

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 635**

51 Int. Cl.:
B29C 70/32 (2006.01)
B29C 33/48 (2006.01)
B64C 27/46 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09704807 .8**
96 Fecha de presentación: **15.01.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2234792**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.10.2010**

54 Título: **Mandril de pala de helicóptero con conjunto de rodillos y métodos para fabricarlo y usarlo**

30 Prioridad:
25.01.2008 US 11344

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.10.2012

73 Titular/es:
HEXCEL CORPORATION (100.0%)
11711 DUBLIN BOULEVARD
DUBLIN, CALIFORNIA 94568, US

72 Inventor/es:
CALLIS, RICHARD, A.;
JOHNSTON, WAYNE;
GRAY, NATE y
BAILEY, DAVID, P.

74 Agente/Representante:
GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 389 635 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 con conjunto de rodillos y métodos para fabricarlo y usarlo.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION1. 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.

10 2. Descripción de la técnica relacionada

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 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.

25 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 se ha maquinado o fabricado de otro modo para proporcionar una compleja variedad de giros y variadas formas de sección transversal.

30 También se han usado materiales compuestos 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; 4.169.749 y 4.310.138 y AU 490 628.

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 difícil quitar el molde o mandril después de haber curado el larguero.

40 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 en solitario o en combinación con una estructura de mandril duro subyacente para proporcionar un molde de larguero adecuado. 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.

Como característica de la presente invención, se proporciona un mandril de múltiples componentes 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.

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.

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.

El componente final del mandril es un conjunto de rodillos que funciona como estructura de soporte que está situado entre el componente superior y el componente inferior. El conjunto de rodillos 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, el conjunto de rodillos puede retirarse tirando de él longitudinalmente desde el mandril. Una vez que el conjunto de rodillos 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.

La presente invención también abarca métodos para fabricar los mandriles de múltiples componentes que incluyen la estructura de soporte de conjunto de rodillos, así como los métodos 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 formas del larguero relativamente grandes y complejas 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.

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 en despiece ordenado de un mandril de múltiples componentes ejemplar preferido de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una vista en perspectiva inferior de la serie de costillas de la parte de un conjunto de rodillos ejemplar situada en la base de la cavidad del larguero.

10 La figura 4 es una vista en perspectiva inferior de la misma parte del conjunto de rodillos situada en la base de la cavidad del larguero, tal como se muestra en la figura 3, excepto que los rodillos se muestran montados en la serie de costillas para mostrar el conjunto de rodillos completo y la vista se ha girado 180 grados.

La figura 5 es una vista en perspectiva superior de la misma parte de base ejemplar del conjunto de rodillos mostrado en la figura 4.

15 La figura 6 es una vista en perspectiva superior de la serie de costillas de la parte de un conjunto de rodillos ejemplar situada en la punta de la cavidad del larguero.

La figura 7 es una vista en perspectiva superior de la misma parte del conjunto de rodillos situada en la punta de la cavidad del larguero, tal como se muestra en la figura 8, excepto que los rodillos se muestran montados en la serie de costillas para mostrar el conjunto de rodillos completo.

20 La figura 8 es una vista en perspectiva inferior de la misma parte de la punta ejemplar del conjunto de rodillos mostrada en la figura 7.

La figura 9 es una vista en despiece ordenado en perspectiva superior que muestra los componentes de un mandril ejemplar en la base de la cavidad del larguero.

La figura 10 es una vista lateral que muestra el desensamblaje del mandril después de que el larguero compuesto se ha formado y el conjunto de rodillos se ha retirado.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Los componentes individuales de 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 muestran en general en 10 en la figura 2. Una pala de rotor de helicóptero ejemplar que puede moldearse utilizando los componentes del 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 tal como se muestra en la figura 1. El larguero 14 incluye una serie de superficies interiores que están formadas por los componentes del mandril 10. Estas superficies del larguero interiores definen la cavidad del larguero 20.

30 En referencia a la figura 1, las superficies interiores del larguero están compuestas por una superficie del borde de ataque 22, una 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.

35 En referencia a las figuras 2 y 10, 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 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 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de ataque inferior 32 del larguero.

40 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 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 que tiene una superficie exterior, que está conformada para proporcionar la parte del borde de salida inferior 36.

5 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 que está conectado al borde trasero superior del componente delantero 38. El componente superior 50 también incluye un borde trasero que está conectado al borde delantero superior 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 que está conectado al borde trasero inferior del componente delantero 38. El componente inferior 56 también incluye un borde trasero que está conectado al borde delantero inferior del componente trasero 44.

10 El componente final del mandril 10 es una estructura de soporte del conjunto de rodillos, que se muestra en la figura 2 en 62. El conjunto de rodillos 62 se extiende longitudinalmente dentro del mandril 10 (es decir, paralelo al eje longitudinal 16 del larguero). El conjunto de rodillos 62 está situado dentro de la cavidad del mandril para proporcionar soporte para el componente superior 50 y el componente inferior 56 a lo largo de todas sus longitudes. Debe observarse que los rodillos solamente se muestran sólo en la base 63 y la punta 65 del mandril con fines demostrativos. De acuerdo con la presente invención, se requiere que los rodillos estén presentes sustancialmente a lo largo de toda la longitud del conjunto de rodillos 62 para permitir la retirada del conjunto de rodillos del mandril. "Sustancialmente" significa que los rodillos están presentes a lo largo de al menos el 80 por ciento (preferentemente el 90 por ciento) de la longitud del mandril. Se prefiere que los rodillos estén separados a intervalos uniformes de forma continua a lo largo de toda la longitud del conjunto de rodillos para proporcionar soporte uniforme para los componentes superior e inferior del mandril y para impedir el contacto friccional entre el conjunto y el mandril. Sin embargo, los rodillos pueden disponerse en configuraciones no continuas y no uniformes, siempre que haya suficientes rodillos situados a lo largo de una longitud suficiente del mandril para soportar adecuadamente los componentes superior e inferior del mandril y para permitir que el conjunto de rodillos se retire del mandril sin fuerza indebida o daños a los componentes del mandril.

