(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 534 664**

(51) Int. CI.:

B29C 33/02 (2006.01)
B29C 33/04 (2006.01)
B29C 33/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2010 E 10710536 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2547499**

(54) Título: **Molde calentado y uso de dicho molde para formar materiales compuestos reforzados con fibra**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2015

(73) Titular/es:

SSP TECHNOLOGY A/S (100.0%)
Gemalvej 15A
5771 Stenstrup, DK

(72) Inventor/es:

SØRENSEN, FLEMMING

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Molde calentado y uso de dicho molde para formar materiales compuestos reforzados con fibra

La presente invención se refiere a un molde y a un procedimiento de formación de materiales compuestos reforzados con fibra, que tiene que ser calentado como parte del procedimiento de formación. Tales moldes y procedimientos se usan, por ejemplo, para la formación de palas de rotor para turbinas eólicas y subcomponentes de las mismas, pero pueden usarse también para formar cascos de barco, carrocerías de vehículo, diversas clases de tanques y recipientes, etc.

El tipo de molde usado previamente por el solicitante para este fin se fabrica como una estructura estratificada con un núcleo de una estructura de panal de aluminio entre carcasas de fibra de vidrio. La estructura de panal está dispuesta con sus celdas alargadas extendiéndose sustancialmente de forma perpendicular respecto a la superficie activa del molde, que está en contacto con el material compuesto, y las paredes de la celda están provistas de aberturas que permiten que los fluidos de calentamiento y enfriamiento pasen entre las celdas. Durante el procedimiento de formación, cuando hay que calentar el molde, se hace que un fluido caliente pase a través del núcleo sustancialmente en plano con la superficie activa del molde. La conductividad térmica del material de la estructura de panal contribuye a una temperatura relativamente uniforme en la superficie del molde. Análogamente, cuando hay que enfriar el molde, se hace pasar un fluido frío a través de la estructura de celda.

Este procedimiento proporciona un calentamiento muy eficaz, pero el equipo necesario para calentar y distribuir el fluido es bastante complejo. Además, la necesidad de calentamiento no siempre es la misma en todas las localizaciones del molde y se gasta mucha energía calentando áreas del molde donde esto no es bueno.

Otros ejemplos de los moldes de la técnica anterior se conocen a partir de los documentos WO00/38905 y WO2005/095091. Estos moldes se calientan mediante cables de calentamiento embebidos en el molde directamente por debajo de la superficie activa del molde.

El uso de cables de calentamiento proporciona un calentamiento muy energéticamente eficaz del molde, pero plantea otros problemas. Cuando los cables están dispuestos como se muestra en el documento WO2005/095091, el calor se aplicará irregularmente, con una temperatura máxima directamente por encima de cada cable, causando potencialmente imperfecciones en el material compuesto. Por otro lado, cuando los cables de calentamiento están dispuestos relativamente cerca entre sí, como se muestra en el documento WO00/38905, el molde resulta relativamente complejo y de esta manera tanto caro como delicado.

El documento JP 59 064218 U desvela un molde para formar materiales compuestos reforzados con fibra, que comprenden una superficie activa destinada a estar en contacto con el material compuesto y un miembro de núcleo que comprende una estructura de celda, caracterizado porque comprende además uno o más conductos embebidos en el miembro de núcleo que forma una trayectoria a través de la estructura de celda.

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un molde, que puede calentarse de una manera eficaz respecto a energía y coste, proporcionando al mismo tiempo una distribución de temperatura uniforme sobre la superficie activa del molde.

Este objeto se consigue con un molde, que comprende una superficie activa destinada a entrar en contacto con el material compuesto, un miembro de núcleo que comprende una estructura de celda, uno o más de conductos en el miembro de núcleo que forman una trayectoria a través de la estructura de celda y uno o más cables de calentamiento dispuestos en dicho conducto o conductos.

El conducto o conductos sirven como soporte para los cables de calentamiento relativamente frágiles y, de esta manera, permiten que se dispongan dentro de la estructura de la celda. Esto conduce a un calentamiento más directo, en comparación con el sistema basado en fluido usado previamente en los moldes de estructura de celda. Al mismo tiempo, la estructura de celda, así como el conducto o conductos, contribuyen a la transmisión y distribución del calor generado por los cables de calentamiento, manteniendo de esta manera las ventajas de la distribución de temperatura uniforme conocidas de los sistemas basados en fluido.

En la realización preferida el conducto o conductos comprenden tuberías de revestimiento fabricadas a partir de tubos y/o conducciones que tienen la ventaja muy importante de que los cables de calentamiento pueden reemplazarse fácilmente si se rompen o desgastan, o si se necesitan diferentes características, simplemente tirando del cable a través de la tubería de revestimiento. Esto conduce a un tiempo de vida útil considerablemente mayor del molde, minimiza el tiempo muerto cuando son necesarias reparaciones y permite la reutilización de moldes para nuevos fines.

Sin embargo, debe entenderse que pueden conseguirse ventajas similares usando un cable con una funda, que después servirá como el conducto. Tal funda, que puede estar fabricada por ejemplo de metal trenzado, debe proporcionar al cable con una resistencia a la abrasión suficiente para permitir que se tire del mismo a través de un paso en la estructura de celda y, al mismo tiempo, evitar fracturas por cizalla, que de lo contrario ocurrirían como consecuencia de que el cable se soporte de forma discontinua sobre paredes de celdas separadas entre sí.

La estructura de celda preferentemente es una estructura de panal, que combina una excelente capacidad de soporte de carga con un bajo peso propio, aunque pueden emplearse también otras estructuras tales como redes o espumas de celda abierta, y la expresión "estructura de celda" debe entenderse en su sentido más amplio. Además, la estructura de celda debe poder formarse, preferentemente, para permitir la formación de moldes que tengan superficies curvas.

