinalmente desde el extremo de la base de la cavidad del larguero. En otras palabras, la estructura de soporte debe ser capaz de plegarse lo suficiente, cuando se tira de ella desde un extremo, para liberar la estructura de soporte de su ajuste por fricción contra los componentes superior e inferior.

20 Las tiras corrugadas, como se muestra en la figura 2, son la estructura de soporte plegable preferida. Sin embargo, pueden usarse otros tipos de materiales siempre que cumplan los criterios anteriores con respecto a contracción lateral cuando se aplica una fuerza tensora longitudinal. Debe observarse que dos tiras corrugadas 62 y 64 se muestran en la figura 2 como preferidas. Sin embargo, puede usarse una única tira corrugada, especialmente en situaciones en las que la geometría de la cavidad del larguero no es compleja. Como alternativa, pueden usarse más de dos tiras, si se desea.

25 Las tiras corrugadas pueden estar hechas de cualquier material que proporcione la combinación deseada de resistencia y flexibilidad. Se prefiere que las tiras corrugadas sean lo suficientemente elásticas para que no se deformen cuando se pliegan y se retiren de la cavidad del mandril mediante la aplicación de tensión longitudinal. Esto permite que las tiras se usen más de una vez como estructura de soporte plegable. Están disponibles una amplia variedad de metales que tienen la resistencia y flexibilidad necesarias para funcionar como una estructura de soporte. Sin embargo, se prefiere que las tiras corrugadas estén hechas de material compuesto. Los materiales compuestos proporcionan la resistencia necesaria para evitar que los componentes superior e inferior se plieguen durante la aplicación de presión externa durante los procesos de compactación y curado. Además, las tiras corrugadas hechas de materiales compuestos tienen la suficiente flexibilidad y elasticidad para plegarse la medida deseada cuando se aplica tensión longitudinal y después volver de golpe a su forma original.

35 La figura 3 es una vista de sección que muestra una parte de la tira corrugada 64 en su lugar entre los componentes superior e inferior 50 y 56 del mandril 10. La tira corrugada 64 tiene crestas 66 que se extienden sustancialmente perpendiculares al eje longitudinal 16 del larguero 14. Los separadores 68 pueden colocarse entre las crestas 66 de la tira corrugada y los componentes superior e inferior 50 y 56 para facilitar la retirada de la tira corrugada 64 del mandril. El uso de separadores 68 para mejorar la liberación de las crestas 66 de los componentes superior e inferior 40 50 y 56 se prefiere, pero no es necesario. Los separadores 68 pueden usarse en todas o algunas de las crestas 66. Los separadores 68 pueden estar en forma de únicas tiras alargadas o pueden estar en forma de múltiples arandelas que están separadas a lo largo de las crestas. Se prefieren los separadores 68 hechos de poliamida reforzada con fibra o fenólicos. Sin embargo, los separadores pueden estar hechos de diversos materiales siempre que la tensión superficial sea lo suficientemente baja para que las arandelas sean liberadas de las superficies del mandril cuando la tira corrugada se retira. Materiales, tales como politetrafluoretileno y otras sustancias no adhesivas, pueden usarse, pero no se prefieren particularmente dado que pueden ser difíciles de mantener en su lugar sobre las crestas de las tiras corrugadas durante el ensamblaje del mandril.

50 Las arandelas se mantienen preferentemente en su lugar sobre las crestas usando una pequeña cantidad de pegamento u otro material aglutinante que sea suficiente para mantener a la arandela en su lugar durante la fabricación del mandril, pero que permita que las arandelas se liberen de las crestas cuando el mandril se retira de la cavidad del larguero. Además, se prefiere que las crestas se maquinen ligeramente para formar plataformas para asentar la arandela. El grado de maquinado depende del tamaño de la arandela y el grosor del material de soporte corrugado. Las arandelas son típicamente del orden de varias milésimas de pulgada de grosor a varias centésimas de pulgadas de grosor o incluso más gruesas dependiendo de las particulares dimensiones del mandril y el grado al cual las crestas corrugadas se maquinan para aceptar la arandela.