25 Tal como puede verse a partir de la figura 10, los bordes delantero y trasero y del componente superior 50 están conformados de modo que se solapen en el interior de el borde trasero superior del componente delantero 38 y el borde delantero superior del componente trasero 44, respectivamente. Esta disposición solapante posibilita una conexión segura, pero liberable, entre el componente superior 50 y los componentes delantero y trasero 38 y 44. Del mismo modo, los bordes delantero y trasero y del componente inferior 56 están conformados de modo que se solapen en el interior de el borde trasero inferior del componente delantero 38 y el borde delantero inferior del componente trasero 44, respectivamente. Esta disposición solapante posibilita, además, una conexión segura, pero liberable, entre el componente inferior 56 y los componentes delantero y trasero 38 y 44.

30 El conjunto de rodillos 62 proporciona una estructura de soporte que mantiene a los componentes superior e inferior del mandril 50 y 56 en su lugar y proporciona conexiones por compresión a lo largo de las cuatro ubicaciones en las que los componentes del mandril se solapan, tal 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 del conjunto de rodillos 62, 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, tal como se muestra en la figura 10.

35 La sección de la base 63 del conjunto de rodillos 62 se muestra en las figuras 4 y 5. La sección de la base 63 incluye una estructura constituida por una serie de costillas 80 a la que se fijan una pluralidad de rodillos superiores 82 y rodillos inferiores 84. La estructura constituida por una serie de costillas 80 se muestra sin los rodillos en la figura 3 para proporcionar una mejor vista de las aberturas 86 en la estructura. La abertura puede tener cualquier forma y tamaño deseados siempre que la serie de costillas sea lo suficientemente resistente para soportar a los rodillos en posición durante la compactación en el molde y/o el curado. Las aberturas 86 no son esenciales y es posible proporcionar una estructura de soporte de los rodillos maciza o una que tiene un número limitado de aberturas. Sin embargo, se prefiere usar el mayor tamaño y el número máximo de aberturas 86 para formar una estructura constituida por una serie de costillas que sea lo más ligera posible, mientras se proporciona el soporte estructural necesario para los rodillos.

40 La estructura constituida por una serie de costillas 80 puede estar hecha de cualquier material resistente y preferentemente ligero que pueda ser maquinado para formar estructuras de soporte de los rodillos del tipo mostrado en la figura 3. Aunque cualquier número de metales son adecuados, se prefiere que la estructura constituida por una serie de costillas 80 esté hecha de un material compuesto preimpregnado troceado cuasi-isotrópico, tal como HexMC® que está disponible de Hexcel Corporation (Dublín, CA). HexMC® es un material compuesto de fibra de carbono/epoxi moldeable y maquinable que es particularmente muy adecuado para fabricar estructuras constituidas por una serie de costillas resistentes, ligeras y relativamente complejas. El HexMC® y materiales compuestos preimpregnados troceados cuasi-isotrópicos relacionados se describen en la solicitud de patente de Estados Unidos publicada US2007-0012858 A1 y la solicitud PCT publicada WO2007/008953.

45 Los rodillos superiores 82 y los rodillos inferiores 84 pueden montarse en la serie de costillas 80 usando cualquier método de montaje convencional siempre que los rodillos sean capaces de girar libremente. Se prefiere que clavijas o ejes de montaje 88 estén provistos en los extremos de cada rodillo. Las clavijas de montaje 88 pueden encajar por

presión o maquinarse en los extremos de cada rodillo. Casquillos de baja fricción o cojinetes de rodillos correspondientes están situados en la serie de costillas 80 para posibilitar el montaje de las clavijas 88. Cuando se usa un material compuesto de fibra de carbono, tal como HexMC® para la serie de costillas 80, solamente es necesario que se proporcionen agujeros de montaje 90 (Véase la figura 3). Casquillos o cojinetes diferentes para montar las clavijas de rodillo 88 no se requieren, dado que los materiales de tipo HexMC® son auto-lubricantes. Los rodillos 82 y 84 pueden estar hechos de cualquier metal que se usa típicamente para cojinetes de rodillos y similares. Otros materiales de rodillo adecuados incluyen Nylon, fibra de vidrio y polipropileno.

Tal como se muestra en la figura 9, el conjunto de rodillos 62 está situado entre el componente superior 50 y el componente inferior 56, de modo que los rodillos superiores 82 entren en contacto con y soporten al componente superior 50 y los rodillos inferiores 84 entren en contacto con y soporten al componente inferior 56 del mandril ensamblado. El eje de rotación 92 de los rodillos preferentemente es sustancialmente perpendicular al eje longitudinal 94 de la pala del rotor y la cavidad del larguero (véase la figura 4). La expresión "sustancialmente perpendicular" significa que el ángulo entre el eje de rotación 92 de los rodillos y el eje longitudinal 94 de la pala del rotor está entre 75 y 105 grados y preferentemente entre 85 y 95 grados.

Tal como se muestra en la figura 5, los rodillos superiores 82 situados en la sección de la base 63 se dividen en pares de rodillos superiores delanteros 96 y pares de rodillos superiores traseros 98. Se prefiere que el eje de rotación de los rodillos superiores delanteros 96 y el eje de rotación de los rodillos superiores traseros sean sustancialmente co-planares tal como se muestra en 100 para proporcionar una pluralidad de rodillos superiores co-planares. Esta configuración de rodillos superiores se prefiere cuando el componente del mandril superior es relativamente plano y debe estar soportado de una manera sustancialmente co-planar. La expresión "sustancialmente co-planar" significa que el eje de rotación de los rodillos descansa en un ángulo de más o menos 10 grados respecto al mismo plano y preferentemente en un ángulo de más o menos 5 grados respecto al mismo plano. También se prefiere en la sección de la base 63 que los rodillos inferiores delanteros y los rodillos inferiores traseros tengan ejes de rotación que sean sustancialmente co-planares. Además, se prefiere que el eje de rotación de los rodillos superiores co-planares sea sustancialmente paralelo al eje de rotación de los rodillos inferiores co-planares, tal como se muestra en las figuras 4 y 5. La expresión "sustancialmente paralelo" significa que el eje de rotación de los rodillos superiores e inferiores divergen o convergen uno hacia el otro mediante un ángulo de menos de 10 grados y preferentemente menos de 5 grados.

