(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 613 493**

(51) Int. CI.:

B32B 5/22 (2006.01)
B32B 5/32 (2006.01)
B32B 7/02 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
H01Q 17/00 (2006.01)
B32B 3/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2010 PCT/GB2010/050668**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **28.10.2010 WO2010122352**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2010 E 10720809 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 2421700**

(54) Título: **Mejoras en o con relación a estructuras compuestas**

(30) Prioridad:

23.04.2009 GB 0907010

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.05.2017

(73) Titular/es:

QINETIQ LIMITED (100.0%)
Cody Technology Park Ively Road Farnborough Hampshire GU14 0LX, GB

(72) Inventor/es:

APPLETON, STEVE y
NIELSEN, KNUD, STENBÆK

(74) Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

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

Mejoras en o con relación a estructuras compuestas

Campo de la invención

La presente invención se refiere a materiales de núcleo usados en la construcción de estructuras compuestas tales como álabes de turbinas eólicas. Particularmente, la presente invención se refiere a los materiales de núcleo adaptados para cubrirse con el fin de ajustarse a la curvatura de tales estructuras compuestas, y a estructuras compuestas que incorporan tales materiales de núcleo.

Antecedentes

Los álabes de turbinas eólicas existentes generalmente se fabrican de materiales compuestos reforzados. Un álabe típico se fabrica con dos cubiertas, las cuales se unen subsecuentemente para formar una única unidad. Las cubiertas incluyen, en localizaciones particulares, regiones de panel tipo sándwich que tienen un núcleo de material liviano tales como espuma o madera de balsa.

Las diferentes regiones de un álabe de turbina eólica se someten a diferentes fuerzas. Por consiguiente, el grosor del núcleo generalmente varía a lo largo del álabe por razones estructurales. Típicamente, el grosor del núcleo varía de 5 mm a 45 mm.

Un núcleo 10 de la técnica anterior se muestra esquemáticamente en la Figura 1a. Con referencia a la Figura 1a, el núcleo 10 incluye varias ranuras paralelas 12, las cuales facilitan el recubrimiento del núcleo 10 de manera que el núcleo 10 pueda ajustarse a la curvatura de la cubierta del álabe, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1 b. Las diferentes regiones de un álabe tienen diferentes curvaturas. Por consiguiente, el núcleo 10 puede requerirse que se cubra en diferentes grados en las diferentes regiones del álabe.

Es deseable introducir el material absorbente de radar (RAM) en la estructura compuesta de las álabes. Una razón para esto es que los álabes giratorios tienen una característica de radar similar a la de las aeronaves, lo cual puede ser difícil para el control de tráfico aéreo y otros operadores de radar en distinguir entre una aeronave y las turbinas eólicas. La incorporación del RAM en los álabes asegura que los álabes resultantes tengan una característica de radar reducida que pueda distinguirse fácilmente de la aeronave, y la cual crea menos eventos no deseados (también conocidos como "interferencia") en la pantalla del operador del radar.

La Figura 1b muestra una técnica conocida para incorporar la RAM en un álabe. Con referencia a la Figura 1b, un álabe 14 incluye una capa absorbente de radar 16 cerca de su superficie exterior. El núcleo que puede recubrirse 10 de la Figura 1 a se proporciona dentro de la capa absorbente de radar 16, y una capa reflectora de radar 18 se dispone debajo del núcleo 10. El RAM puede ser un absorbente "análogo al circuito" (CA) en el cual la capa absorbente de radar 16 comprende un circuito proporcionado en un sustrato adecuado, por ejemplo una tela de fibra de vidrio, y la capa reflectora de radar 18 puede comprender adecuadamente una tela de fibra de carbono.

La separación entre la capa absorbente de radar 16 y la capa reflectora de radar 18 es un parámetro clave para el desempeño de la absorción, y debe controlarse cuidadosamente para lograr un álabe que tenga las propiedades de absorción deseadas. Tal control cuidadoso de la separación de capas se hace más difícil al variar la geometría del álabe, específicamente la variación antes mencionada en el grosor del núcleo.

Los siguientes documentos contienen descripciones de métodos y estructuras anteriores con relación a estructuras compuestas, o a la absorbencia de la señal del radar en las mismas:

WO93/23893 (Chomerics Inc.);

"Design and Manufacture of Radar Absorbing Wind Turbine Blades, Reporte final, núm. W/44/00636/00/REP, 1 de febrero de 2005;

Dvorak, G J y otros, "Optimization of Electromagnetic Absorption in Laminated Composite Plates", IEE Trans. Magnetics, Vol 39, núm. 3 páginas 1827-35;

Mitrano, C y otros, "CRFP Based Broad Band Radar Absorbing Materials", Radar Conf. 2008, IEEE, 26 de mayo de 2008 páginas 1-6;

Park, K Y y otros, "Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures", Composites Science and Technology, Elsevier, GB Vol. 66 núm 3-4 página 576-84;

WO96/38025 (Secretario de Estado de Defensa);

Berr, "Stealth Technology for Wind Turbines", Reporte final núm. TES101865, 1.12.2007 páginas 1-87;

Pinto J y otros, "Radar Signature Reduction for Wind Turbines through the Application of Stealth Technology", Ant. & Propagation 2009, EUCAP 2009, 3ra Conf. Europea, IEEE páginas 3886-90;

WO2009/140949 (EADS Deutschland GMBH);

WO2007/093285(Alcan Tech.& Man. Ltd);

US2004/128948(Killen Andrew);

WO2006/010342(Zang Dengzhi)

Resumen de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una estructura compuesta que comprende una capa funcional y un núcleo, el núcleo que comprende: una primera capa de núcleo; una segunda capa de núcleo; y una capa intermedia funcional dispuesta entre las primera y segunda capas del núcleo; en donde la primera capa de núcleo se dispone entre la capa funcional y la capa intermedia funcional; el grosor de la primera capa de núcleo es sustancialmente uniforme a través de la estructura compuesta; y la distancia entre la capa funcional y la capa intermedia funcional es sustancialmente constante a través de la estructura compuesta, y además en donde el grosor de la segunda capa de núcleo varía a través de la estructura compuesta para variar el grosor general del núcleo; y
la capa funcional comprende una capa absorbente de RAM y la capa intermedia funcional comprende una capa reflectora de RAM.

Por lo tanto, la invención radica en un sistema de núcleo dividido en el cual el grosor del núcleo se divide entre la primera y segunda capas del núcleo dispuestas alrededor de una capa intermedia funcional.

También de acuerdo con el primer aspecto de la invención, se proporciona una estructura compuesta que comprende una superficie exterior y un núcleo, el núcleo que comprende: una primera capa de núcleo; una segunda capa de núcleo; y una capa intermedia funcional dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo; en donde la primera capa de núcleo se dispone entre la superficie exterior y la capa intermedia funcional; el grosor de la primera capa de núcleo es sustancialmente uniforme a través de la estructura compuesta; y la profundidad de la capa intermedia funcional con respecto a la superficie exterior es sustancialmente constante a través de la estructura compuesta, y en donde además el grosor de la segunda capa de núcleo varía a través de la estructura compuesta para variar el grosor general del núcleo; y la capa intermedia funcional es una capa reflectora de RAM.

La estructura compuesta puede ser de construcción de panel tipo sándwich, en el cual el núcleo es el núcleo de panel tipo sándwich. En los ejemplos de la invención descritos en la presente descripción, la estructura compuesta forma parte de un álabe de turbina eólica. Sin embargo, será fácilmente evidente que la presente invención no sólo es aplicable a los álabes de turbinas eólicas, sino también puede ser aplicable a cualquier estructura compuesta en la cual es conveniente mantener una capa funcional a una distancia sustancialmente constante de otra capa funcional o a una profundidad sustancialmente constante con respecto a una superficie exterior de la estructura compuesta.