55 Como se muestra en la figura 3, se prefiere que los separadores 68 estén situados solamente en un lado de la tira corrugada. Los separadores 68 se muestran situados en las crestas superiores en la figura 3 solamente por fines demostrativos. Los separadores 68 podrían estar situados, como alternativa, sobre las crestas inferiores. Durante el ensamblaje del mandril, se prefiere que la tira corrugada 64 esté unida temporalmente al componente inferior 56 usando fijadores desmontables. Los fijadores desmontables, tales como Clecocos, se usan para conectar las crestas 60

inferiores de la tira corrugada al componente inferior. Las arandelas 68 están colocadas sobre las crestas superiores de la tira corrugada 68 y a continuación el componente superior 50 se coloca en su lugar. Para mantener al ensamblaje de componentes juntos, se prefiere enrollar en ensamblaje completado, como se muestra en la figura 3, en cinta retráctil u otra cinta adecuada.

5 La figura 4 muestra una vista de sección transversal parcial del mandril 10 situado en el larguero compuesto 14 justo después de la compactación y/o el curado del material compuesto. La flecha 70 representa la aplicación de una fuerza tensora (es decir, de tracción) a lo largo del eje longitudinal de la pala de rotor. Las flechas 72 representan el plegado de la tira corrugada 64 que es el resultado de la tracción longitudinal sobre la tira. Como es evidente, solamente es necesario que las crestas 66 se plieguen en la dirección de las flechas 72 una medida suficiente para liberar las arandelas 68, de modo que la tira 64 pueda ser arrastrada longitudinalmente respecto al mandril. Esto permite que la tira corrugada 64 se deforme la medida mínima de modo que pueda reutilizarse una serie de veces. En algunas situaciones, especialmente con geometrías de larguero muy complejas, puede ser necesario aplicar suficiente tensión 70 para plegar sustancialmente la tira corrugada para ser capaz de retirarla del mandril.

10 La figura 5 es una vista de sección transversal simplificada que muestra el mandril 10 en su lugar después de que las tiras de soporte corrugadas 62 y 64 se han retirado. Los componentes superior e inferior 50 y 56 se mueven hacia dentro uno hacia otro, como se representa mediante las flechas 74, de modo que puedan retirarse de la cavidad del larguero 20. Los componentes delantero y trasero 38 y 44 también se mueven hacia dentro uno hacia el otro, como se representa mediante las flechas 76, de modo que también puedan retirarse de la cavidad del larguero 20.

15 El mandril 10 puede retirarse de la cavidad del larguero 20, como se ha descrito anteriormente, después de la compactación del material compuesto del larguero no curado alrededor del mandril o después de que el larguero compuesto compactado se ha curado. Se prefiere retirar el mandril antes del curado para maximizar el número de veces que puede reutilizarse. El mandril debe ser capaz de soportar las presiones que están presentes durante procedimientos normales para moldear largueros de pala de rotor de helicóptero. Típicamente, el mandril debe ser capaz de soportar presiones externas del orden de 254 mm a 381 mm (10 a 15 pulgadas) de Hg y superiores. El mandril también debe ser capaz de soportar las temperaturas a las cuales se curan los materiales compuestos usados para fabricar el larguero. Típicamente, dichos compuestos se curan a temperaturas en el intervalo de 120°C a 200°C e incluso superiores.

20 Los materiales que se usen para fabricar los cuatro componentes externos del mandril 10 también pueden ser cualesquiera de los metales usados típicamente para fabricar mandriles para moldear materiales compuestos. Sin embargo, como era el caso con las tiras de soporte corrugadas, los materiales compuestos son un material preferido para fabricar los componentes externos del mandril que realmente están en contacto con el larguero durante la fabricación de la pala de rotor. Las superficies externas del mandril o la cinta retráctil (si se usa) pueden recubrirse con un agente de liberación adecuado, si se desea.