La sección de la punta 65 del conjunto de rodillos 62 se muestra en las figuras 7 y 8. La sección de la punta 65 incluye el extremo externo de la estructura constituida por una serie de costillas 80 al que se fijan una pluralidad de rodillos superiores 82 y rodillos inferiores 84. La sección de la punta de la estructura constituida por una serie de costillas 80 se muestra sin los rodillos en la figura 6 para proporcionar una mejor vista de las aberturas 86 en la estructura. Las aberturas 86 no son esenciales. Sin embargo, tal como se ha mencionado anteriormente, se prefieren para reducir el peso del conjunto de rodillos 62 en la medida de lo posible. Los rodillos en la sección de la punta 65 del conjunto de rodillos ejemplar 62 están montados en la estructura constituida por una serie de costillas 80 de la misma manera que la sección de la base 63, excepto que los rodillos no están montados en pares y la orientación de su eje de rotación es variada para acomodarse a la disminución de tamaño y el cambio de forma de la cavidad del larguero.

Tal como se muestra en la figura 7, los rodillos superiores 82 que están situados en la sección de la punta 65 se dividen en rodillos superiores delanteros individuales 102 y rodillos superiores traseros individuales 104. Se prefiere que el eje de rotación de los rodillos superiores delanteros 102 y el eje de rotación de los rodillos superiores traseros no sean co-planares tal como se muestra en 106 y 108 para proporcionar una pluralidad de rodillos superiores no planares. Esta configuración de rodillos superiores se prefiere cuando el componente del mandril superior es curvo y debe estar soportado de una manera sustancialmente no planar. La expresión "no planar" significa que los ejes de rotación de los rodillos están al menos 10 grados separados tal como se muestra en 110. Para acomodarse a la geometría típica de sección transversal de la cavidad del larguero en la punta del larguero, se prefiere que la sección de la punta 65 del conjunto de rodillos 62 incluya rodillos inferiores delanteros y rodillos inferiores traseros que tienen ejes de rotación que sean sustancialmente co-planares, tal como se muestra en 112 en la figura 8.

La configuración de los rodillos en las secciones del conjunto de rodillos situadas entre la base 63 y la punta 65 debe cambiar gradualmente entre los dos tipos de configuración de rodillos ejemplares mostrados en este documento para acomodarse al cambio gradual de forma de la sección transversal del mandril, a medida que avanza desde la base hasta la punta de la cavidad del larguero.

Las figuras 2 y 9 muestran el mandril mientras está siendo ensamblado antes de la aplicación del material compuesto para el larguero. Los diversos componentes, incluyendo el conjunto de rodillos central se unen preferentemente juntos usando una cinta o película de cinta retráctil. Las películas que son cinta termorretráctil de fuerza de compresión se prefieren. Se prefiere, aunque no es necesario, que la película o cinta se enrolle alrededor de toda el área de superficie del mandril. Un tapón del extremo de la base 114 y un tapón del extremo de la punta 116 también se proporcionan preferentemente para fijar a los otros componentes del mandril en su lugar. El tapón del extremo de la base 114 está fijado a agujeros 118 situados en el extremo de la base de la serie de costillas

usando fijadores liberables 120. De la misma manera, el tapón del extremo de la punta 116 está fijado a agujeros 122 situados en el extremo de la punta de la serie de costillas usando fijadores liberables (no se muestran).

La figura 10 muestra una vista de sección transversal parcial de los componentes del mandril situados en el larguero compuesto 14 justo después de la compactación y/o el curado del material compuesto y la retirada del conjunto de rodillos 62. Tal como se muestra en la figura 9, el conjunto de rodillos 62 se retira tirando de él longitudinalmente fuera del mandril tal como se representa mediante la flecha 126. Una vez que el conjunto de rodillos se ha retirado, los componentes superior e inferior 50 y 56 se mueven hacia dentro uno hacia el otro, tal como se representa mediante las flechas 74, de modo que pueden retirarse de la cavidad del larguero 20 en la dirección de la flecha 126. Los componentes delantero y trasero 38 y 44 también se mueven hacia dentro uno hacia el otro, tal como se representa mediante las flechas, de modo que también pueden retirarse de la cavidad del larguero 20 en la misma dirección que los otros componentes.

El mandril 10 puede retirarse de la cavidad del larguero 20, tal 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 y para permitir que una bolsa de vacío se inserte y se sustituya en caso necesario. 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 10 a 15 pulgadas (254 mm a 381 mm) 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.

Los materiales que se usan 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 el conjunto de rodillos, 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.

Los materiales compuestos que pueden usarse para fabricar los componentes exteriores 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. El material de mandril preferido es el mismo material compuesto cuasi-isotrópico compuesto por astillas orientadas al azar de fibras unidireccionales en una matriz de epoxi que se prefiere para fabricar la estructura constituida por una serie de costillas. Tal como se ha mencionado anteriormente, 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 como 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.

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 609,6 a 1066,8 cm (20 a 35 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 y dos o más pies (60,1 cm). Esta distancia se estrecha hasta de unas pocas pulgadas a un pie o más (30,5 cm) en la punta de la pala. El grosor del larguero en la base de la pala varía entre una pulgada (2,54 cm) y un pie (30,5 cm) o más y se estrecha a menos de una pulgada (2,54 cm) 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 609,6 a 1066,8 cm (20 a 35 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.

El mandril ejemplar descrito en este documento es adecuado para formar el larguero en una pala de rotor de helicóptero que es de aproximadamente 1005,84 cm (33 pies) de largo. La cavidad del larguero en el extremo de la base es de aproximadamente 60,96 cm (2 pies) de ancho y tiene un grosor máximo de aproximadamente 177,8 mm (7 pulgadas). La cavidad del larguero en el extremo de la punta es de aproximadamente 91,44 cm (3 pies) de ancho y tiene un grosor máximo de aproximadamente 22,86 mm (0,9 pulgadas). Los rodillos en el extremo de la base del conjunto de rodillos tienen aproximadamente 25,4 mm (1 pulgada) de diámetro y 355,6 mm (14 pulgadas) de largo.

