

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 952**

51 Int. Cl.:

B29C 33/02 (2006.01)

B29C 33/38 (2006.01)

B29C 35/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.02.2010 E 10001532 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 2357069**

54 Título: **Molde, aparato y método para fabricar una pieza compuesta que incluye al menos una matriz reforzada con fibras**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2013

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**CHRISTIANSEN, LARS, FUGLSANG;
HANSEN, SVEND LYNGE SCHULTZ;
JACOBSEN, IB;
JAKOBSEN, JOHNNY y
JENSEN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 396 952 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Molde, aparato y método para fabricar una pieza compuesta que incluye al menos una matriz reforzada con fibras

5 La invención se refiere a un molde para fabricar una pieza compuesta que incluye al menos una matriz reforzada con fibras para fabricar una pieza compuesta que incluye al menos una matriz reforzada con fibras, en particular una pala de turbina eólica.

10 Las piezas compuestas muestran propiedades mecánicas extraordinarias. Por tanto, piezas compuestas han adquirido popularidad en productos de alto rendimiento que es necesario que sean ligeros, aunque lo suficientemente resistentes para soportar condiciones de carga duras tales como los componentes aeroespaciales (alas o hélices), cascos para embarcaciones, marcos de bicicleta, carrocerías de coches de carreras o palas de turbina eólica. Mientras la fabricación de tales piezas compuestas que incluyen uno o más materiales de fibra dentro de una matriz de tipo resina duroplástica o termoplástica, por ejemplo una pala de turbina eólica, habitualmente una pluralidad de capas compuestas de fibras se forman dentro de uno o más moldes junto con otras piezas de estructura y la matriz de tipo resina se inyecta en el/los molde(s) preferiblemente con la aplicación de presiones bajas.

20 El documento EP 1 310 351 B1 se refiere a un método para fabricar palas de turbina eólica en un molde cerrado con un núcleo de molde dentro de partes de molde superior e inferior que forman una cavidad de molde en forma de la pala de turbina eólica. Después de colocar el material de fibras y el material de núcleo en la cavidad de molde, se aplica un vacío y se inyecta la matriz de tipo resina curable a través de un tubo de llenado. Para curar la matriz de tipo resina tiene que realizarse un perfil de temperatura especial. Por tanto, es necesario ajustar y monitorizar diversas rampas de calentamiento y enfriamiento y/o mesetas de temperatura mientras que se cura la matriz de tipo resina formando la pala de turbina eólica.

30 Una estructura de molde tradicional tal como se usa en el documento EP 1 310 351 B1 mencionado anteriormente comprende un material laminado compuesto de fibras de monolito de determinado grosor que tiene tubos de agua hechos de cobre junto con una malla de cobre montada por debajo del material laminado. Los tubos se aíslan habitualmente con un material de espuma, por consiguiente predominantemente se hace que el calentamiento y enfriamiento respectivamente progresen a través del material laminado y no a los alrededores.

35 Los tubos de agua hechos de cobre junto con la malla son componentes pesados, que requieren un material laminado resistente, es decir, grueso para llevar los tubos y la malla. Adicionalmente, el material laminado debe garantizar que las variaciones de temperatura no afecten a la forma de la(s) piezas(s) moldeada(s). Por tanto, la transferencia de calor desde el agua en los tubos a la superficie exterior del molde y además en una superficie de la estructura de molde está limitada y es lenta debido a la conductividad térmica relativamente baja de los materiales usados.

40 Por tanto, la única posibilidad para controlar de manera apropiada el calentamiento o enfriamiento se logra midiendo la temperatura del flujo de entrada y la temperatura del flujo de salida del fluido que fluye a través de los tubos.

45 Por tanto, el control de los procesos de calentamiento y enfriamiento supone un reto. Cuánto calentamiento o enfriamiento es necesario y durante cuánto tiempo debe aplicarse la temperatura depende principalmente del grosor del molde y el medio de calentamiento y enfriamiento aplicado.

50 Así supone una cuestión decisiva cómo reducir el grosor del material laminado del molde para lograr una respuesta térmica de reacción más rápida para un mejor control del proceso, sin comprometer la integridad estructural del molde.

Los moldes delgados dan lugar a estructuras de molde inestables, débiles desde el punto de vista mecánico sensibles a las variaciones térmicas y que provocan grandes diferencias en la forma de las piezas moldeadas. Además, los moldes delgados pueden romperse fácilmente.

55 El objeto de la presente invención es proporcionar un molde mejorado que permita una mejor capacidad de control del proceso de fabricación de piezas compuestas.