Se prefiere que la estructura de celda esté fabricada de un material con una conductividad térmica de al menos 10 W/(K·m), preferentemente al menos 100 W/(K·m). Actualmente, se prefiere el aluminio, pero pueden usarse también otros materiales tales como acero, polímeros, cerámicos o materiales compuestos siempre y cuando sean suficientemente fuertes y resistentes a la temperatura y tengan una conductividad térmica que permita una distribución de calor eficaz.

Como en los procedimientos de la técnica anterior, puede dejarse que el molde y el material compuesto formado se enfríen de forma natural una vez que se ha completado la etapa de calentamiento, pero en algunos casos es necesario un calentamiento activo. Para este fin, el molde preferentemente está provisto de una entrada de fluido, una salida de fluido y un paso para fluido entre ellas, comprendiendo el paso para fluido aberturas en al menos algunas de las paredes de la celda de la estructura de celda. El fluido se fuerza a través de la estructura de celda usando un ventilador o bomba, o aplicando un fluido presurizado, dependiendo del fluido y de la estructura de celda usados. De esta manera, el término "abertura" debe entenderse en su sentido más amplio, incluyendo también los pasos entre las celdas en una espuma de celdas abiertas y los espacios entre barras en una red.

Por supuesto, también es posible proporcionar un calentamiento combinado, donde un fluido caliente se hace pasar a través de la estructura de la celda, como se ha descrito para el fluido de enfriamiento anterior, simultáneamente con el uso de cables de calentamiento. Esto dará una distribución de temperatura aún más uniforme y el fluido que pasa por los conductos que contiene los cables de calentamiento puede contribuir a la transmisión de calor a la superficie del molde.

Puesto que el conducto o conductos y, por tanto, también los cables de calentamiento pueden disponerse casi libremente dentro del molde, puede conseguirse una aplicación más dirigida del calor en comparación con lo que se conoce a partir de los sistemas basados en fluido. De esta manera, el molde puede dividirse en dos o más zonas de calentamiento con diferente configuración de los cables de calentamiento y/o controlando por separado los cables de calentamiento. Las diferentes configuraciones de los cables de calentamiento incluyen el uso de diferentes tipos de cable, diferente densidad de cable y diferentes patrones de trayectoria de cable.

Además, el molde puede estar provisto de cables de calentamiento solo en algunas zonas, mientras que todo el molde se calienta mediante un fluido de calentamiento, sirviendo por tanto los cables de calentamiento para proporcionar calor extra en las zonas donde sea necesario. Este puede ser el caso por ejemplo cuando se forman palas de rotor para turbinas eólicas que, durante su uso, se ven sometidas a cargas pesadas y, por tanto, se caracterizan por tener variaciones relativas grandes en el espesor de material. Asimismo, las palas de rotor generalmente se montan a partir de dos partes de carcasa que forman la superficie aerodinámica exterior de la pala y una estructura de soporte de carga dispuesta entre ellas. Cuando se interconectan estas partes lo habitual es usar un tipo de pegamento que requiere calentamiento y, por lo tanto, puede ser ventajoso poder calentar solo esas secciones del molde, donde están localizadas las juntas pegadas.

Respecto a controlar el calentamiento, pueden aplicarse diferentes tensiones o corrientes a los cables en las diferentes zonas, o la potencia para las diferentes zonas puede conectarse y desconectarse en momentos diferentes. Esta elección, por supuesto, depende de las fuentes de alimentación disponibles, pero actualmente se prefiere trabajar con una tensión constante.

Asimismo, como para el molde de la técnica anterior usado previamente por el solicitante, el molde puede diseñarse para permitir que los fluidos de calentamiento y enfriamiento se apliquen de forma diferente en zonas distintas, pero esto requiere un diseño de molde y del sistema de suministro de fluido que normalmente es complejo de hacer factible.

En una realización preferida, los cables de calentamiento están dispuestos en el centro del miembro de núcleo, sustancialmente a medio camino entre la superficie activa y la superficie opuesta del molde. Esto tiene dos ventajas principales, siendo una que los cables de calentamiento se mantienen a una distancia de la superficie activa del molde, contribuyendo adicionalmente a una distribución de temperatura uniforme, y la otra que el propio molde se calienta uniformemente. El calentamiento uniforme evita la distorsión provocada por la expansión térmica, que se sabe que ocurre en los moldes de los tipos descritos en las publicaciones WO mencionadas anteriormente. Por la misma razón, se prefiere que el molde sea sustancialmente simétrico, con una capa superficial en el fondo correspondiente sustancialmente a la usada sobre la superficie activa.

El diseño preciso del molde y, en particular, la capacidad de calentamiento de los cables de calentamiento, dependerá de su uso pretendido, no solo del tipo de material compuesto que se va a formar. La mayor parte de tales materiales compuestos están unidos mediante una resina, que puede ser termoplástica o termoestable. En ambos casos, el calentamiento del molde se pretende que lleve al material compuesto a un estado donde asuma su forma

pretendida y donde el material fibroso se impregne con la resina.

Cuando se usa una resina termoestable este estado que se pretende alcanzar mediante el calentamiento es donde la resina ha penetrado en el material fibroso y se ha endurecido.

Cuando se usa una resina termoplástica, esta puede proporcionarse como una capa separada en el despliegue del material compuesto, que se funde y penetra en el material fibroso cuando se calienta. Sin embargo, también es posible usar pre-impregnados, donde el material fibroso ya se ha saturado total o parcialmente con resina. En estos casos, el calentamiento ablanda la resina y hace trabajable al pre-impregnado.