Los rodillos en el extremo de la punta del conjunto de rodillos tienen aproximadamente 12,7 mm (1/2 pulgada) de diámetro y 162,4 mm (6 pulgadas) de largo.

5 El conjunto de rodillos está situado dentro de la cavidad del mandril, de modo que los rodillos superiores e inferiores aplican la fuerza de soporte apropiada contra los componentes superior e inferior del mandril en toda la longitud del mandril. La distancia longitudinal entre los rodillos individuales se selecciona para proporcionar el soporte necesario para los componentes superior e inferior. Las distancias longitudinales entre los rodillos pueden variar desde la base hasta la punta. Por ejemplo, se prefiere configurar los rodillos superiores e inferiores por pares más cerca de la base del mandril para proporcionar soporte añadido donde la cavidad del larguero tiene la mayor área de sección transversal. El emparejamiento de los rodillos superiores conjuntamente y el emparejamiento de los rodillos inferiores conjuntamente, tal como se muestra en las figuras 4 y 5, proporciona el soporte adecuado en el extremo de la base del mandril mientras que al mismo tiempo permite que el espacio entre los pares rodillos superiores y los pares de rodillos inferiores se maximice, lo que a su vez ayuda a reducir el peso de todo el mandril. En la punta del mandril, donde el área de sección transversal que necesita ser soportada está en un mínimo, se prefiere que los rodillos superiores y los rodillos inferiores no estén emparejados. En su lugar, los rodillos alternan longitudinalmente entre rodillos superiores e inferiores individuales.

10
15
20 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, 94) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16, 94) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor, teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad del 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, 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 (32) 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 que comprende una superficie externa que está conformada para proporcionar dicha parte del borde de ataque superior (30) y un borde trasero inferior 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 que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida superior (34) y un borde delantero inferior 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 que está conectado a dicho borde trasero superior de dicho componente delantero (38) y un borde trasero que está conectado a dicho borde delantero superior de dicho componente trasero (44), extendiéndose dicho componente superior (50) desde la base de dicha cavidad del larguero (20) hasta la punta de dicha cavidad del larguero;
- un componente inferior (56) que está conformado para proporcionar dicha superficie inferior (28) de dichas superficies interiores del larguero, comprendiendo dicho componente inferior un borde delantero que está conectado a dicho borde trasero inferior de dicho componente delantero (38) y un borde trasero que está conectado a dicho borde delantero inferior de dicho componente trasero (44), extendiéndose dicho componente inferior desde la base de dicha cavidad del larguero (20) hasta la punta de dicha cavidad del larguero; y
- un conjunto de rodillos (62) situado entre dicho componente superior (50) y dicho componente inferior (56), comprendiendo dicho conjunto de rodillos (62) una pluralidad de rodillos superiores (82) que están en contacto con dicho componente superior (50) y una pluralidad de rodillos inferiores (84) que están en contacto con dicho componente inferior (56).
2. Un mandril para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conjunto de rodillos comprende una estructura constituida por una serie de costillas (80) a la que se fijan dichos rodillos superiores (82) y dichos rodillos inferiores (84).
3. 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 cada uno de dichos rodillos superiores (82) gira alrededor de un eje de rotación y cada uno de dichos rodillos inferiores (84) gira alrededor de un eje de rotación y en el que dicho eje de rotación de dichos rodillos superiores (82) y dicho eje de rotación de dichos rodillos inferiores (84) es sustancialmente perpendicular a dicho eje longitudinal (16, 94) de dicha pala de rotor (12).
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 dicha estructura constituida por una serie de costillas (80) 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 1, en el que cada uno de dichos rodillos superiores (82) gira alrededor de un eje de rotación y cada

- 5 uno de dichos rodillos inferiores (84) gira alrededor de un eje de rotación, en el que dichos rodillos superiores (82) comprenden una pluralidad de rodillos superiores delanteros (96) y una pluralidad de rodillos superiores traseros (98) y en el que el eje de rotación de dichos rodillos superiores delanteros (96) es sustancialmente co-planar con el eje de rotación de dichos rodillos superiores traseros (98) para proporcionar una pluralidad de rodillos superiores co-planares.
- 10 6. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dichos rodillos inferiores (84) comprenden una pluralidad de rodillos inferiores delanteros y una pluralidad de rodillos inferiores traseros y en el que el eje de rotación de dichos rodillos inferiores delanteros es sustancialmente co-planar con el eje de rotación de dichos rodillos inferiores traseros para proporcionar una pluralidad de rodillos inferiores co-planares.
- 15 7. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el eje de rotación de dichos rodillos superiores co-planares es sustancialmente paralelo al eje de rotación de dichos rodillos inferiores co-planares.
- 20 8. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dichos rodillos superiores co-planares y dichos rodillos inferiores co-planares están situados en la base (63) de dicha cavidad del larguero (20).
- 25 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 cada uno de dichos rodillos superiores (82) gira alrededor de un eje de rotación y cada uno de dichos rodillos inferiores (84) gira alrededor de un eje de rotación, en el que dichos rodillos superiores (82) comprenden una pluralidad de rodillos superiores delanteros (102) y una pluralidad de rodillos superiores traseros (104) y en el que el eje de rotación de dichos rodillos superiores delanteros (102) no es co-planar con el eje de rotación de dichos rodillos superiores traseros (104) para proporcionar una pluralidad de rodillos superiores no planares.
- 30 10. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dichos rodillos inferiores (84) comprenden una pluralidad de rodillos inferiores delanteros y una pluralidad de rodillos inferiores traseros y en el que el eje de rotación de dichos rodillos inferiores delanteros no es planar con el eje de rotación de dichos rodillos inferiores traseros para proporcionar una pluralidad de rodillos inferiores no planares.
- 35 11. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el eje de rotación de dichos rodillos superiores traseros (104) y el eje de rotación de dichos rodillos inferiores traseros convergen uno hacia el otro.
- 40 12. Un mandril (10) para su uso en el moldeo de una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dichos rodillos superiores no planares y dichos rodillos inferiores no planares están situados en la punta de dicha cavidad del larguero (20).
- 45 13. 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 (44) y dichos componentes superior (50) y/o inferior (56) son conexiones liberables.
- 50 14. 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 dichos rodillos superiores (82) y dichos rodillos inferiores (84) comprenden cilindros que tienen un diámetro y una longitud en los que la longitud de dichos cilindros es mayor que el diámetro de dichos cilindros.