60 Esto se logra mediante el molde mencionado anteriormente, que comprende al menos una capa de núcleo de aislamiento térmico dispuesta entre al menos una capa laminada exterior y al menos una capa laminada interior y al menos un medio de calentamiento y/o enfriamiento dispuesto en contacto con o muy próximo a la capa laminada interior y/o exterior.

65 Con la al menos una capa de núcleo de aislamiento térmico dispuesta entre la al menos una capa laminada exterior y la al menos una capa laminada interior el molde según la invención comprende un panel o estructura de tipo sándwich que tiene dos capas laminadas interior y exterior resistentes, rígidas separadas por la capa de núcleo de aislamiento térmico preferiblemente ligera. La separación de las capas laminadas interior y exterior, que realmente

llevan la carga, mediante un núcleo de baja densidad aumenta el momento de inercia del panel con un aumento reducido del peso produciendo una estructura eficiente. Las propiedades mecánicas del sándwich dependen de la capa de núcleo de aislamiento térmico y los materiales de la capa laminada interior y exterior así como el grosor de la capa de núcleo de aislamiento térmico y las capas laminadas interior y/o exterior respectivamente. El molde según la invención da lugar a capas laminadas interior y/o exterior más delgadas en comparación con el molde dado a conocer en la técnica anterior.

El al menos un medio de calentamiento y/o enfriamiento dispuesto en contacto con o muy próximo a la capa laminada interior y/o exterior proporciona además con las capas laminadas interior y/o exterior más delgadas una transferencia de calor mejorada a y a través de las capas laminadas interior y/o exterior. Además, son factibles tiempos de reacción y latentes más cortos (el tiempo para que el molde se caliente desde una temperatura inicial hasta una determinada temperatura de trabajo dependiente del proceso). Por tanto, el molde puede calentarse o enfriarse más rápido, lo que tiene efectos importantes sobre la pieza que va a construirse. En caso necesario pueden alcanzarse rampas de temperaturas marcadas para ahorrar energía de proceso. Por tanto, el molde según la invención tiene una capacidad de ajuste de temperatura mejor y más rápido y da lugar a un proceso que puede controlarse mejor.

Es posible que el molde comprenda un medio de calentamiento y/o enfriamiento dispuesto en contacto con o muy próximo o bien a la capa laminada interior o bien a la capa laminada exterior. Asimismo, el medio de calentamiento y/o enfriamiento puede estar dispuesto en contacto con o muy próximo a ambas capas laminadas interior y exterior, lo que es ventajoso con respecto a la formación del esfuerzo inducido térmico, por ejemplo la carga térmica del molde provocada por un gradiente de temperatura entre las capas laminadas interior y exterior. La forma de la disposición y el número total de medios de calentamiento y/o enfriamiento implicados dentro del molde depende de las dimensiones de la pieza compuesta y los materiales empleados.

Preferiblemente, el medio de calentamiento y/o enfriamiento está dispuesto en al menos un rebaje dentro de la capa de núcleo de aislamiento térmico y/o la capa laminada interior y/o la exterior, o está expuesto sobre la capa de núcleo de aislamiento térmico o está moldeado en el interior de la capa de núcleo de aislamiento térmico y/o la capa laminada interior y/o exterior. Por tanto, la invención da a conocer diversas ubicaciones posibles para disponer el medio de calentamiento y/o enfriamiento, que pueden considerarse en combinación o como alternativas. Son posibles rebajes de tipo ranuras, muescas o aberturas similares para alojar el medio de calentamiento y/o enfriamiento dentro de la capa de núcleo de aislamiento térmico y/o las capas laminadas interior y/o exterior. Además, es posible, disponer el medio de calentamiento y/o enfriamiento sobre, por ejemplo encima de la superficie o áreas cerca de la superficie de la capa de núcleo de aislamiento térmico.

De manera similar, es factible el moldeo del medio de calentamiento y/o enfriamiento en el interior de la capa de núcleo de aislamiento térmico y/o las capas laminadas interior y/o exterior. Todas las disposiciones son bajo la premisa de que el medio de calentamiento y/o enfriamiento proporciona una transferencia de calor apropiada y rápida a las capas laminadas interior y/o exterior y además a la pieza compuesta. El molde según la invención puede templarse fácil y rápidamente, es decir, ajustarse hasta una temperatura deseada.