Si se incorpora el RAM en la estructura compuesta, la capa intermedia funcional puede comprender una capa reflectora de RAM, por ejemplo una capa de tejido de fibra de carbono. Adicionalmente, la capa funcional de la estructura compuesta puede ser, o comprender, una capa absorbente de RAM. La capa absorbente de RAM puede localizarse cerca de la superficie externa de la estructura compuesta. La capa absorbente de RAM y la capa reflectora de RAM se separan por una distancia sustancialmente constante en virtud de que la primera capa de núcleo tiene un grosor sustancialmente uniforme. Esto asegura un desempeño consistente del RAM.

El grosor total del núcleo puede variarse al variar el grosor de la segunda capa de núcleo sin variar el grosor de la primera capa de núcleo. En consecuencia, el grosor de la segunda capa de núcleo puede variar a través de la estructura compuesta para variar el grosor general del núcleo. Ya que el grosor de la primera capa de núcleo permanece igual para todos los grosores del núcleo, puede lograrse un desempeño consistente de la absorción de radar a través de toda una estructura compuesta. Además, el diseño del RAM se limita menos por los grosores del núcleo predeterminados. Se mejora la funcionalidad debido a que el diseño del núcleo dividido tiene un desempeño del RAM consistente a través de todos los grosores del núcleo.

Las capas del núcleo se forman preferentemente a partir de un material liviano. Los materiales adecuados incluyen espuma estructurada de celdas abiertas o cerrada, espuma sintáctica, madera de balsa y compuesto alveolar. El núcleo es preferentemente de construcción unitaria. Preferentemente el núcleo es prefabricado de manera que la capa intermedia funcional se incrusta dentro del núcleo antes de la fabricación de la estructura compuesta. El núcleo puede usarse en moldeo por preimpregnado o infusión de resina, o en otros esquemas de moldeo compatibles. Para la aplicación en un álabe de turbina eólica, el grosor de la primera capa de núcleo está típicamente en el intervalo de 10 a 15 mm y el grosor de la segunda capa de núcleo está típicamente en el intervalo de 5 a 35 mm. Estos grosores son adecuados para absorber las señales del radar de aviación en el intervalo de 1 a 3 gigahertz (GHz). Sin embargo, se apreciará que los diferentes grosores pueden requerirse para absorber frecuencias más altas o más bajas.

La capa absorbente de RAM puede comprender un sustrato de tela que porta un circuito que puede proporcionarse mediante el uso de materiales conductores que usan técnicas de deposición conocidas. La tela puede tejerse de fibras de vidrio u otras fibras de refuerzo adecuadas. Preferentemente la tela tiene un tejido de bajo movimiento de manera que se minimiza el movimiento de la fibra, que puede conducir a la rotura de los elementos del circuito. El ligamento tafetán es un ejemplo de un tejido de bajo movimiento. En los ejemplos de la invención descritos más adelante, la tela es vidrio clase E de ligamento tafetán.

Como se mencionó anteriormente, la estructura compuesta puede ser un álabe de turbina eólica. En consecuencia, el

concepto inventivo incluye una turbina eólica que tiene tal álabe, y un parque eólico que comprende una o más de tales turbinas eólicas.

El concepto inventivo también incluye un álabe de turbina eólica de construcción de panel tipo sándwich, en el cual un núcleo del panel tipo sándwich comprende: la primera y segunda capas del núcleo; y una capa reflectora de radar dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo; en donde el grosor de la primera capa de núcleo es sustancialmente uniforme a través del álabe de turbina eólica, de manera que la capa reflectora de radar se mantiene a una distancia sustancialmente constante de una capa absorbente de radar del álabe de turbina eólica. El grosor de la segunda capa de núcleo puede variar a través del álabe para variar el grosor general del núcleo. La capa absorbente de radar puede tener el mismo diseño a través de las regiones del álabe de grosor del núcleo variable.

Además, de nuevo, el concepto inventivo incluye una turbina eólica que tiene tal álabe o parque eólico que comprende al menos una de tal turbina eólica.

Puede ser conveniente incorporar otra funcionalidad dentro del núcleo. Aunque sería posible tener dos o más tipos de funcionalidad en diferentes localizaciones en el núcleo, es conveniente tener la funcionalidad en la misma localización. Por ejemplo, pueden incluirse fibras ópticas entre las dos capas del núcleo, ya sea en lugar de o además de una capa reflectora de RAM. En el contexto de álabes de turbinas eólicas, las fibras ópticas pueden utilizarse para medir las cargas experimentadas en varias localizaciones en los álabes. Convenientemente, cualquier funcionalidad incorporada se protege por la primera y segunda capas del núcleo.

También de acuerdo con el primer aspecto de la invención, se proporciona un núcleo para una estructura compuesta como se define en la reivindicación 8, el núcleo que comprende: una primera capa de núcleo; una segunda capa de núcleo; y una capa intermedia funcional dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo; en donde la primera y segunda capas del núcleo y la capa intermedia funcional se unen entre sí como un material de núcleo unitario; y la primera capa de núcleo es de grosor uniforme a través del núcleo. Se apreciará que otras características preferidas y/u opcionales descritas anteriormente en relación con las estructuras compuestas también son aplicables a este núcleo, pero por razones de ser conciso no se han repetido. Por ejemplo: una capa reflectora de RAM y/o las fibras ópticas pueden incorporarse en el núcleo, y el grosor de la segunda capa de núcleo puede variar a través del núcleo para variar el grosor general del núcleo y por lo tanto para adecuarse a los requisitos estructurales de una estructura compuesta tales como un álabe de turbina eólica.

Las estructuras compuestas curvadas tales como álabes de turbinas eólicas se fabrican en un molde que tiene una superficie curvada que se corresponde a la curvatura requerida de la estructura. En dependencia de la curvatura requerida de la estructura, la superficie del molde puede tener regiones de curvatura cóncava y/o convexa. Durante la colocación de la estructura curvada, los núcleos se colocan en el molde junto con las otras capas que componen la estructura. Los núcleos deben ser suficientemente flexibles de manera que puedan cubrirse con el fin de ajustarse a la curvatura del molde, y por lo tanto a la curvatura de la estructura resultante. Para este fin, los núcleos descritos anteriormente pueden adaptarse adecuadamente para facilitar el recubrimiento como se describe en más detalle más abajo en relación con un segundo aspecto de la invención.

Es importante que cualquier funcionalidad incorporada en la región de la capa intermedia permanezca intacta durante la fabricación del núcleo, durante la fabricación de la estructura compuesta y durante el uso de la estructura compuesta. Por ejemplo, en las aplicaciones de RAM cuando la capa intermedia incluye una tela de fibra de carbono, no es conveniente penetrar la tela de fibra de carbono debido a que eso afectaría negativamente su desempeño como un reflector de RAM. Además, si las fibras ópticas se incluyen en la región de la capa intermedia, éstas deben permanecer intactas de manera que puedan realizar su función.

Para cumplir con estos retos, un segundo aspecto de la presente invención radica en un núcleo para una estructura compuesta, el núcleo que comprende: una primera capa de núcleo; una segunda capa de núcleo; y una región de capa intermedia entre la primera y segunda capas del núcleo; en donde al menos una de la primera y segunda capas del núcleo tiene porciones de bisagra que no interrumpen la región de la capa intermedia.

Las porciones de bisagra facilitan el recubrimiento del núcleo mientras que mantiene la continuidad de la región de la capa intermedia y de cualquiera de los materiales dispuestos en la región de la capa intermedia. Esto es importante para las aplicaciones de RAM debido a que la interrupción de la continuidad de una capa de fibra de carbono afectaría negativamente su desempeño del RAM. Esto también es importante cuando las fibras ópticas se disponen en la región de la capa intermedia debido a que la continuidad de las fibras ópticas debe mantenerse de manera que puedan realizar su función.