5 15. 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, 94) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16, 94) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor, teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad del 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, 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 (32) y dicha parte inferior del borde de salida (36), comprendiendo dicho método las etapas de:

15 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 que comprende una superficie externa que está conformada para proporcionar dicha parte del borde de ataque superior (30) y un borde trasero inferior que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de ataque inferior (32);

20 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 que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida superior (34) y un borde delantero inferior que está conformado para proporcionar dicha parte del borde de salida inferior (36);

25 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 y un borde trasero;

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 que está conectado a dicho y un borde trasero que está conectado a dicho borde delantero inferior de dicho componente trasero (44);

30 proporcionar un conjunto de rodillos (62) que comprende una pluralidad de rodillos superiores (82) y una pluralidad de rodillos inferiores (84);

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

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

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

40 conectar dicho borde trasero de dicho componente inferior (56) al borde delantero inferior de dicho componente trasero (44) en el que dichos componentes superior, inferior, delantero y trasero están conectados conjuntamente de modo que dicho conjunto de rodillos (62) está situado entre dicho componente superior (50) y dicho componente inferior (56) y en el que dicha pluralidad de rodillos superiores (82) están en contacto con dicho componente superior (50) y dicha pluralidad de rodillos inferiores (84) están en contacto con dicho componente inferior (56).

45 16. 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, 94) de dicha pala de rotor (12), extendiéndose dicho eje longitudinal (16, 94) desde la base de dicha pala de rotor (12) hasta la punta (18) de dicha pala de rotor, teniendo dicho larguero (14) superficies interiores que definen una cavidad del 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, 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 (32) y dicha parte inferior del borde de salida (36), comprendiendo dicho método las etapas de:

proporcionar un mandril (10) de acuerdo con la reivindicación 1;

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

retirar dicho conjunto de rodillos (62) de dicho mandril;

5 retirar dichos componente delantero (38), componente trasero (44), componente superior (50) y componente inferior (56) de dicha cavidad del larguero (20); y

curar dicho larguero no curado.

10 17. Un método para moldear una pala de rotor de helicóptero de acuerdo con la reivindicación 16, en el que dicho conjunto de rodillos (62) comprende una estructura constituida por una serie de costillas (80) a las que están fijados dichos rodillos superiores (82) y dichos rodillos inferiores (84).

15 18. Un método para moldear una pala de rotor de helicóptero de acuerdo con la reivindicación 16, en el que cada uno de dichos rodillos superiores (82) gira alrededor de un eje de rotación y cada uno de dichos rodillos inferiores (84) gira alrededor de un eje de rotación y en el que dicho eje de rotación de dichos rodillos superiores (82) y dicho eje de rotación de dichos rodillos inferiores (84) es sustancialmente perpendicular a dicho eje longitudinal (16, 94) de dicha pala de rotor.

20 19. Un método para moldear una pala de rotor de helicóptero (12) de acuerdo con la reivindicación 17, en el que dicha estructura constituida por una serie de costillas (80) comprende un material compuesto.