25 Los materiales compuestos que pueden usarse para fabricar los componentes del mandril incluyen aquellos que contienen fibras de vidrio o de carbono. Las fibras pueden estar en forma de tela tejida, fibras unidireccionales o fibras con orientación aleatoria. Cualesquiera de las diversas resinas termoendurecibles que son adecuadas para su uso en operaciones de moldeo a temperatura relativamente alta pueden usarse como material de la matriz. Las resinas ejemplares incluyen epoxis, fenólicas, bismaleimidadas y poliéster. Un material preferido es un material compuesto isotrópico que está compuesto por astillas orientadas al azar de fibras unidireccionales en una matriz de epoxi. Este tipo de material de mandril está disponible de Hexcel Corporation (Dublin, Calif.) con el nombre comercial HexMC®. Un material preferido alternativo para su uso en la preparación de los componentes del mandril es tela de carbono/preimpregnado epoxi, tal como HEXCEL 8552, que también está disponible de Hexcel Corporation (Dublin, Calif.). Ambos de estos materiales son suministrados con preimpregnados no curados, que pueden formarse en el componente de mandril deseado y curarse de acuerdo con métodos convencionales para fabricar y curar estructuras compuestas a base de epoxi.

30 Como ejemplo, el mandril de la presente invención puede usarse para moldear el larguero de una pala de rotor de helicóptero donde el larguero es del orden de 6,01 a 7,62 metros (20 a 25 pies) de largo o incluso más largo para helicópteros grandes. La distancia entre el borde de ataque y el borde de salida del larguero en la base de la pala varía entre unas pocas pulgadas a 60,1 cm (dos pies) o más. Esta distancia se estrecha hasta de unas pocas pulgadas a 30,5 cm (un pie) o más en la punta de la pala. El grosor del larguero en la base de la pala varía entre 2,554 cm (una pulgada) y 30,5 cm (un pie) o más y se estrecha a menos de 2,54 cm (una pulgada) o hasta unas pocas pulgadas en la punta de la pala. El larguero tiene un giro del orden de 10 grados alrededor de su eje longitudinal desde la base del larguero hasta su punta. Los diversos componentes externos del mandril (componente delantero, componente trasero, componente superior y componente inferior) están hechos para coincidir con la forma interna del larguero. Están fabricados como cuatro componentes individuales que son cada uno de 6,01 a 7,62 metros (20 a 25 pies) de largo. Cada componente está hecho de un número suficiente de pliegues de Hexcel 8552 carbono/preimpregnado epoxi o HexMC® para fabricar componentes que son de 0,254 mm (0,01 pulgadas) de grosor a 12,7 mm (0,5 pulgadas) de grosor o más, dependiendo del tamaño del mandril. Los componentes se curan de acuerdo con procedimientos de curado convencionales.

5 Para el mandril ejemplar descrito en este documento, se usan dos tiras de soporte corrugadas que son ambas de 6,01 a 7,62 metros (20 a 25 pies) de largo para que coincidan con la longitud de los otros componentes del mandril. Las tiras de soporte corrugadas tienen un tamaño tal que las distancias laterales entre las crestas coincidan con el grosor del mandril a medida que varía desde la base hasta la punta y desde el borde de ataque al borde de salida. Las dos tiras de soporte corrugadas están situadas dentro de la cavidad del mandril de modo que aplican la fuerza de empuje hacia fuera apropiada contra los componentes superior e inferior a lo largo de toda la longitud del mandril. La distancia longitudinal entre las crestas superiores individuales en la tira corrugada debe ser suficiente para proporcionar el soporte necesario para los componentes superior e inferior. La distancia longitudinal entre las crestas inferiores en la tira corrugada debe ser aproximadamente la misma que la distancia entre las crestas superiores. Las distancias longitudinales entre las crestas pueden variar desde la base hasta la punta. Por ejemplo, puede ser deseable hacer las crestas más cercanas entre sí más cerca de la base del mandril para proporcionar un soporte añadido donde la cavidad del larguero tiene la mayor área de sección transversal.