Por supuesto, el molde puede fabricarse de numerosas maneras pero, para hacerlo rentable, preferentemente se fabrica a partir de una estructura de celda prefabricada, donde el conducto o conductos están dispuestos en pasos perforados, recortados o fresados. Cuando se usa una tubería de revestimiento con un diámetro que es ligeramente mayor que el paso en la estructura de la celda, la tubería de revestimiento se sujetará entre las paredes de la celda, manteniéndola de esta manera en su sitio durante la manipulación del molde.

La tubería de revestimiento preferentemente se fabrica a partir de conducciones metálicas que tienen buena conductividad térmica y toleran altas temperaturas así como grandes gradientes térmicos. Los ejemplos preferidos son conducciones de aluminio o acero, pero pueden usarse también otros materiales tales como polímeros, cerámicos, vidrio o materiales compuestos.

Un fluido usado para enfriar el molde puede ser cualquier fluido, que no reaccione con los materiales del molde de una manera adversa, pero que evite la necesidad de limpiar la estructura de la celda y facilite la introducción del fluido, por lo que se prefiere usar un gas. A menudo será posible simplemente usar aire ambiente, pero cuando se necesita un enfriamiento rápido pueden emplearse otros gases, tales como nitrógeno. Se aplican consideraciones similares a cualquier fluido de calentamiento usado.

Puesto que los moldes del tipo actual se usan a menudo para la formación de vacío, se prefiere también proporcionar el molde con una o más válvulas de vacío y un conector de fuente de vacío.

La invención se explicará ahora en detalle por referencia a las realizaciones preferidas de la invención y al dibujo, donde:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una sección de un molde de acuerdo con la invención visto desde debajo,
La Figura 2 es una vista lateral de la sección de un molde mostrado en la Figura 1,
La Figura 3 es una vista desde un extremo de la sección del molde mostrado en la Figura 1,
La Figura 4 muestra la sección del molde en la Figura 1 vista directamente desde debajo,
La Figura 5 muestra un molde de acuerdo con la invención para la formación de palas de rotor de turbina eólica, visto desde arriba, y
La Figura 6 muestra una vista en sección transversal de un molde durante el montaje de una pala de rotor para una turbina eólica.

La estructura global preferida del molde de acuerdo con la invención incluye un miembro 1 de núcleo intercalado entre dos carcasas 2, 3 externas, sirviendo la superficie 21 externa de la carcasa 2 superior como la superficie activa del molde. Se disponen cables 4 de calentamiento en la tubería de revestimiento 5 embebida en el miembro de núcleo. Estos números de referencia se usan en todas las figuras del dibujo.

En las Figuras 1 y 4 el miembro 1 de núcleo se muestra con un diseño tipo rejilla sobre la superficie 11 orientada hacia la carcasa 3 inferior, estando destinado este diseño a ilustrar la división en celdas. Análogamente, las superficies 12, 13 laterales del miembro 1 de núcleo, visto en las Figuras 1, 2 y 3, se muestran con líneas verticales destinadas a ilustrar la ubicación de las paredes de la celda. Es decir, en la realización preferida, las celdas del miembro de núcleo se extienden a través de toda la altura del miembro de núcleo, estando abiertas hacia arriba y hacia abajo. Pero, como se explicará más adelante, pueden usarse también otras estructuras de celda.

Al menos parte de las paredes de celda están provistas de aberturas 14, como puede observarse en las Figuras 1-3. Estas aberturas están destinadas a permitir que un fluido, tal como un refrigerante, pase de una celda a otra. En este caso, las aberturas solo son visibles en las paredes de celda expuestas en las superficies 12, 13 lateral y terminal, pero debe entenderse que están presentes aberturas similares en al menos algunas de las paredes de celda dentro de la estructura. Se prefiere que todas las celdas tengan aberturas hacia al menos una de sus celdas vecinas, e incluso es más preferido que todas las paredes de celda tengan tales aberturas. En este caso, sin embargo, las aberturas se han ilustrado únicamente en una de cada tres paredes de celda.

Cuando se usa una estructura de celda con paredes de tipo placa, las aberturas 14 en las paredes de celda pueden ser simples perforaciones (como se muestra en el dibujo), rendijas o similares, pero en otras estructuras de celda las aberturas pueden aparecer de forma natural. Los ejemplos de tales estructuras podrían ser redes o espumas metálicas de celdas abiertas. Independientemente de la naturaleza de las aberturas, el área de abertura total debe ser suficientemente grande para permitir un flujo de fluido eficaz, pero al mismo tiempo la estructura de las celdas

debe mantener su capacidad de soporte de carga y ser capaz de servir como conductor térmico.

Como resultará evidente a partir de lo anterior, el miembro de núcleo 1 debe satisfacer tres demandas: 1) Debe ser suficientemente fuerte y rígido para llevar el peso del material compuesto que se va a formar y permitir que el molde se maneje sin ser deformado, 2) Debe permitir, preferentemente, que un fluido pase a través de la estructura de forma relativamente libre y 3) Debe contribuir, preferentemente, a la distribución del calor.

En la práctica se ha encontrado que lo que se denomina panal de aluminio satisface estos requisitos, mientras que al mismo tiempo es de peso ligero, resistente a las influencias químicas y no demasiado caro. Por lo tanto, el uso de este material para el miembro de núcleo proporciona un molde fácil de manejar, duradero y rentable.

Para permitir la formación de un molde curvo como el mostrado en la Figura 6, ha resultado ventajoso usar una estructura de panal sobre-estirada, que se ha deformado deliberadamente de manera que la forma de la sección transversal de las celdas resulte alargada.