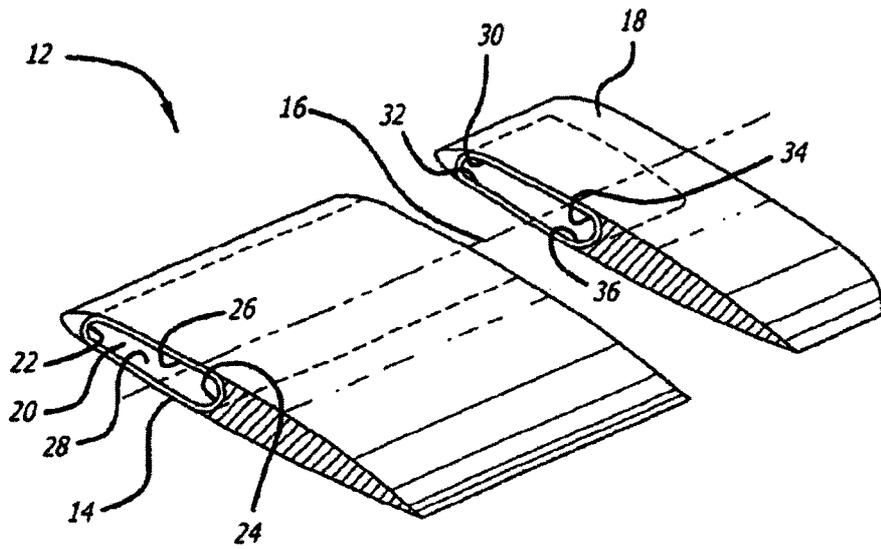


FIG. 1

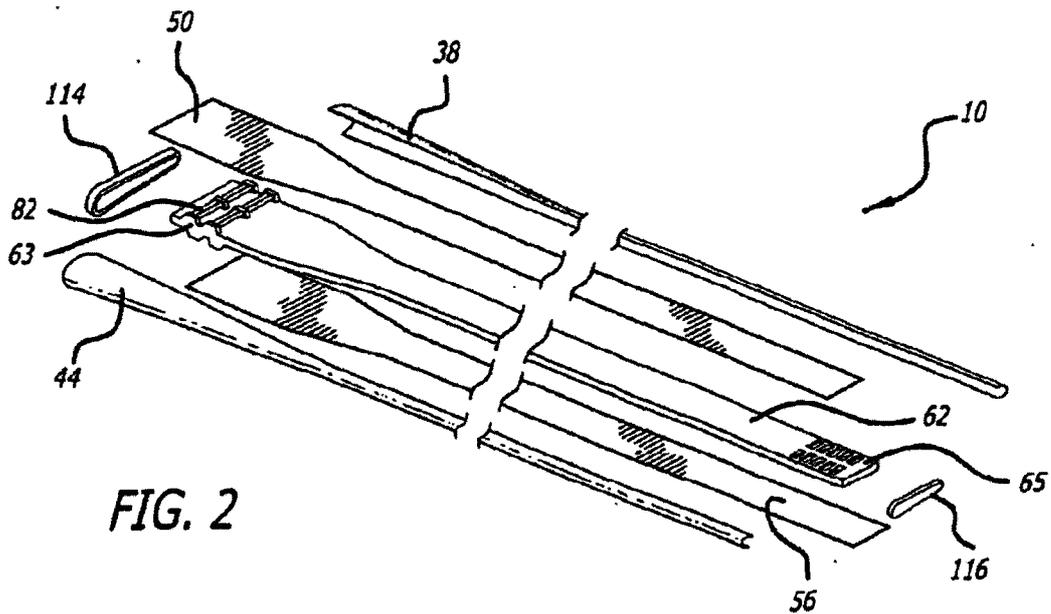


FIG. 2

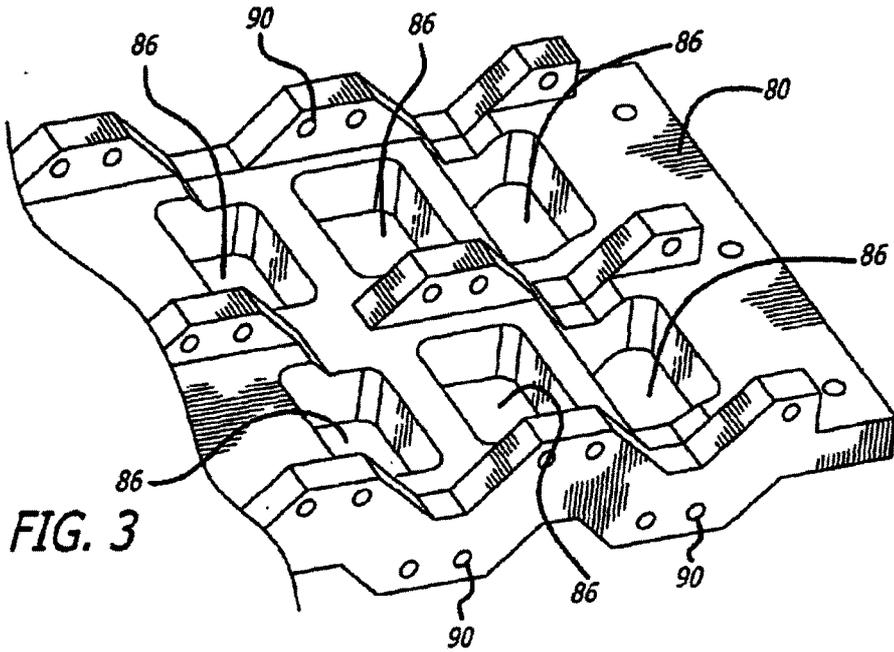


FIG. 3

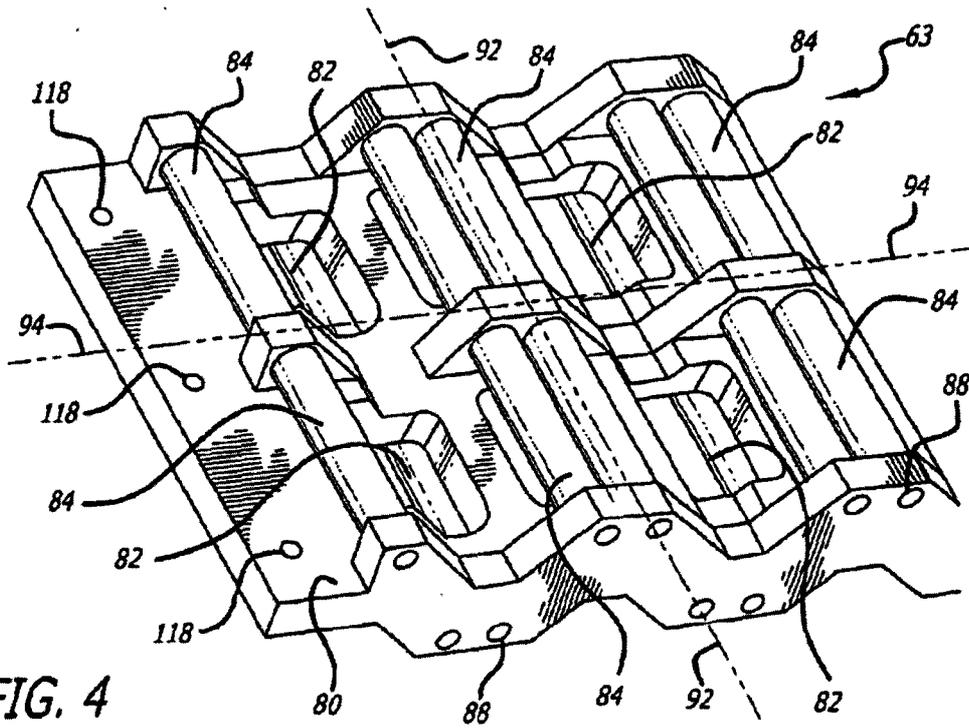