Las porciones de bisagra son un medio de articulación que mejora la flexibilidad de la primera y segunda capas del núcleo. Las porciones de bisagra pueden comprender las líneas de debilidad o porciones adelgazadas localmente en las capas del núcleo. Por ejemplo, las porciones de bisagra pueden definirse por formaciones que promueven el recubrimiento tales como discontinuidades, muescas, canales, hendiduras o ranuras en las capas del núcleo. Las porciones de bisagra funcionan como juntas.

En las modalidades preferidas de la invención, se proporcionan hendiduras en las capas del núcleo para facilitar el recubrimiento. Las hendiduras puede proporcionarse con o sin la eliminación de material de las capas del núcleo. Una primera pluralidad de hendiduras puede proporcionarse en la primera capa de núcleo y una segunda pluralidad de hendiduras puede proporcionarse en la segunda capa de núcleo. La primera pluralidad de hendiduras puede extenderse cada una hacia la primera capa de núcleo hasta una profundidad que no exceda el grosor de la primera capa de núcleo. De manera similar, la segunda pluralidad de hendiduras puede extenderse cada una hacia la segunda capa de núcleo hasta una profundidad que no exceda el grosor de la segunda capa de núcleo. Preferentemente la primera pluralidad de hendiduras se extiende cada una hacia la primera capa de núcleo hasta una profundidad que es menor que el grosor de la primera capa de núcleo. También se prefiere que la segunda pluralidad de hendiduras se extienda cada una hacia la segunda capa de núcleo hasta una profundidad que es menor que el grosor de la segunda capa de núcleo.

Por lo tanto, la primera y segunda pluralidades de hendiduras no cruzan la región de la capa intermedia. Por consiguiente, el esquema de corte longitudinal del núcleo facilita el recubrimiento del núcleo mientras que mantiene la continuidad de la región de la capa intermedia.

La funcionalidad puede incorporarse dentro del núcleo. Por ejemplo, la región de la capa intermedia puede comprender fibras ópticas y/o una capa intermedia reflectora de RAM tales como el tejido de fibra de carbono. Convenientemente, cualquiera de tal funcionalidad incorporada se protege por la primera y segunda capas del núcleo. Las capas del núcleo se forman preferentemente a partir de un material liviano. Los materiales adecuados incluyen espuma estructurada de celdas abiertas o cerrada, espuma sintáctica, madera de balsa, compuesto alveolar. El núcleo es preferentemente de construcción unitaria.

El esquema de recubrimiento también es ventajoso para aplicaciones no funcionales, es decir en las cuales la región de la capa intermedia no incluye funcionalidad tales como una fibra de carbono o fibras ópticas. Por ejemplo, el núcleo puede ser un núcleo unido en el cual las primera y segunda capas del núcleo se unen entre sí por un adhesivo proporcionado en la región de la capa intermedia, es decir una "capa intermedia adhesiva". Los núcleos unidos son generalmente más fuertes que los núcleos de una sola capa de grosor equivalente, y el esquema de recubrimiento facilita el recubrimiento sin penetrar o de cualquier otra manera interrumpir la continuidad de la capa intermedia adhesiva. Por consiguiente, se facilita el recubrimiento en el núcleo unido sin reducir el área de unión o reducir la fuerza de unión entre las capas del núcleo.

En la siguiente descripción, los términos "más interior" y "más exterior" se usarán para referirse a las regiones de las capas del núcleo en términos de sus disposiciones relativas con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento. Será evidente que una capa de núcleo dada, por ejemplo la primera capa de núcleo, puede ser tanto más interior como más exterior en las diferentes regiones de una estructura compuesta de acuerdo con la curvatura local de la estructura compuesta.

Cuando un núcleo se cubre en un molde durante la colocación del compuesto, una de las capas del núcleo se vuelve más interior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento y la otra capa de núcleo se vuelve más exterior con respecto al radio de la curvatura de recubrimiento. Por ejemplo, si la segunda capa es más interior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento en una región convexa-curvada del molde, entonces la primera capa será más exterior con respecto a ese radio de la curvatura de recubrimiento; se deduce entonces que la primera capa será más interior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento en una región cóncava-curvada del molde, y la segunda capa será más exterior con respecto a ese radio de la curvatura de recubrimiento.

La curvatura de una estructura compuesta puede variar a través de la estructura. De hecho, la curvatura puede cambiar entre el movimiento cóncavo y convexo a través de la estructura; esto es cierto para álabes de turbinas eólicas modernos. Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, una capa de núcleo puede ser más interior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento en una región de una estructura y más exterior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento en otra región de la estructura.

Las porciones de bisagra en las capas del núcleo pueden configurarse adecuadamente para obtener el nivel requerido de recubrimiento para un grosor del núcleo dado como se describe a manera de ejemplo más abajo. A este respecto, las referencias a "recubrimiento bajo" son para situaciones donde un radio de la curvatura de recubrimiento es relativamente grande; y las referencias a "recubrimiento alto" son para situaciones donde un radio de la curvatura de recubrimiento es relativamente pequeño.

Para el recubrimiento bajo, el ancho y separación de las porciones de bisagra en la primera capa de núcleo pueden ser similares al ancho y separación de las porciones de bisagra en la segunda capa de núcleo.

Los niveles más altos del recubrimiento pueden alcanzarse por el aumento de la flexibilidad de las capas del núcleo y/o por el aumento de la capacidad del núcleo para acortarse y/o alargarse para lograr un radio de curvatura dado. Para este fin, el tamaño de las formaciones que promueven el recubrimiento en una región de una capa de núcleo puede aumentarse. Cuando las formaciones que promueven el recubrimiento están en forma de hendiduras, las hendiduras pueden ampliarse para aumentar su tamaño.

Si se aumenta el grosor de una región más interior de una capa de núcleo, entonces puede ser necesario aumentar el tamaño de las formaciones que promueven el recubrimiento en esa región de la capa de núcleo para lograr un nivel requerido del recubrimiento.

Generalmente hablando, es conveniente aumentar la separación entre las formaciones que promueven el recubrimiento cuando aumenta el tamaño de las formaciones de manera que exista suficiente material de núcleo en una capa de núcleo para lograr los objetivos estructurales del núcleo.

Las formaciones que promueven el recubrimiento en las capas del núcleo pueden tener una sección transversal en forma de V (de cualquier otra manera referido en la presente descripción como una "sección en V") o una sección transversal que de cualquier otra manera se estrecha hacia adentro hacia la región de la capa intermedia. Esto puede ser deseable para evitar la entrada excesiva de resina para una capacidad de recubrimiento dada. Por ejemplo, la capacidad de movimiento de una porción de bisagra definida por una hendidura de la sección en V es similar a la capacidad de movimiento de una porción de bisagra definida por una hendidura de lados paralelos que tiene una abertura de la hendidura de tamaño equivalente. Sin embargo, el volumen de la hendidura de la sección en V será menor que la hendidura de lados paralelos y así el ingreso de la resina es menor en la hendidura en forma de V aunque la capacidad de recubrimiento del núcleo es similar.

Las formaciones que promueven el recubrimiento de sección en V o las formaciones que de cualquier otra manera se estrechan hacia la región de la capa intermedia pueden además ser deseables en las regiones de una capa de núcleo que, cuando se cubre, será más interior con respecto al radio de la curvatura de recubrimiento; esto es para evitar que las formaciones que promueven el recubrimiento en esas partes se cierren y por lo tanto tiendan a bloquear la curvatura adicionalmente cuando el núcleo se cubre. Sin embargo, si tales formaciones conformadas se proporcionan en las regiones más exteriores de una capa de núcleo, luego esas formaciones puede ensancharse indeseablemente cuando el núcleo se cubre.