Las estructuras de panal de este tipo, que se usan también como miembros de núcleo en materiales compuestos, normalmente tienen celdas que se extienden por toda la altura H de la estructura como se ilustra en las Figuras 1-3. Esto significa que los fluidos de calentamiento y/o enfriamiento circulan de forma relativamente libre y las paredes de celdas continuas tienen buenas propiedades de conducción térmica. Sin embargo, debe entenderse que pueden emplearse también estructuras de celda, incluyendo estructuras de panal, que tienen más de una capa de celdas visto en la dirección de la altura del miembro de núcleo.

La superficie 21 externa de la carcasa 2 superior sirve como la superficie activa del molde, que entra en contacto con el material compuesto que se va a formar (no mostrado). Por lo tanto, tiene que fabricarse a partir de un material que sea tanto resistente al calor como al contacto con el material compuesto, y que pueda separarse del material compuesto tras su formación. Además, el material de la carcasa 2 superior debe permitir una transferencia eficaz de calor desde el miembro 1 de núcleo hasta el material compuesto, como se explicará posteriormente, y debe ser deformable para permitir la formación de moldes curvos como el mostrado en la Figura 6. La fibra de vidrio ha resultado ser bastante adecuada para este fin, pero pueden usarse también otros materiales tales como metales, polímeros, cerámicos e incluso vidrio y la carcasa 2 puede tener una superficie recubierta o estratificada.

En la realización mostrada en las Figuras 1-4, la carcasa 3 inferior tiene como fin añadir estabilidad al molde, cerrar los extremos inferiores de las celdas del miembro 1 de núcleo y, además, como se explicará a continuación, proporcionar simetría al molde. Además, en la carcasa inferior, puedan proporcionarse diversos conectores (no mostrados) para las fuentes de fluido de calentamiento y/o enfriamiento, fuentes de vacío o fuentes de alimentación, así como medios de fijación (no mostrados) para manipular e interconectar partes del molde. Sin embargo, puesto que estos medios pueden proporcionarse de otras maneras, una realización sin la carcasa 3 inferior se incluye dentro del ámbito de la invención.

De acuerdo con la invención, los cables 4 de calentamiento se proporcionan en un conducto o conductos 5. Esto es para protegerlos, fundamentalmente de las fuerzas de abrasión y cizalla, para las cuales generalmente no son muy adecuados para resistirlas. Si el intento se realizó para disponer los cables de calentamiento directamente en la estructura de las celdas, estos se apoyarían sobre las paredes de celda relativamente estrechas y ampliarían los huecos formados por las luces de las celdas, quedando de esta manera no soportada la mayor parte de su longitud. Esto provocaría tensión en los cables en las secciones no soportadas de los mismos, así como fuerzas de cizalla en los soportes, lo que finalmente provocaría que se rompieran. Además, cualquier vibración en el molde, que será inevitable durante su uso, provocaría fricción entre las paredes de la celda y los cables en los puntos de contacto y, en consecuencia, un desgaste sustancial de los cables.

Los conductos 5 también permiten tirar de los cables 4 de calentamiento a través del miembro 1 de núcleo, tanto cuando se disponen inicialmente los cables de calentamiento como durante su reemplazo posterior. Por esta razón se prefiere usar tuberías de revestimiento como el conducto, puesto que esto facilitará la operación de tracción, aunque una funda sobre el cable puede servir también para el mismo fin. Por supuesto, también es posible usar tanto tuberías de revestimiento como fundas en el mismo molde.

La tubería de revestimiento 5 puede fabricarse a partir de tubos o conducciones fabricadas de cualquier material adecuado tal como polímeros o materiales compuestos, aunque actualmente se prefieren metales tales como aluminio, acero o cobre debido a su durabilidad probada y excelente conductividad térmica. Las dimensiones de las conducciones o tubos deben ser suficientemente grandes para permitir que los cables de calentamiento pasen sin restricciones pero suficientemente pequeñas para permitir la transmisión óptima de calor desde el cable.

Análogamente, una funda sobre el cable 4 de calentamiento debe permitir también elegir con respecto a la transmisión de calor, y por ejemplo podría fabricarse a partir de metal trenzado, tal como cobre, aluminio o acero.

Los cables 4 de calentamiento pueden fabricarse a partir de cualquier material adecuado, aunque ha resultado ventajoso usar Konstantan®, que tiene una resistencia eléctrica específica sustancialmente constante sobre un amplio intervalo de temperatura. Esto significa que la cantidad de calor generada en el cable de calentamiento puede controlarse fácilmente.

Como puede observarse en las Figuras 2 y 3, los cables de calentamiento 4 se disponen preferentemente a medio camino entre las dos carcasas 2, 3. Esto sirve para dos fines, en concreto mantenerlos a una distancia de la superficie activa del molde y asegurar un calentamiento uniforme del propio molde.

Como se ha explicado anteriormente, se pretende conseguir una temperatura uniforme en la superficie 21 activa. Disponer los cables 4 de calentamiento a una distancia desde las mismas, contribuye a una distribución del calor emitido desde cada cable de calentamiento y, de esta manera, permite el uso de relativamente pocos cables de calentamiento de alta capacidad sin riesgo de sobrecalentamiento de las áreas de la superficie activa del molde localizada directamente por encima de cada cable.

Otra ventaja igualmente importante de disponer los cables 4 de calentamiento en el centro del molde es que el propio molde se calienta simétricamente, conduciendo a una expansión térmica correspondiente en el material del molde en ambos lados de su plano central. Esto significa que se evitan las distorsiones provocadas por el calentamiento irregular, que se sabe que ocurren en los moldes de la técnica anterior.

En la realización mostrada en las Figuras 1-4 los cables 4 de calentamiento se disponen en surcos 6 recortados en la estructura de celda, formando los surcos hacia abajo pasos abiertos que se extienden hacia abajo hacia el fondo de la carcasa 3 inferior. Sin embargo, puesto que los pasos abiertos afectan a la conductividad térmica global del miembro 1 de núcleo estos pasos deben mantenerse tan estrechos como sea posible y, preferentemente, orientados alejados de la superficie 2 de molde activa como se muestra en las Figuras 1 y 3. Como alternativa, los pasos pueden crearse perforando o formando el miembro de núcleo a partir de dos mitades, al menos una de las cuales se ha provisto de surcos antes de montarla.