10 Las tiras corrugadas también están hechas de HEXCEL 8552 carbono/preimpregnado epoxi o HexMC®, que también se forman en la forma corrugada requerida y se compactan y se curan de acuerdo con procedimientos de curado convencionales. Las tiras corrugadas resultantes deben ser suficientemente gruesas para proporcionar soporte para los componentes superior e inferior durante la compactación y el curado, si se desea. Las tiras corrugadas compuestas deben estar hechas de un número suficiente de pliegues de preimpregnado para proporcionar tiras corrugadas que son suficientemente resistentes para soportar las presiones a las cuales se someten el material compuesto del larguero y el mandril subyacente durante procedimientos de compactación y curado convencionales.

15 Habiendo descrito de este modo realizaciones ejemplares de la presente invención, los expertos en la materia deben observar que las descripciones en éstas son solamente ejemplares y que diversas otras alternativas, adaptaciones y modificaciones pueden hacerse dentro el alcance de la presente invención. Por consiguiente, la presente invención no está limitada por las realizaciones descritas anteriormente, sino que solamente está limitada por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) en el que dicha pala de rotor (12) incluye un larguero (14) que se extiende paralelo al eje longitudinal (16) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor (12), teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad de larguero (20) que también se extiende longitudinalmente desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (12) de dicha pala de rotor (12), incluyendo dichas superficies interiores del larguero una superficie del borde de ataque (22) que comprende una parte del borde de ataque superior (30) y una parte del borde de ataque inferior (32), una superficie del borde de salida (24) que comprende una parte del borde de salida superior (34) y una parte del borde de salida inferior (36), una superficie superior (26) que se extiende entre dicha parte superior del borde de ataque (30) y dicha parte superior del borde de salida (34) y una superficie inferior (28) que se extiende entre dicha parte inferior del borde de ataque (36) y dicha parte inferior del borde de salida (36), comprendiendo dicho mandril (10):
- un componente delantero (38) que comprende una superficie exterior que está conformada para proporcionar dicha superficie del borde de ataque (22) de dichas superficies interiores del larguero, comprendiendo dicho componente delantero (38) un borde trasero superior (40) que comprende una superficie externa que está conformada para proporcionar dicha parte del borde de ataque superior (30) y un borde trasero inferior (42) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de ataque inferior (32);
- un componente trasero (44) que está conformado para proporcionar dicha superficie del borde de salida (24) de dichas superficies interiores del larguero, comprendiendo dicho componente trasero (44) un borde delantero superior (46) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida superior (34) y un borde delantero inferior (48) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida inferior (36);
- un componente superior (50) que está conformado para proporcionar dicha superficie superior (26) de dichas superficies interiores del larguero, comprendiendo dicho componente superior (50) un borde delantero (52) que está conectado a dicho borde trasero superior (40) de dicho componente delantero (38) y un borde trasero (54) que está conectado a dicho borde delantero superior (46) de dicho componente trasero (44);
- un componente inferior (56) que está conformado para proporcionar dicha superficie inferior (28) de dichas superficies interiores del larguero, comprendiendo dicho componente inferior (56) un borde delantero (58) que está conectado a dicho borde trasero inferior (42) de dicho componente delantero (38) y un borde trasero (60) que está conectado a dicho borde delantero inferior (48) de dicho componente trasero (44);
- 30 **caracterizado porque** comprende una estructura de soporte plegable (62 y 64) situada entre dicho componente superior (50) y dicho componente inferior (56), siendo dicha estructura de soporte (62 y 64) plegable cuando se aplica una fuerza tensora a dicha estructura de soporte a lo largo del eje longitudinal (16) de dicha pala de rotor (12).
2. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha estructura de soporte plegable (62 y 64) comprende un material corrugado que comprende crestas (66) que se extienden sustancialmente perpendiculares a dicho eje longitudinal (16).
3. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha estructura de soporte plegable (62 y 64) comprende una pieza delantera de material corrugado y una pieza trasera de material corrugado.
4. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho material corrugado comprende un material compuesto.
5. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho material corrugado (62 y 64) comprende un borde delantero y un borde trasero y en el que la distancia lateral entre las crestas (66) de dicho material corrugado disminuye desde el borde delantero de dicho material corrugado hasta el borde trasero de dicho material corrugado.
- 45 6. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las conexiones entre dicho componente delantero y dichos componentes superior y/o inferior son conexiones desprendibles.
7. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las conexiones entre dicho componente trasero y dichos componentes superior y/o inferior son conexiones desprendibles.
- 50 8. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el borde delantero (52) de dicho componente superior (50) se solapa con el borde trasero superior (40) de dicho componente delantero (38) en su interior y en el que el borde delantero (58) de dicho componente inferior (56) se solapa con el borde trasero inferior (42) de dicho componente delantero (38) en su interior.
- 55



9. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el borde trasero (52) de dicho componente superior (50) se solapa con el borde delantero superior (46) de dicho componente trasero (44) en su interior y en el que el borde trasero (60) de dicho componente inferior (56) se solapa con el borde delantero inferior (48) de dicho componente trasero (44) en su interior.

5 10. Un método para fabricar un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) en el que dicha pala de rotor (12) incluye un larguero (14) que se extiende paralelo al eje longitudinal (16) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor (12), teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad de larguero (20) que también se extiende longitudinalmente desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor (12), incluyendo dichas superficies interiores del larguero una superficie del borde de ataque (22) que comprende una parte del borde de ataque superior (30) y una parte del borde de ataque inferior (32), una superficie del borde de salida (24) que comprende una parte del borde de salida superior (34) y una parte del borde de salida inferior (36), una superficie superior (26) que se extiende entre dicha parte superior del borde de ataque (30) y dicha parte superior del borde de salida (32) y una superficie inferior (28) que se extiende entre dicha parte inferior del borde de ataque (32) y dicha parte inferior del borde de salida (36), comprendiendo dicho método las etapas de:

20 proporcionar un componente delantero (38) que comprende una superficie exterior que está conformada para proporcionar dicha superficie del borde de ataque (22) de dicha superficie interior del larguero, comprendiendo dicho componente delantero (38) un borde trasero superior (40) que comprende una superficie externa que está conformada para proporcionar dicha parte del borde de ataque superior (30) y un borde trasero inferior (42) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de ataque inferior (32);

25 proporcionar un componente trasero (44) que está conformado para proporcionar dicha superficie del borde de salida (24) de dicha superficie interior del larguero, comprendiendo dicho componente trasero (44) un borde delantero superior (46) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida superior (34) y un borde delantero inferior (48) que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida inferior (36);

proporcionar un componente superior (50) que está conformado para proporcionar dicha superficie superior (26) de dicha superficie interior del larguero, comprendiendo dicho componente superior (50) un borde delantero (52) y un borde trasero (54);

30 proporcionar un componente inferior (56) que está conformado para proporcionar dicha superficie inferior (28) de dicha superficie interior del larguero, comprendiendo dicho componente inferior (56) un borde delantero (58) que está conectado a dicho borde trasero inferior (42) y un borde trasero (60) que está conectado a dicho borde delantero inferior (48) de dicho componente trasero (44);

proporcionar una estructura de soporte plegable (62 y 64);

35 conectar dicho borde delantero (38) de dicho componente superior (50) al borde trasero superior (40) de dicho componente delantero (38);

conectar dicho borde trasero (54) de dicho componente superior (50) al borde delantero superior (46) de dicho componente trasero (44);

40 conectar dicho borde delantero (58) de dicho componente inferior (56) al borde trasero inferior (42) de dicho componente delantero (38); y

45 conectar dicho borde trasero (60) de dicho componente inferior (56) al borde delantero inferior (48) de dicho componente trasero (44) en el que dichos componentes superior (50), inferior (56), delantero (38) y trasero (44) están conectados juntos de modo que dicha estructura corrugada plegable (62 y 64) está situada entre dicho componente superior (50) y dicho componente inferior (56), siendo dicha estructura de soporte (62 y 64) plegable cuando se aplica una fuerza tensora a dicha estructura de soporte (62 y 64) a lo largo del eje longitudinal (16) de dicha pala de rotor (12).