En consecuencia, puede ser conveniente tener formaciones que promueven el recubrimiento de diversos perfiles a través de una capa de núcleo dado. Por ejemplo, las formaciones que promueven el recubrimiento de sección en V o que de cualquier otra manera se estrechan adecuadamente podría proporcionarse en las regiones de una capa de núcleo que será más interior cuando se cubre, mientras que las formaciones no cónicas podrían proporcionarse en las regiones de esa misma capa de núcleo que será más exterior cuando se cubre.

A partir de los ejemplos anteriores, será evidente que las formaciones que promueven el recubrimiento en la primera capa de núcleo pueden ser diferentes de las formaciones que promueven el recubrimiento en la segunda capa de núcleo y/o la configuración de las formaciones que promueven el recubrimiento en la primera capa de núcleo pueden ser diferentes de la configuración de las formaciones que promueven el recubrimiento en la segunda capa de núcleo. Por ejemplo, una capa de núcleo puede tener formaciones que promueven el recubrimiento de sección en V y la otra capa de núcleo puede tener formaciones que promueven el recubrimiento de lados paralelos.

Además será evidente que las formaciones que promueven el recubrimiento pueden variar en tipo y/o configuración a través de la primera y/o la segunda capa de núcleo. Por ejemplo, al menos una capa de núcleo puede tener regiones que incluyen formaciones que promueven el recubrimiento de sección en V, y regiones que incluyen formaciones que promueven el recubrimiento de secciones paralelas.

El núcleo puede ser de construcción unitaria, y puede estar en forma de láminas o paneles discretos. Los bordes de los paneles o láminas pueden achaflanarse para proporcionar juntas achaflanadas entre los paneles. Los beneficios de los bordes achaflanados son particularmente agudos cuando hay recubrimiento alto.

Las formaciones que promueven el recubrimiento paralelas pueden proporcionarse en las capas del núcleo para facilitar el recubrimiento en una única dirección. Alternativamente, las formaciones que promueven el recubrimiento pueden intersecarse entre sí, por ejemplo en un patrón cruzado, para facilitar el recubrimiento en más de una dirección.

Se apreciará que las características preferidas y/o opcionales del segundo aspecto de la invención son igualmente aplicables al primer aspecto de la invención y vice versa. En particular, el esquema de recubrimiento descrito anteriormente en relación con el segundo aspecto de la invención puede aplicarse para facilitar el recubrimiento en los núcleos descritos en relación con el primer aspecto de la invención.

Breve descripción de las figuras

Ya se ha hecho referencia a las Figuras 1 a y 1 b de las figuras acompañantes en las cuales:

la Figura 1 a es una vista lateral esquemática en sección transversal de un núcleo de espuma de la técnica anterior proporcionado con hendiduras para facilitar el recubrimiento; y

la Figura 1b es una vista lateral esquemática en sección transversal del núcleo de espuma de la Figura 1 a cubierto entre el absorbente de RAM y las capas reflectoras en un álabe de turbina eólica.

Para que la invención pueda entenderse más fácilmente, ahora se hará referencia, a manera de ejemplo, a las Figuras 2 a la 6, en las cuales:

la Figura 2a es una vista lateral esquemática en sección transversal de un núcleo dividido que comprende la primera y segunda capas del núcleo cada una se proporciona con hendiduras para facilitar el recubrimiento del núcleo dividido durante la fabricación de una estructura compuesta como se muestra en la Figura 2b, en donde una capa intermedia funcional se muestra entre la primera y segunda capas del núcleo;

la Figura 2b es una vista lateral esquemática en sección transversal de una estructura compuesta tal como un álabe de turbina eólica, en el cual el núcleo dividido de la Figura 2a se muestra en una configuración cubierta y dispuesta en el interior de una capa funcional de la estructura compuesta;

la Figura 3a es una vista lateral esquemática en sección transversal de un núcleo dividido similar al núcleo dividido de la Figura 2a, pero que tiene una segunda capa de núcleo más gruesa;

la Figura 3b es una vista lateral esquemática en sección transversal de una estructura compuesta tal como un álabe de turbina eólica, en el cual el núcleo dividido de la Figura 3a se muestra en una configuración cubierta y dispuesta en el interior de una capa funcional de la estructura compuesta;

la Figura 4a es una vista lateral esquemática en sección transversal de un álabe de turbina eólica de construcción de panel tipo sándwich y que comprende un núcleo dividido;

la Figura 4b es una vista lateral esquemática en sección transversal ampliada del álabe de la Figura 4a en una región cerca de un buje del rotor, en cuya región el núcleo dividido tiene una segunda capa de núcleo relativamente gruesa;

la Figura 4c es una vista lateral esquemática en sección transversal ampliada del álabe de la Figura 4a en una región cerca de la punta del álabe, en cuya región el núcleo dividido tiene una segunda capa de núcleo relativamente delgada;

la Figura 5 es una vista lateral esquemática en sección transversal de un núcleo unido que comprende las primera y segunda capas del núcleo unidas entre sí por una capa intermedia adhesiva, cada una de las primera y segunda capas del núcleo que comprende una pluralidad de hendiduras para facilitar el recubrimiento;

la Figura 6a es una vista lateral esquemática en sección transversal de un núcleo dividido similar al núcleo dividido de la Figura 2a, que incluye marcas que denotan el ancho de las hendiduras y las separaciones entre las hendiduras; y

la Figura 6b es una vista lateral esquemática en sección transversal del núcleo dividido de la Figura 6a, en el cual el núcleo dividido está cubierto en una región convexa-curvada de un molde, y en el cual se muestra un radio de la curvatura de recubrimiento.

Descripción detallada

La Figura 2a muestra un núcleo dividido 20 para usar en la construcción de estructuras compuestas tales como álabes de turbinas eólicas. Con referencia a la Figura 2a, el núcleo dividido 20 es de construcción unitaria y comprende una primera capa de núcleo 22 y una segunda capa de núcleo 24, cada una de material de núcleo ligero, por ejemplo espuma. Una capa intermedia funcional 26 se dispone entre las primera y segunda capas del núcleo 22, 24. Las tres capas 22, 24, 26 se unen entre sí por un adhesivo adecuado de manera que la capa intermedia funcional 26 está incorporada dentro del núcleo resultante 20. En este ejemplo, la capa intermedia funcional 26 es una capa de fibra de carbono, que funciona como un reflector de retorno para el radar, y se denomina en lo sucesivo como una "capa reflectora de RAM".

Como se muestra en la Figura 2b y se describe en detalle más adelante, el núcleo dividido 20 se adapta para cubrirse con el fin de ajustarse a la curvatura requerida de la estructura compuesta en la cual se incorpora. Esa curvatura se define por la curvatura de un molde (no se muestra) en el cual el núcleo dividido 20 se coloca durante la fabricación de la estructura compuesta. Con referencia a la Figura 2b, el núcleo dividido 20 se muestra dispuesto en el interior de una capa funcional 28 de una estructura compuesta 30, por ejemplo un álabe de turbina eólica. En este ejemplo, la capa funcional 28 es una capa absorbente de radar, se denomina en lo sucesivo como un "capa absorbente de RAM". La capa absorbente de RAM 28 comprende un circuito proporcionado en una capa de vidrio clase E de ligamento tafetán. La capa absorbente de RAM 28 se dispone cerca de una superficie externa (no se muestra) de la estructura compuesta 30.

Como se describe a modo de antecedentes de la invención, la separación relativa entre la capa absorbente de RAM 28 y la capa reflectora de RAM 26 es un parámetro de diseño clave y afecta el desempeño del RAM. En este ejemplo, la separación relativa entre la capa absorbente de RAM 28 y la capa reflectora de RAM 26 se determina por el grosor de la

primera capa de núcleo 22, que separa estas dos capas en la estructura compuesta 30. Para un diseño dado de la capa absorbente de RAM 28, se logra un desempeño del RAM consistente al garantizar que la primera capa de núcleo 22 sea de grosor sustancialmente uniforme a través de la estructura compuesta 30.