Cuando se usa un surco 6 recortado o fresado los pasos pueden formar un dibujo serpenteante, donde toda la trayectoria de los cables 4 de calentamiento está dentro del límite externo del miembro 1 de núcleo. No obstante, si se usan pasos perforados, estos seguirán una trayectoria recta y, por tanto, es necesario usar una serie de longitudes cercanas del cable de calentamiento, muy parecido a lo que se muestra en la Figura 4, o proporcionar una sección de giro (no mostrada) fuera del límite externo del miembro de núcleo. Cuando se usa una tubería de revestimiento, pueden proporcionarse conducciones o tubos en el miembro de núcleo únicamente, mientras que los cables de calentamiento se exponen a las secciones de giro fuera del molde. Lo que es más ventajoso depende del material compuesto que se va a formar y, por supuesto, es posible combinar pasos de diferentes tipos de los mencionados anteriormente en un solo molde. Asimismo, la elección del tipo de conducto puede depender de si se emplean trayectorias rectas o curvas.

Los materiales compuestos formados con moldes del presente tipo normalmente unidos por resinas, que pueden ser termoplásticas o termoestables. La elección de material depende, entre otras cosas, del uso pretendido del objeto que se va a formar, siendo los usos típicos palas de rotor, secciones de torre y componentes de góndola para turbinas eólicas, partes de la carrocería para vehículos, tales como aviones o coches, así como tanques y recipientes para fluidos.

Los materiales termoplásticos se ablandan y se funden cuando se calientan, y se endurecen de nuevo cuando se enfrían sustancialmente sin cambios en sus propiedades físicas o químicas. Los ejemplos de materiales termoplásticos incluyen nylon, polietileno y polipropileno.

Los materiales termoestables son mezclas de una resina y de un endurecedor o catalizador, que interactúa en una reacción química irreversible bajo la influencia del calor que forma un producto duro. En algunos casos, la reacción química es exotérmica y produce algo de calor por sí misma, que puede necesitar enfriamiento o determinar un patrón de calentamiento particular. Los ejemplos de materiales termoestables incluyen resinas fenólicas, poliéster y epoxi.

En ambos casos, se provoca que la resina líquida se una a materiales fibrosos, tales como mallas de fibra de vidrio, que posiblemente pueden disponerse en una configuración estratificada junto con otros materiales, tales como miembros de núcleo de peso ligero.

Dependiendo de los materiales usados y de las dimensiones y el diseño del material compuesto, puede ser necesario aplicar un vacío para conseguir una distribución uniforme de la resina en el material fibroso y evitar el atrapamiento de aire. Para tales usos, el molde podría estar provisto de válvulas de vacío instaladas (no mostradas), conductos de suministro de vacío y un conector para una fuente de vacío.

Puesto que el procedimiento de formación será entonces algo diferente dependiendo del tipo de resina usada, los requisitos de calentamiento serán diferentes también y, por lo tanto, el diseño del molde puede tener que adaptarse en consecuencia. Sin embargo, será posible usar un único molde para ambos tipos de resina siempre y cuando sea posible controlar el calentamiento respecto a la temperatura y duración.

En lo anterior se ha descrito como que la tubería de revestimiento 5 sirve solo como un soporte del cable de calentamiento, pero si se dimensiona apropiadamente, por supuesto, también será posible hacer pasar un fluido a través de la tubería de revestimiento. Sin embargo, esta opción es menos preferida puesto que es probable que el flujo de fluido deteriore el cable 4 de calentamiento. Análogamente, podría disponerse un conducto de fluido en los

pasos provistos para los cables 4 pero, puesto que la cantidad de fluido necesario para un enfriamiento eficaz podría requerir conductos de un diámetro relativamente grande, esta realización es menos preferida.

La Figura 5 muestra un ejemplo de un molde 7 de acuerdo con la invención para su uso en la fabricación de palas de rotor para turbinas eólicas. Como puede observarse, el molde se divide en cinco secciones 71, 72, 73, 74, 75 diferentes, cada una de las cuales tiene un sistema diferente de cables 4 de calentamiento. Esto permite un calentamiento más prolongado y/o intenso de las secciones del aspa, que se exponen a las cargas más altas durante el funcionamiento normal y que, por lo tanto, tienen los mayores espesores de material.

Además, grandes objetos tales como palas de rotor normalmente se fabrican de una serie de secciones prefabricadas, que se unen entre sí durante un procedimiento de moldeo posterior, como se ilustra en la Figura 6. Como puede observarse, la pala de rotor está compuesta de dos carcasas 7, 8, cuyo fin principal es proporcionar una forma de superficie aerodinámica y una viga de soporte de carga montada entre dos mitades 9, 10. En un procedimiento típico las carcasas y las semivigas se forman en primer lugar independientemente en diferentes moldes del tipo descrito en el presente documento; en segundo lugar la viga se fabrica interconectando las mitades; en tercer lugar la viga se fija a la carcasa 8 mostrada en la parte superior de la Figura 6; y, por último, la semiviga 9 representada en la parte inferior se fija a la carcasa 7 más inferior, mientras que al mismo se interconectan los bordes de las carcasas.