50 11. Un método para moldear una pala de rotor de helicóptero (12) en el que dicha pala de rotor (12) incluye un larguero (14) que se extiende paralelo al eje longitudinal (16) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor (12), teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad de larguero (20) que también se extiende longitudinalmente desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor (12), incluyendo dichas superficies interiores del larguero una superficie del borde de ataque (22) que comprende una parte del borde de ataque superior (30) y una parte del borde de ataque inferior (32), una superficie del borde de salida (24) que comprende una parte del borde de salida superior (34) y una parte del borde de salida inferior (36), una superficie superior (26) que se extiende entre dicha parte superior del borde de ataque (30) y dicha parte superior del borde de salida (32) y una superficie inferior (28) que se extiende entre dicha parte inferior del borde de ataque (32) y dicha parte inferior del borde de salida (36), comprendiendo dicho método las etapas de:

proporcionar un mandril (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9;

aplicar material compuesto no curado a la superficie exterior de dicho mandril (10) para formar un larguero no curado;

plegar dicha estructura de soporte plegable (62 y 64);

5 retirar dicho mandril (10) de dicha cavidad de larguero (20); y

curar dicho larguero no curado.

12. Un método para modelar una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicha estructura de soporte plegable (62 y 64) comprende un material corrugado que comprende crestas (66) que se extienden sustancialmente perpendiculares a dicho eje longitudinal (16).

10 13. Un método para modelar una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicha estructura de soporte plegable (62 y 64) comprende una pieza delantera de material corrugado y una pieza trasera de material corrugado.

14. Un método para modelar una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho material corrugado comprende un material elástico.