Se observará de que el núcleo dividido 20 está cubierto en la Figura 2b. Las hendiduras 32a, 32b se proporcionan en la primera y segunda capas del núcleo 22, 24 para promover el recubrimiento en una manera que se describe más adelante con referencia a las Figuras 6a y 6b.

Ignorando el grosor generalmente mínimo de la capa reflectora de RAM 26, el grosor total (T') del núcleo dividido 20 es la suma del grosor de la primera capa de núcleo 22 (t_1') y el grosor de la segunda capa de núcleo 24 (t_2'); es decir T' = t_1' + t_2'.

Con referencia ahora a la Figura 3a, se muestra un núcleo dividido 40 de construcción unitaria y que comprende una primera capa de núcleo 42, una segunda capa de núcleo 44 y una capa intermedia funcional 46 en forma de una capa reflectora de RAM dispuesta entre las primera y segunda capas del núcleo 42, 44. El grosor de la primera capa de núcleo 42 (t_1") es idéntico al grosor de la primera capa de núcleo 22 (t_1') del núcleo dividido 20 de la Figura 2. Sin embargo, el grosor de la segunda capa de núcleo 44 (t_2") es mayor que el grosor de la segunda capa de núcleo 24 (t_2') del núcleo dividido 20 de la Figura 2. Por lo tanto, el grosor total (T") del núcleo dividido 40 de la Figura 3 es mayor que el grosor total (T') del núcleo dividido 20 de la Figura 2.

Una comparación de las Figuras 2 y 3 muestra que el grosor total T de los núcleos divididos 20, 40 puede variarse al variar solamente el grosor t_2 de la segunda capa de núcleo 24, 44; el grosor t_1 de la primera capa de núcleo 22, 42 puede permanecer igual independientemente del grosor total del núcleo T. El diseño de núcleo dividido por lo tanto permite que el grosor total del núcleo T varíe sin afectar la separación entre la capa reflectora de RAM 26, 46 y la capa absorbente de RAM 28, 48, que se determina por el grosor t_1 de la primera capa de núcleo 24, 44. Por consiguiente, el diseño de una solución de RAM uniforme se simplifica independientemente del grosor total T. Esto contrasta con la técnica anterior mostrada en la Figura 1b, que requiere un diseño del absorbente de RAM diferente para cada grosor del núcleo. El núcleo dividido 20, 40 de la presente invención reduce la complejidad de la disposición, facilita el control de existencias y elimina el riesgo de uso de una tela de RAM incorrecta en una región dada de la estructura compuesta.

Un álabe de turbina eólica 50 de construcción de panel tipo sándwich que comprende un núcleo dividido 52 sustancialmente como se describió anteriormente se muestra esquemáticamente en la Figura 4a. El álabe 50 se extiende desde un extremo de la raíz 54 conectado a un buje del rotor 56, a un extremo de la punta 58. Como se muestra en las Figuras 4b y 4c, el núcleo dividido 52 tiene una primera capa de núcleo 60, una segunda capa de núcleo 62 y una capa intermedia de reflexión del radar 64 dispuesta entre las primera y segunda capas del núcleo 62, 64. Una capa absorbente de radar 66 se dispone cerca de la superficie exterior 68 del álabe 50.

Existe una necesidad de mayor resistencia estructural en el extremo de la raíz 54 que en el extremo de la punta 58. Por consiguiente, el núcleo 52 es más grueso en el extremo de la raíz 54 (Figura 4b) que en el extremo de la punta 58 (Figura 4c). Con referencia a las Figuras 4b y 4c, la segunda capa de núcleo 62 es relativamente gruesa (por ejemplo aproximadamente 30 mm) en una región cerca del extremo de la raíz 54 (Figura 4b) y relativamente delgada (por ejemplo aproximadamente 5 mm) en una región cerca del extremo de la punta 58 (Figura 4c). Sin embargo, la primera capa de núcleo 60 tiene el mismo grosor (por ejemplo aproximadamente 10 mm) en ambas regiones (Figura 4b y Figura 4c). Por lo tanto, la separación entre la capa absorbente de RAM 66 y la capa reflectora de RAM 64 es la misma en ambas regiones del álabe 50. Esto facilita las propiedades uniformes de RAM a través de ambas regiones. De hecho, se simplifica el diseño de un absorbente de RAM para usar en las diferentes regiones del álabe 50 de diferentes grosores del núcleo totales, siempre que el grosor de la primera capa de núcleo 60 en estas regiones sea el mismo. Ampliando esta idea, se puede usar un único diseño de tela de RAM a través de todo el álabe 50, siempre que la primera capa de núcleo 60 sea de un grosor sustancialmente uniforme a través del álabe 50.

También se observará que hay un recubrimiento relativamente alto hacia el extremo de la raíz 54 del álabe de turbina eólica 50, y un recubrimiento relativamente bajo hacia el extremo de la punta 58. Para adecuar estas características, las hendiduras en la segunda capa de núcleo 62 difieren de una localización a la siguiente, mientras que la configuración de la hendidura de la primera capa de núcleo 60 permanece igual. Específicamente, donde la segunda capa de núcleo 62 es relativamente gruesa en la región de recubrimiento alta cerca del extremo de la raíz 54, las hendiduras son relativamente anchas y se separan aún más que en la segunda capa de núcleo relativamente delgada 62 cerca del extremo de la punta 58. La relación preferida entre el grosor de la capa de núcleo, ancho de la hendidura y separación de la hendidura se describe en más detalle más abajo con referencia a las Figuras 6a y 6b.

Un beneficio adicional del diseño de núcleo dividido es que la capa reflectora de RAM incorporada 26, 46, 64 se protege en ambos lados por las primera y segunda capas del núcleo respectivamente. En los ejemplos adicionales de la invención, que no se muestran en las figuras, pueden incorporarse otros materiales en el núcleo 20, 40, 52. Por ejemplo, pueden incluirse fibras ópticas en la región entre las primera y segunda capas del núcleo (también denominada en la presente invención como la "región de capa intermedia"). En el contexto de álabes de turbinas eólicas, las fibras ópticas pueden utilizarse para medir las cargas experimentadas en varias localizaciones en los álabes. Ventajosamente, las fibras ópticas estarían protegidas por la construcción de núcleo dividido.

Con referencia de nuevo al núcleo de la técnica anterior 10 mostrada en la Figura 1b, se facilita el recubrimiento por las hendiduras 12 que se extienden a través de la mayor parte del grosor del núcleo 10. Si fuese aplicado este esquema de recubrimiento a la construcción de núcleo dividido de las Figuras 2 a 4, entonces las hendiduras se extenderían a través de la fibra de carbono 26, 46, 64 e interrumpiría su desempeño como un reflector de RAM. Por lo tanto, se ha desarrollado un esquema alternativo para facilitar el recubrimiento del núcleo dividido 20, 40, 52 sin la interrupción de la continuidad de la capa intermedia. El esquema de recubrimiento alternativo se describe más abajo con referencia a las Figuras 2, 3, 5 y 6.