Las juntas entre las carcasas 7, 8 y las semivigas 9, 10 se realizan por pegado, típicamente usando una resina que requiere calentamiento, y el molde se proporciona por tanto con cables 4 de calentamiento extra en las secciones A, B directamente por debajo de los puntos de contacto. Para permitir un calentamiento óptimo sería preferible poder activar al menos alguno de los cables de calentamiento en estas secciones A, B independientemente de los cables de calentamiento en otras secciones del molde. Asimismo, puesto que los espesores de material generalmente son mayores en las juntas entre una semiviga y una carcasa que las juntas entre dos carcasas, la necesidad de calentamiento normalmente será menor en las secciones B que en las secciones A. En la Figura 6 el molde se ha representado como alcanzando justo el borde de la carcasa, pero debe entenderse, por supuesto, que puede emplearse un molde más profundo si fuera necesario. Análogamente, debe entenderse que un molde que tiene dos mitades que encierra el producto compuesto por completo, por supuesto, también es una opción, aunque probablemente no sea práctico cuando se fabrican grandes productos tales como palas de rotor para turbinas eólicas.

El propio molde puede montarse a partir de un número de secciones diferentes dependiendo del modo de fabricación y del uso pretendido. Tales secciones podrían unirse de forma permanente o temporal, pero debe tenerse cuidado siempre de asegurar que tales juntas no den como resultado imperfecciones en los materiales compuestos formados.

Cuando se usa el molde de acuerdo con la invención para la producción de aspas de turbina eólica como se muestra en la Figura 5 y usando una estructura de panal de aluminio como el miembro 1 de núcleo, el miembro de núcleo podría ser de aproximadamente 60 mm de altura, tener un diámetro de celda de aproximadamente 10 mm y un espesor de pared de celda de aproximadamente 0,1 mm. Una carcasa 2 superior fabricada de fibra de vidrio podría entonces tener un espesor de aproximadamente 6 mm. Dependiendo del material compuesto que se vaya a formar, los cables 4 de calentamiento podrían proporcionarse a intervalos de 40 a 100 mm y los cables típicamente se fabrican en secciones de 100 metros. Podrían usarse conducciones de aluminio con un diámetro de 6 mm y espesores de pared de 1 mm como las tuberías de revestimiento.

Debe entenderse que el ámbito de la invención está limitado únicamente por la terminología de las reivindicaciones adjuntas, no por las realizaciones descritas anteriormente. Por consiguiente, los elementos de estas realizaciones pueden combinarse de otras maneras distintas de las descritas, y las alternativas resultarán evidentes para los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un molde para formar materiales compuestos reforzados con fibra, que comprende una superficie activa destinada a estar en contacto con el material compuesto y
un miembro de núcleo que comprende una estructura de celda,
caracterizado porque comprende además uno o más conductos embebidos en el miembro de núcleo a una distancia de la superficie activa y formando una trayectoria a través de la estructura de celda, y uno o más cables de calentamiento dispuestos en dicho conducto o conductos.

2. Un molde de acuerdo con la reivindicación 1, donde el conducto o conductos comprenden tuberías de revestimiento fabricadas a partir de tubos y/o conducciones.

3. Un molde de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde la estructura de celda está fabricada a partir de un material con una conductividad térmica de al menos 10 W/(K·m), preferentemente al menos 100 W/(K·m).

4. Un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una entrada de fluido, una salida de fluido y un paso para fluido entre ellas, comprendiendo el paso para fluido aberturas en al menos algunas de las paredes de la celda de la estructura de celda.

5. Un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende dos o más zonas de calentamiento.

6. Un molde de acuerdo con la reivindicación 5, donde las diferentes zonas de calentamiento tienen diferente configuración del cable o cables de calentamiento y/o un control diferente del cable o cables de calentamiento.

7. Un molde de acuerdo con la reivindicación 4 en combinación con la reivindicación 5 o 6, donde las diferentes zonas de calentamiento tienen diferente suministro de fluido de calentamiento.

8. Un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conducto o conductos están dispuestos en el centro del miembro de núcleo, sustancialmente a medio camino entre la superficie activa y la superficie opuesta del molde.

9. Un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conducto o conductos están dispuestos en los pasos perforados, recortados o fresados en una estructura de celda prefabricada.

10. Un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una o más válvulas de vacío y un conector para la fuente de vacío.

11. Un procedimiento de formación de materiales compuestos reforzados con fibra, donde los materiales para la formación del material compuesto, incluyen una resina y un material fibroso, se tienden sobre una superficie activa de un molde, y donde un miembro de núcleo del molde se calienta hasta que los materiales han alcanzado su estado pretendido, donde el material compuesto ha asumido su forma pretendida y el material fibroso se ha impregnado con resina, **caracterizado porque** el molde se calienta aplicando una corriente eléctrica en los cables de calentamiento localizados en uno o más conductos embebidos en el miembro de núcleo a una distancia de dicha superficie activa.

12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, donde la resina es una resina termoestable y donde el molde se calienta hasta que la resina se ha endurecido.

13. Uso de un molde de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10 para formar palas de rotor para turbinas eólicas.