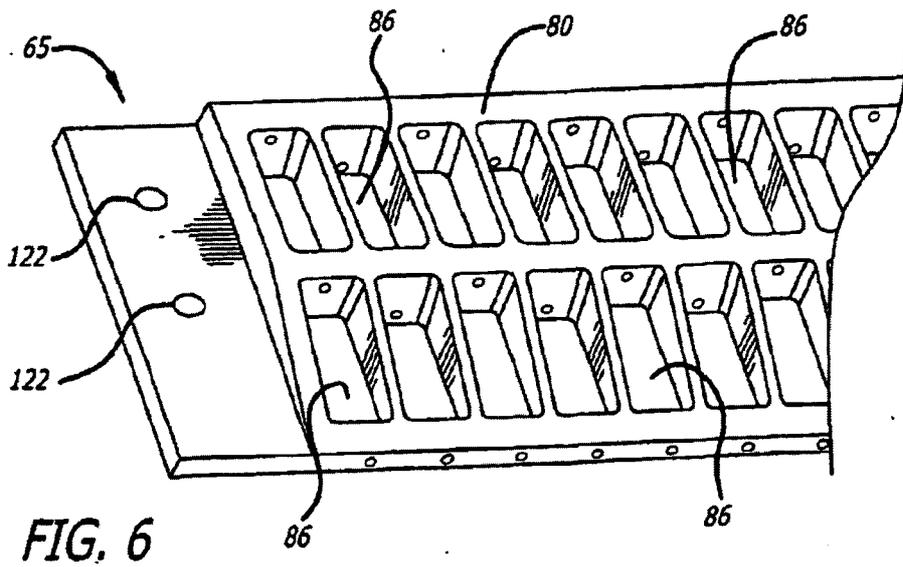
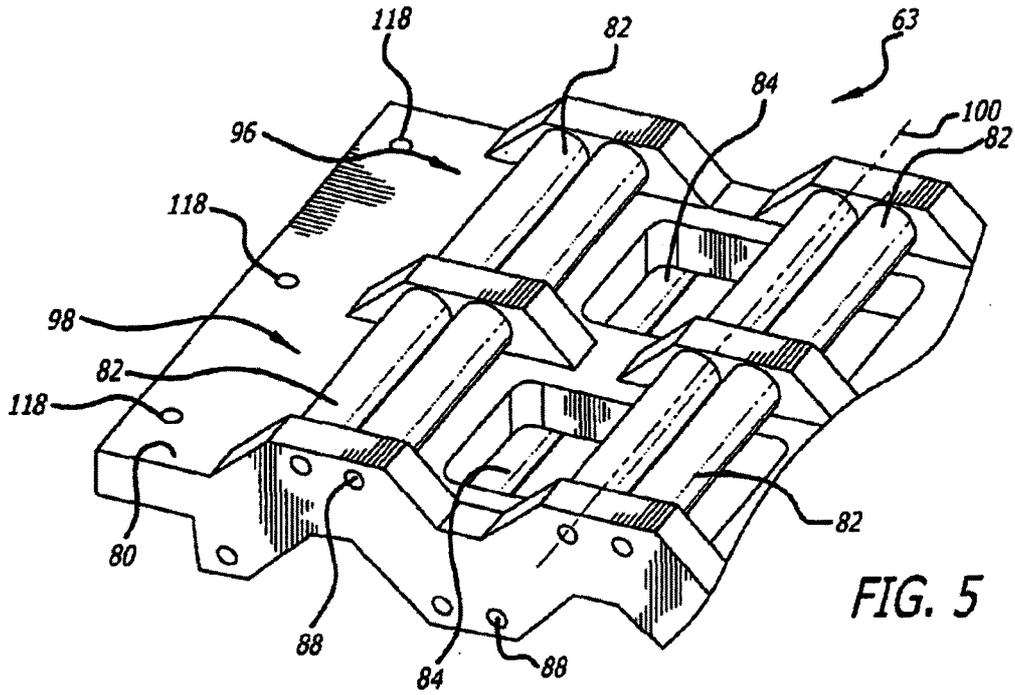
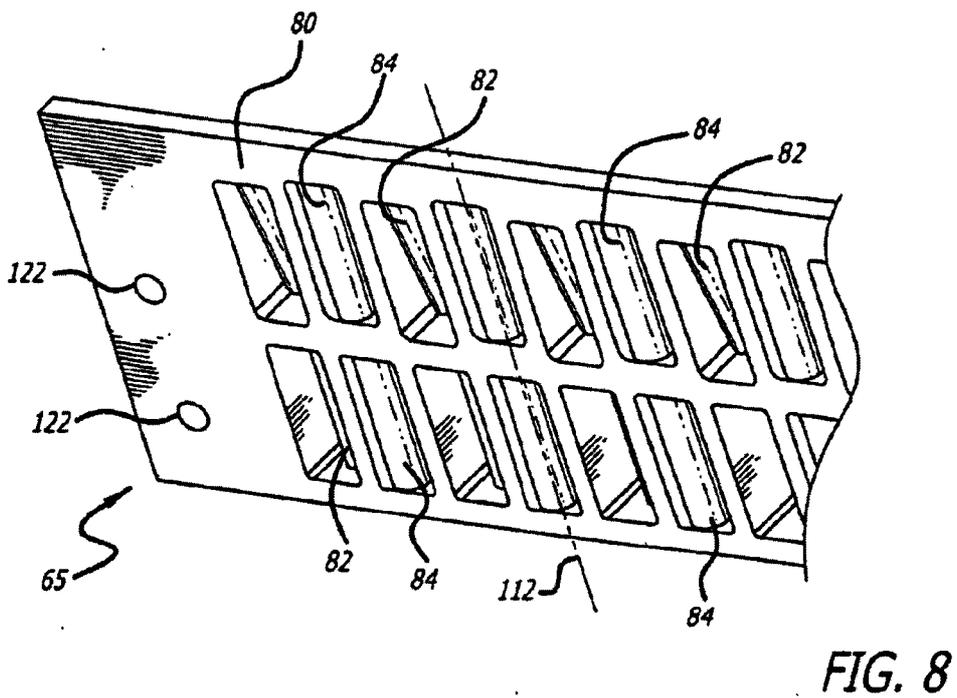
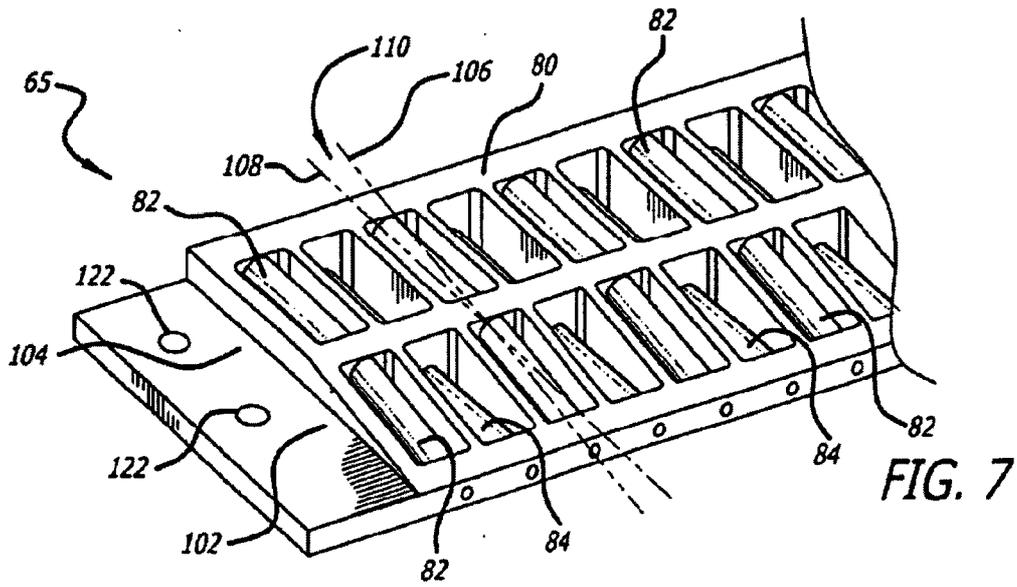