Con referencia de nuevo a la Figura 2, una pluralidad de porciones de bisagra 68 se proporcionan en las primera y segunda capas del núcleo 22, 24. Las porciones de bisagra 68 se definen por las formaciones que promueven el recubrimiento 70 en forma de hendiduras 32a, 32b; específicamente, cada porción de bisagra 68 se encuentra directamente debajo de una hendidura respectiva 32a, 32b. Una primera pluralidad de hendiduras 32a se proporciona en la primera capa de núcleo 22, y una segunda pluralidad de hendiduras 32b se proporciona en la segunda capa de núcleo 24. Para no interrumpir la continuidad de la capa intermedia 26, las hendiduras 32a, 32b se detienen a una distancia corta de la capa intermedia 26; expresado en otras palabras, la primera pluralidad de hendiduras 32a se extiende cada una hacia la primera capa de núcleo 22 hasta una profundidad que es menor que el grosor t_1 (Fig. 2) de la primera capa de núcleo 22, y la segunda pluralidad de hendiduras 32b se extiende cada una hacia la segunda capa de núcleo 24 hasta una profundidad que es menor que el grosor t_2 (Fig. 2) de la segunda capa de núcleo 24. Esta configuración de hendiduras facilita el recubrimiento sin dividir la capa reflectora de RAM 26, lo que interrumpiría su desempeño de RAM.

El esquema de recubrimiento descrito anteriormente también es ventajoso para aplicaciones no funcionales, es decir en las cuales la capa intermedia no comprende funcionalidad tal como una fibra de carbono o fibras ópticas. Por ejemplo, el esquema de recubrimiento puede usarse en núcleos unidos, para facilitar el recubrimiento sin cortar a través de una(s) capa(s) adhesiva(s) entre las capas del núcleo, y por lo tanto sin reducir el área de unión o reducir la fuerza de unión entre las capas del núcleo. Los núcleos unidos son generalmente más fuertes que los núcleos de una sola capa de grosor equivalente.

Un ejemplo de un núcleo unido 80 se muestra en la Figura 5. Con referencia a la Figura 5, el núcleo unido 80 comprende una primera capa de núcleo 82 y una segunda capa de núcleo 84 unidas entre sí por una capa intermedia adhesiva 86. Para facilitar el recubrimiento, la primera capa de núcleo 82 incluye una primera pluralidad de hendiduras 88a y la segunda capa de núcleo 84 comprende una segunda pluralidad de hendiduras 88b. La primera pluralidad de hendiduras 88a se extiende cada una hacia la primera capa de núcleo 82 hasta una profundidad que es menor que el grosor de la primera capa de núcleo 82, mientras que la segunda pluralidad de hendiduras 88b se extiende cada una hacia la segunda capa de núcleo 84 hasta una profundidad que es menor que el grosor de la segunda capa de núcleo 84. Esta configuración de hendiduras facilita el recubrimiento sin la interrupción de la capa intermedia adhesiva 86 y debilitar la unión entre las capas del núcleo 82, 84.

Como se describe en más detalle más abajo con referencia a las Figuras 6a y 6b, el esquema de recubrimiento para los núcleos divididos 20, 40, 52, 80 descritos anteriormente trae consigo nuevos retos para lograr los niveles requeridos de recubrimiento para acomodar la curvatura variable en una estructura compuesta, por ejemplo curvatura convexa y cóncava de grados variables.

Con referencia primero a la Figura 6b, cuando se cubre en un molde 90, el núcleo dividido 20 se curva para ajustarse a la curvatura del molde 90. Una región convexa-curvada del molde 90 se muestra en la Figura 6b. El núcleo dividido 20 tiene un radio de curvatura denotado por la letra "R", y denominado en lo sucesivo como un radio de "la curvatura de recubrimiento". En la Figura 6b, la segunda capa de núcleo 24 en la región convexa-curvada del molde 90 se denomina en lo sucesivo como "más interior" con respecto al radio de la curvatura de recubrimiento R, mientras que la primera capa de núcleo 22 en esta región se denomina en lo sucesivo como "más exterior" con respecto a este radio de la curvatura de recubrimiento R.

Se apreciará que en las regiones del molde que tienen curvatura cóncava, la segunda capa de núcleo 24 podría ser más exterior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento, mientras que la primera capa de núcleo 22 podría ser más interior con respecto a ese radio de la curvatura de recubrimiento.

Con referencia a la Figura 6a: el ancho de las hendiduras 32b en la capa de núcleo más interior 24 se denomina como a1; el ancho de las hendiduras 32a en la capa de núcleo más exterior 22 se denomina como a2; la separación entre las hendiduras adyacentes 32b en la capa de núcleo más interior 24 se denomina como b1; y la separación entre las hendiduras adyacentes 32a en la capa de núcleo más exterior 22 se denomina como b2.

Con referencia de nuevo a la Figura 6b, para una configuración dada de hendiduras 32a en la capa de núcleo más exterior 22 (por ejemplo para una a2 y b2 dada), la configuración de hendiduras 32b en la capa de núcleo más interior 24 (por ejemplo a1 y b1) dependerá del grosor de la capa de núcleo más interior 24 y el nivel requerido de recubrimiento. Por ejemplo, si se requiere un recubrimiento bajo, entonces el ancho y separación de la segunda pluralidad de hendiduras 32b pueden ser similares al ancho y separación de la primera pluralidad de hendiduras 32a (es

decir a2 y b2 pueden ser similares a a1 y b1); esto es suponiendo que las hendiduras 32a se configuran para un recubrimiento bajo.

Para los niveles de recubrimiento más altos (de nuevo para una configuración dada de hendiduras 32a en la capa de núcleo más exterior 22), las hendiduras 32b en la capa de núcleo más interior 24 pueden ampliarse (es decir a1 pueden aumentarse). Para que la capa de núcleo más interior 24 contenga suficiente material de núcleo, la ampliación de las hendiduras 32b en la capa de núcleo más interior 24 puede a su vez requerir que la separación entre estas hendiduras se aumente (es decir aumentar a1 puede a su vez requerir que b1 se aumente).

En términos generales, para una configuración dada de hendiduras 32a en la capa de núcleo más exterior 22, se requerirá una profundidad de hendidura dada en la capa de núcleo más interior 24, y un nivel dado de hendiduras de recubrimiento 32b más amplias en la capa de núcleo más interior 24 cuando el grosor de esa capa aumenta para evitar que esas hendiduras 32b se cierren y obstaculicen el recubrimiento.

Hay otras maneras de evitar que las hendiduras 32b se cierren cuando el núcleo dividido se cubre. No es esencial que las hendiduras tengan lados paralelos. Por ejemplo, con referencia de nuevo a las Figuras 3a y 3b, el núcleo dividido 40 tiene hendiduras de sección en V 43 en parte de la segunda capa de núcleo 44 que es más interior con respecto a un radio de la curvatura de recubrimiento cuando el núcleo dividido 40 se cubre (Figura 3b). Las hendiduras de sección en V proporcionan similar flexibilidad a las hendiduras de lados paralelos que tienen una abertura de la hendidura de ancho comparable. Sin embargo, las hendiduras de sección en V tienen un volumen más pequeño que tales hendiduras de lados paralelos, lo que conduce a una entrada de resina reducida durante la fabricación del compuesto. Por consiguiente, si se emplean las hendiduras de sección en V, pueden usarse hendiduras más anchas sin provocar una entrada excesiva de resina; las hendiduras más anchas permiten que la capa de núcleo más interior 44 se comprima más y por lo tanto facilite mayores niveles de recubrimiento.

Las hendiduras de sección en V pueden ensancharse excesivamente si se proporcionan en partes de una capa de núcleo que están más exteriores cuando se cubre. Por esta razón, las hendiduras de lados paralelos 45 se proporcionan en la capa de núcleo más exterior 42 del núcleo dividido 40 de las Figuras 3a y 3b.

Los núcleos divididos 20, 40, 52, 80 pueden formarse como paneles discretos. Los paneles pueden proporcionarse con bordes achaflanados para aumentar el recubrimiento.