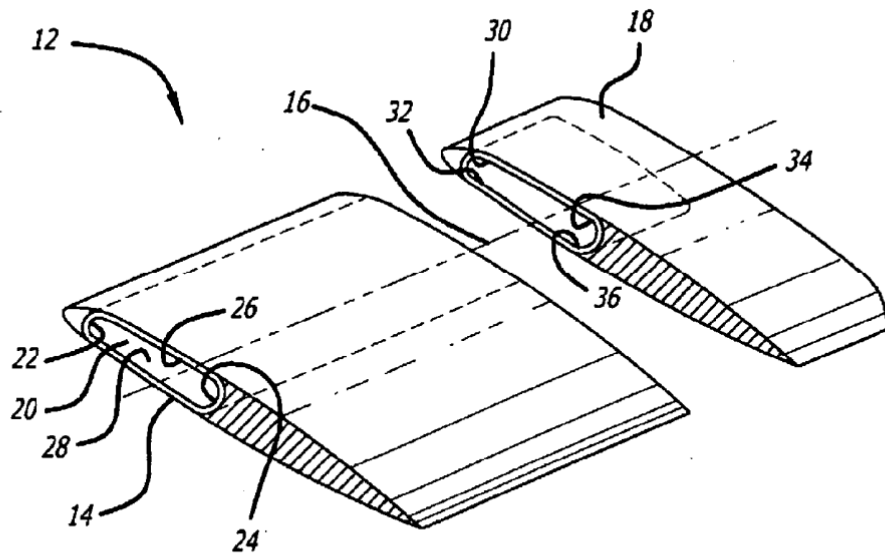


FIG. 1

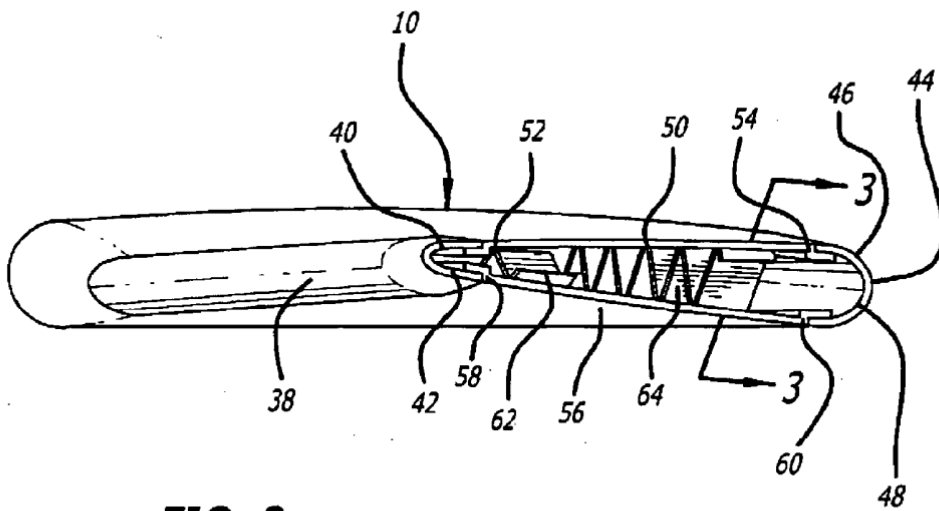


FIG. 2

FIG. 3

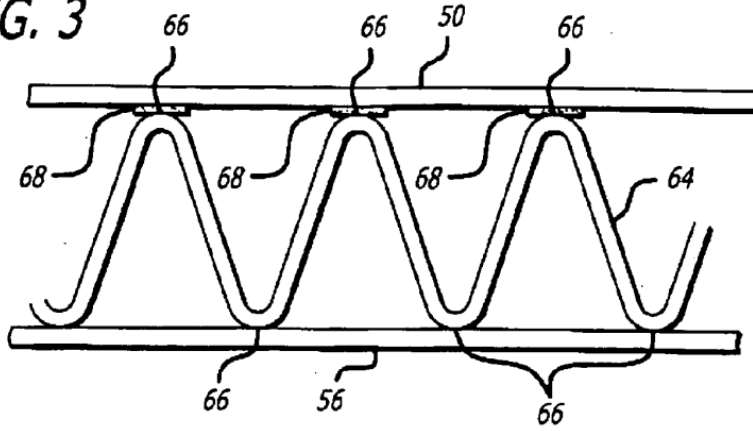


FIG. 4

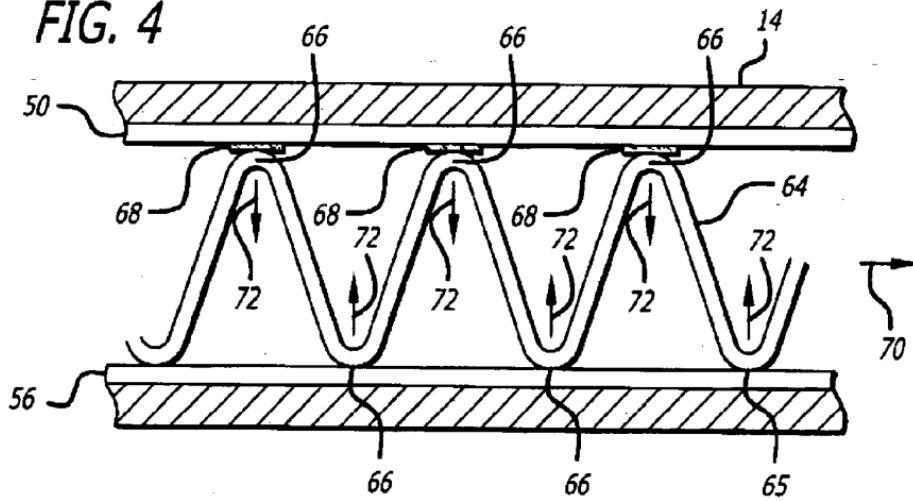


FIG. 5