FIG. 4





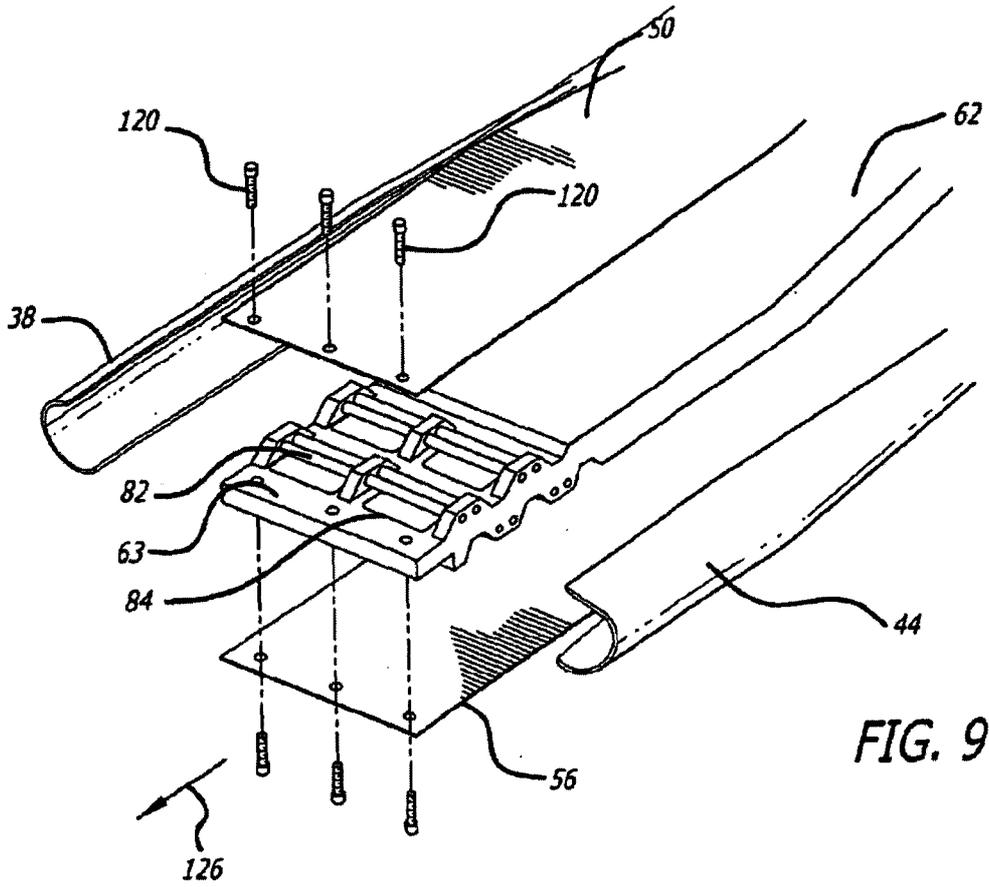


FIG. 9

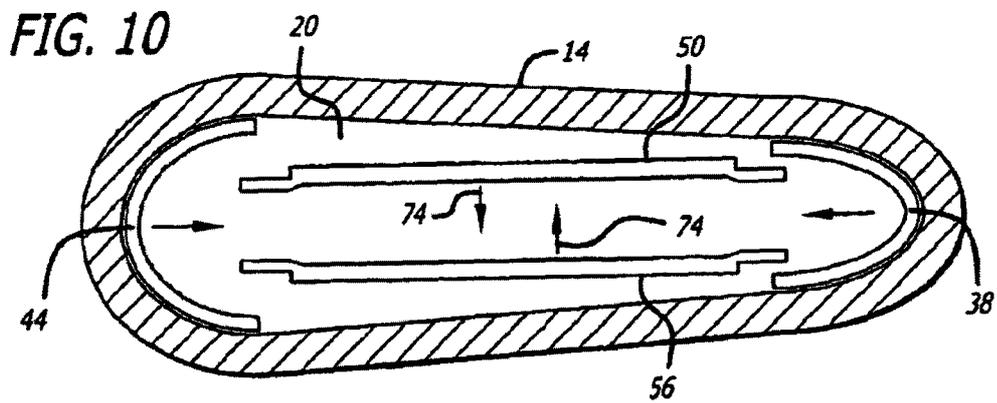


FIG. 10