Aunque se muestran las hendiduras paralelas en las figuras, se apreciará que otras configuraciones de hendiduras son posibles para lograr el recubrimiento en más de un plano; por ejemplo podrían emplearse hendiduras de intersección (por ejemplo hendiduras entrecruzadas en una formación de rejilla) para facilitar el recubrimiento en dos sentidos. Se apreciará que las hendiduras no son esenciales para promover el recubrimiento. En su lugar, las capas del núcleo puede tener otras formaciones que promueven el recubrimiento adecuadas tales como discontinuidades, muescas, canales, o ranuras.

Es posible variar el tipo de formaciones que promueven el recubrimiento a lo largo de una capa de núcleo dado.

Por ejemplo, una capa de núcleo puede tener hendiduras en forma de V en las regiones que serán más interiores con respecto a un radio local de la curvatura de recubrimiento cuando el núcleo se cubre, y las hendiduras de lados paralelos en las regiones que será más exteriores con respecto a otro radio local de la curvatura de recubrimiento cuando el núcleo se cubre.

Reivindicaciones

1. Una estructura compuesta que comprende una capa funcional y un núcleo, el núcleo que comprende:
una primera capa de núcleo;
una segunda capa de núcleo; y
una capa intermedia funcional dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo;
en donde la primera capa de núcleo se dispone entre la capa funcional y la capa intermedia funcional; el grosor de la primera capa de núcleo es sustancialmente uniforme a través de la estructura compuesta; y la distancia entre la capa funcional y la capa intermedia funcional es sustancialmente constante a través de la estructura compuesta, y en donde además el grosor de la segunda capa de núcleo varía a través de la estructura compuesta para variar el grosor general del núcleo; y
la capa funcional comprende una capa absorbente de RAM y la capa intermedia funcional comprende una capa reflectora de RAM.

2. Una estructura compuesta como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde la capa funcional de la estructura compuesta incluye un material absorbente de radar.

3. Una estructura compuesta como se reivindicó en la reivindicación 2, en donde el material absorbente de radar comprende los circuitos sobre un sustrato de tela tejida.

4. Una estructura compuesta que comprende una superficie exterior y un núcleo, el núcleo que comprende:
una primera capa de núcleo;
una segunda capa de núcleo; y
una capa intermedia funcional dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo;
en donde la primera capa de núcleo se dispone entre la superficie exterior y la capa intermedia funcional; el grosor de la primera capa de núcleo es sustancialmente uniforme a través de la estructura compuesta; y la profundidad de la capa intermedia funcional con respecto a la superficie exterior es sustancialmente constante a través de la estructura compuesta, y en donde además el grosor de la segunda capa de núcleo varía a través de la estructura compuesta para variar el grosor general del núcleo; y
la capa intermedia funcional es una capa reflectora de RAM.

5. Una estructura compuesta como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde la estructura compuesta es de construcción de panel tipo sándwich.

6. Una estructura compuesta como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde la estructura compuesta es una sección de un álabe de turbina eólica.

7. Una turbina eólica que tiene un álabe que comprende la estructura compuesta de acuerdo con la reivindicación 5, o un parque eólico que comprende al menos una tal turbina eólica.

8. Un núcleo para una estructura compuesta, el núcleo que comprende:
una primera capa de núcleo;
una segunda capa de núcleo; y
una capa intermedia funcional dispuesta entre la primera y segunda capas del núcleo;
en donde las primera y segunda capas del núcleo y la capa intermedia funcional se unen entre sí como un material de núcleo unitario; y la primera capa de núcleo es de grosor uniforme a través el núcleo, y en donde además la segunda capa de núcleo varía en grosor a través del núcleo, y la capa intermedia funcional es una capa reflectora de RAM.

9. Una estructura compuesta como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 o un núcleo para una estructura compuesta como se reivindicó en la reivindicación 8, en donde la capa intermedia funcional incluye una capa reflectora de radar.

10. Una estructura compuesta o núcleo como se reivindicó en la reivindicación 9, en donde la capa reflectora de radar incluye una capa de tejido de fibra de carbono.