14. Uso de un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-12 para formar palas de rotor para turbinas eólicas.

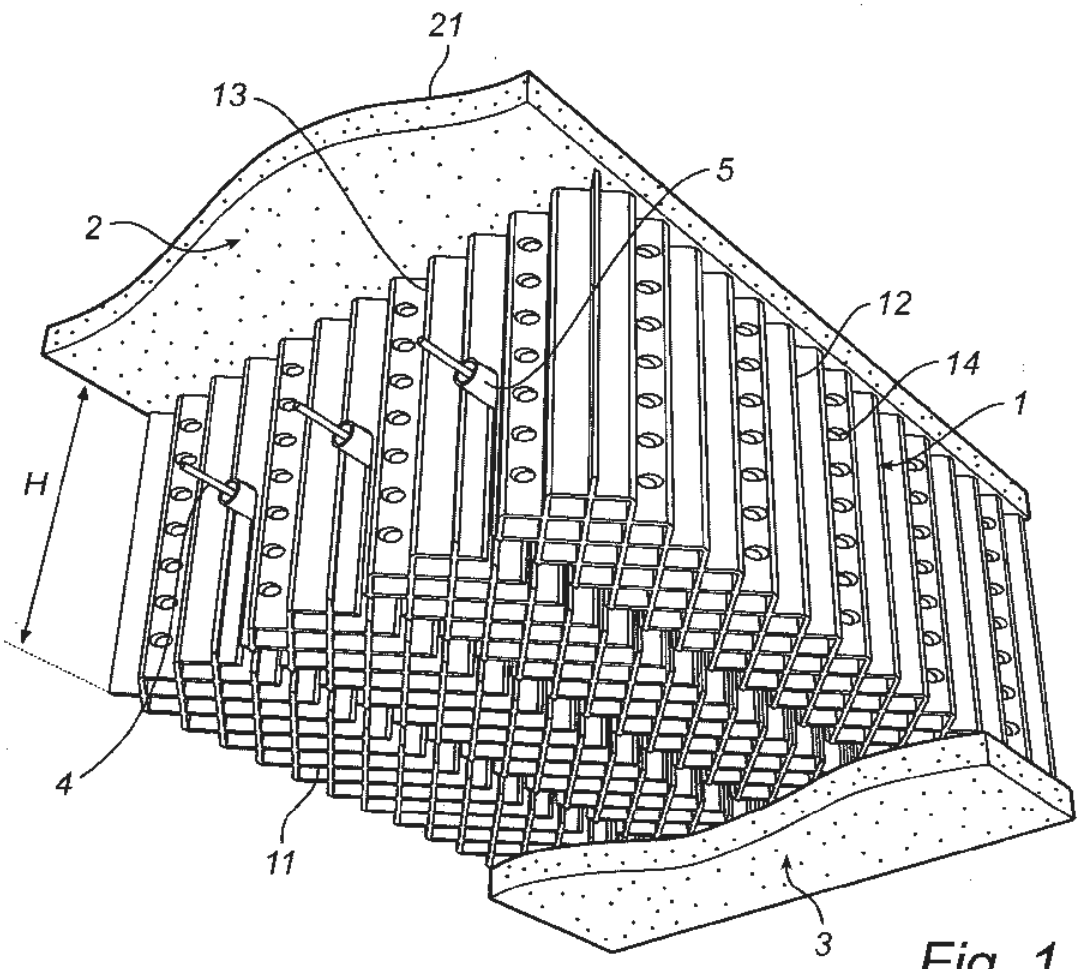

Fig. 1

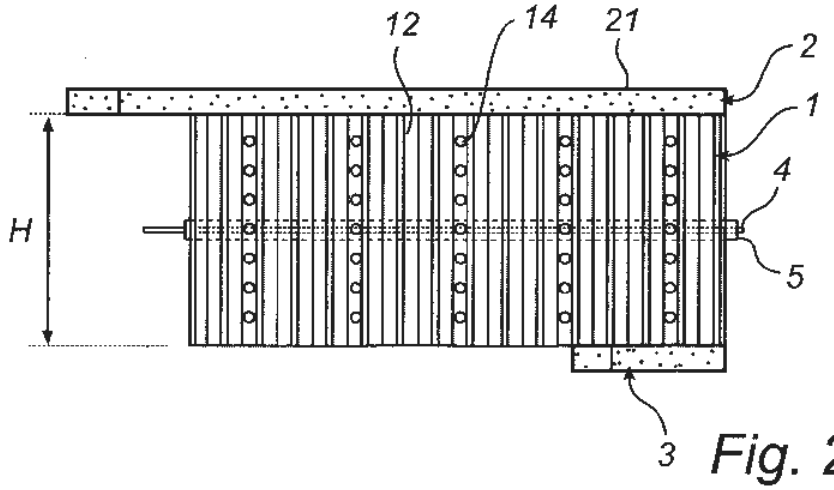