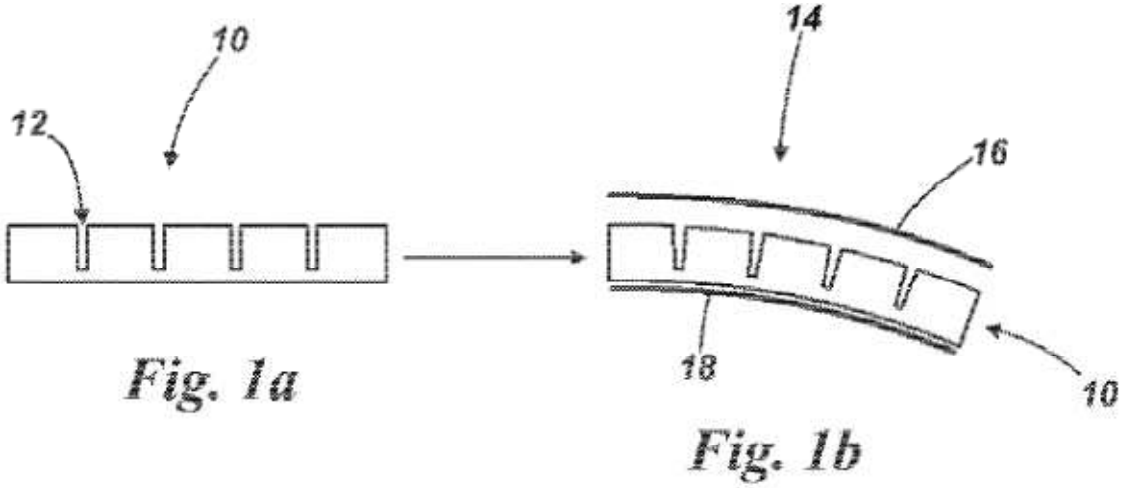

Fig. 1a

Fig. 1b

TÉCNICA ANTERIOR

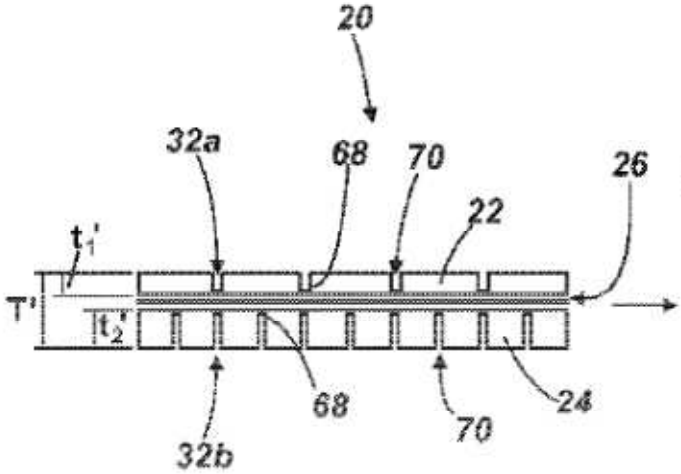

Fig. 2a

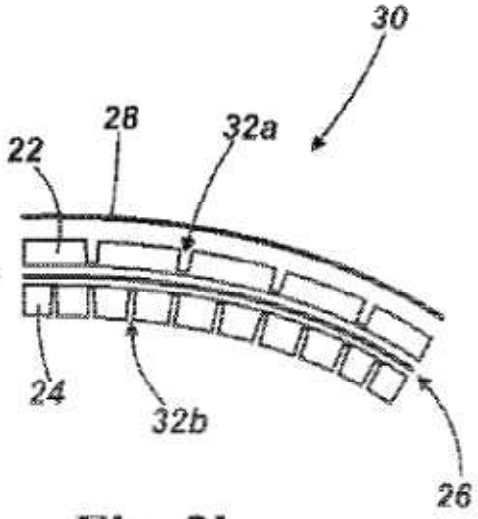

Fig. 2b

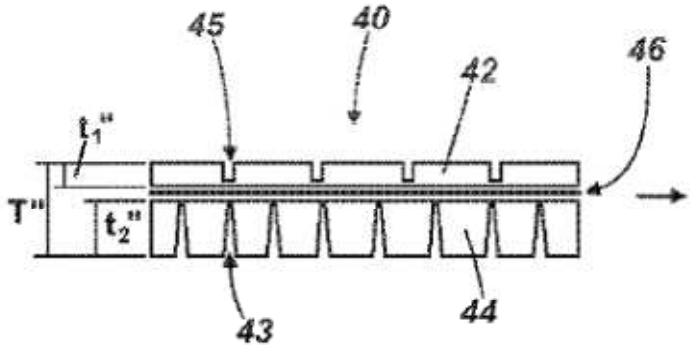

Fig. 3a

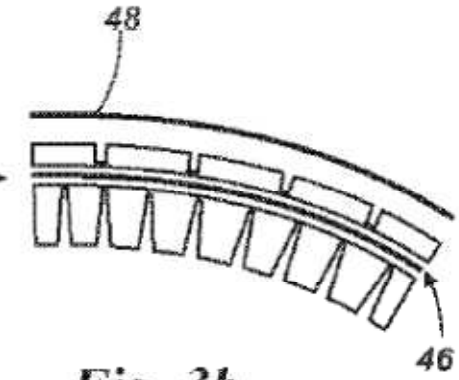

Fig. 3b

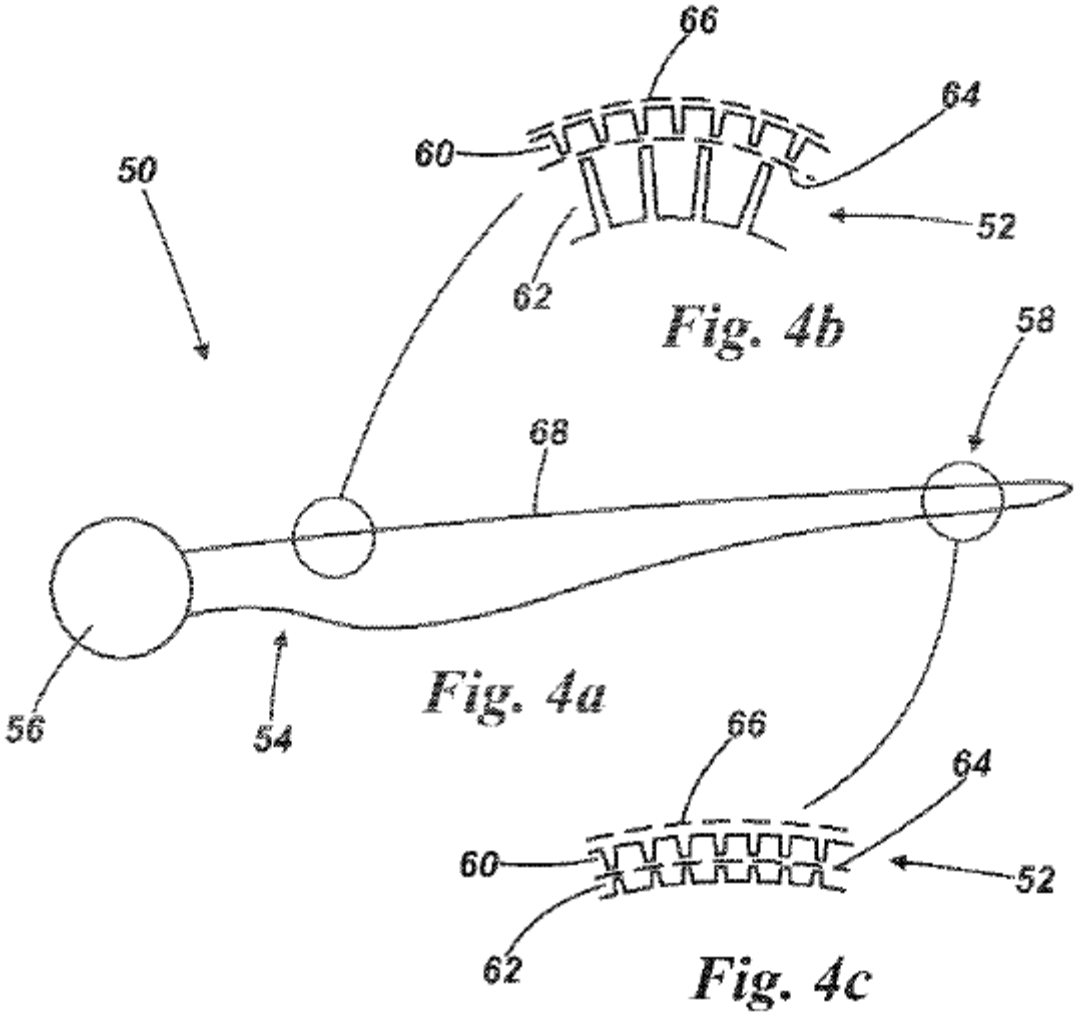

Fig. 4b

Fig. 4a

Fig. 4c

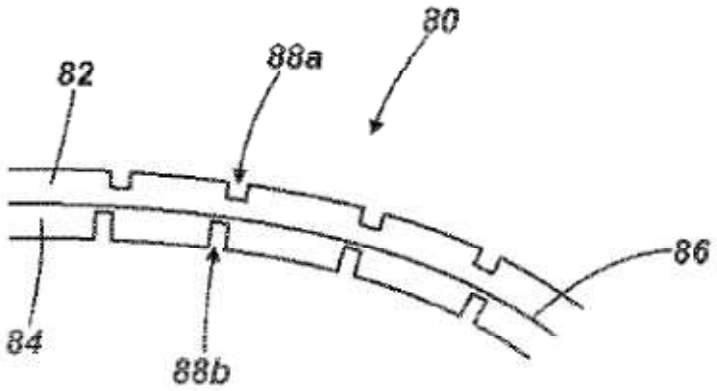

Fig. 5

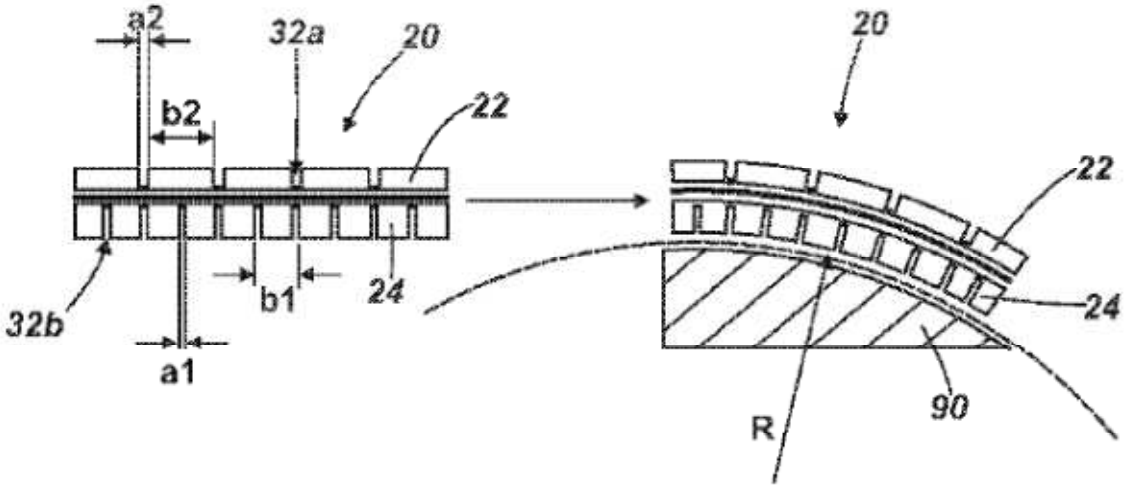

Fig. 6a

Fig. 6b