Fig. 2

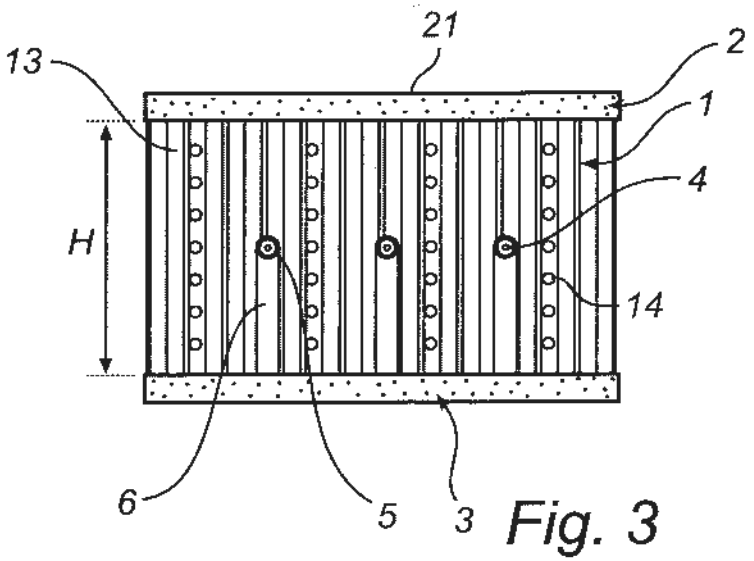

Fig. 3

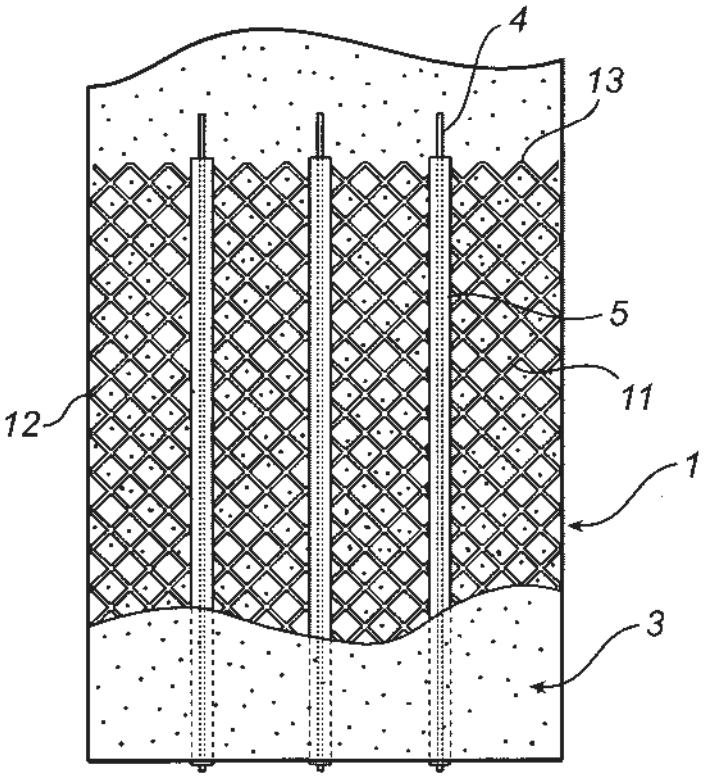

Fig. 4

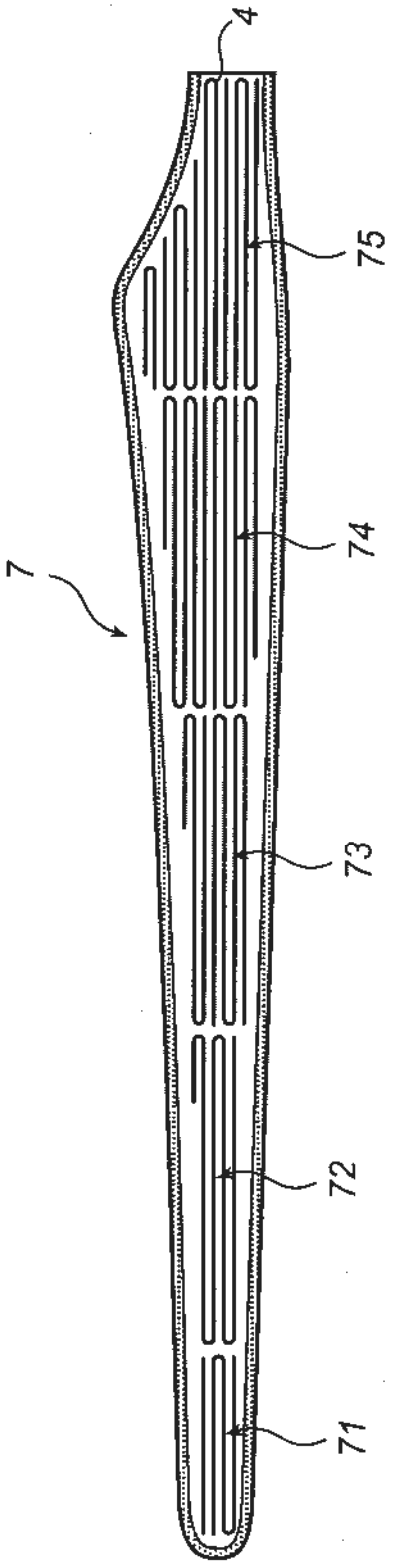

Fig. 5

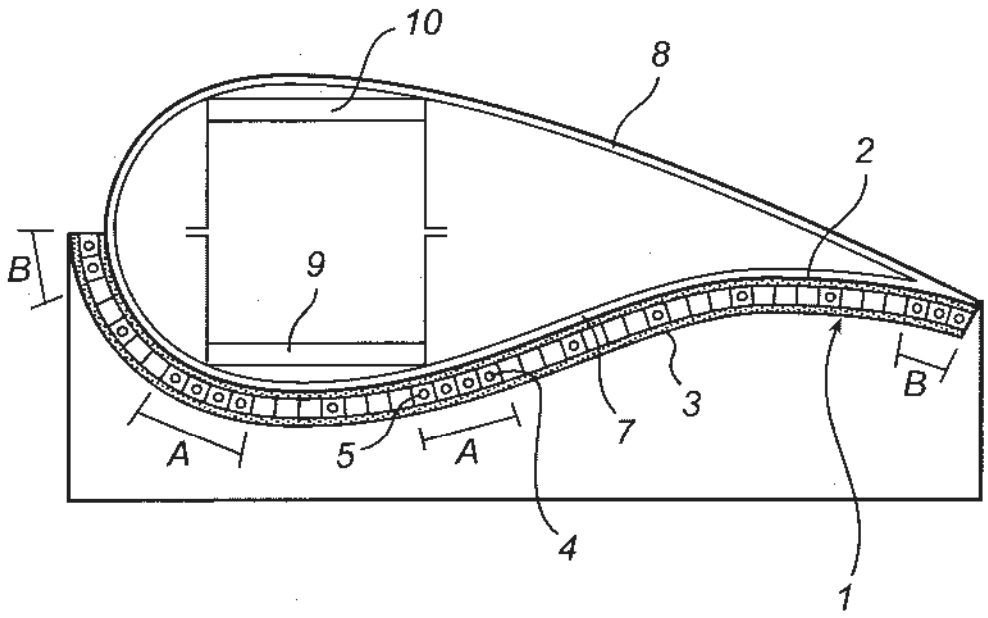

Fig. 6