El medio de calentamiento y/o enfriamiento comprende al menos un tubo para transportar un agente de calentamiento y/o enfriamiento por lo que preferiblemente los tubos están al menos parcialmente rodeados por hilos de calentamiento eléctricos. Los tubos están enrollados a través del molde preferiblemente en una estructura de tipo meandro. Los hilos de calentamiento eléctricos también pueden colocarse, no obstante, por encima o por debajo de los tubos de calentamiento. El molde según la invención puede calentarse o enfriarse respectivamente usando diferentes fuentes de calentamiento. Una es un agente de calentamiento y/o enfriamiento de fluido, por lo que el medio de calentamiento y/o enfriamiento está construido como tubo o similar que transporta el agente de calentamiento y/o enfriamiento líquido o gaseoso o vaporoso. Generalmente, por agentes de calentamiento y/o enfriamiento se hace referencia a cualquier fluido que pueda transportar el calor desde una fuente caliente o fría, o bien directamente o bien a través de un dispositivo de calentamiento adecuado, a una sustancia o espacio que va a calentarse o enfriarse. Como ejemplo se indica el agua debido a su alta capacidad térmica.

En segundo lugar, el medio de calentamiento puede comprender hilos eléctricos, por tanto, el molde se temple a través de la aplicación de una corriente eléctrica apropiada, lo que supone un método muy rápido para calentar un objeto. Preferiblemente, los hilos eléctricos rodean al menos parcialmente los tubos de calentamiento y/o enfriamiento mencionados anteriormente que representan una posible combinación de los tubos y los hilos. Pueden utilizarse hilos de metal o una aleación con una sección transversal circular y una resistencia eléctrica adecuada por unidad de longitud, lo que da como resultado una generación de calor deseada en el hilo con la tensión o corriente aplicada. Un ejemplo apropiado sería un hilo hecho de una aleación a base de níquel-cromo.

Asimismo, es posible, que el molde comprenda áreas que tienen sólo hilos de calentamiento eléctricos como medio de calentamiento y áreas que tienen sólo tubos o tubos como medio de calentamiento y/o enfriamiento rodeados por hilos de calentamiento eléctricos.

El molde tiene al menos un sensor para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente

- de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento. De este modo se miden y pueden monitorizarse todos los parámetros relevantes para el proceso. Los parámetros del proceso son principalmente flujo, temperatura y potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o la potencia de calentamiento de los hilos de calentamiento eléctricos. Preferiblemente, los sensores están asociados a cada uno del medio de calentamiento y/o enfriamiento. Asimismo, es posible, que sólo un medio de calentamiento y/o enfriamiento particular comprenda estos sensores. Con referencia a la estructura de tipo meandro mencionada anteriormente de los tubos, es concebible que sólo cada segundo devanado presente uno o más sensores por ejemplo.
- En otra realización de la invención, al menos un sensor térmico está dispuesto en o en el interior de la capa laminada interior y/o exterior para determinar la temperatura de la capa laminada interior y/o exterior. Los sensores térmicos permiten una medición rápida y precisa de temperatura o cambios de temperatura respectivamente dentro del área inmediata del sensor térmico. Puede colocarse por separado una pluralidad de sensores térmicos o formar disposiciones en diversas posiciones dentro del molde.
- Es conveniente disponer un agente de acoplamiento que refuerce la unión entre la al menos una capa de núcleo de aislamiento térmico y la capa laminada interior y/o exterior entre la al menos una capa de núcleo de aislamiento térmico y la capa laminada interior y/o exterior. Por tanto, se proporciona una unión apropiada que evita la delaminación entre las capas laminadas interior y/o exterior y la capa de núcleo de aislamiento térmico. Agentes de acoplamiento en términos de la invención pueden ser métodos de activación de superficie o adhesivos habituales tales como tratamientos de plasma o corona o cualquier combinación de los mismos. En el caso de un medio de calentamiento y/o enfriamiento dispuesto sobre la capa de núcleo de aislamiento térmico, unas capas de fieltro de vidrio o similar pueden actuar como agente de acoplamiento y, por tanto, mejorar la unión entre las capas de núcleo de aislamiento térmico y las capas laminadas interior y/o exterior con inserción del medio de calentamiento y/o enfriamiento.
- Preferiblemente, las capas laminadas interior y exterior están hechas de un material compuesto de fibras, por ejemplo de fibra de vidrio, fibra inorgánica o fibra de carbono o una combinación de dichas fibras dentro de una matriz de resina curada, y la capa de núcleo de aislamiento térmico está hecha de madera de balsa, material de espuma polimérica o una combinación de los mismos. Los materiales reforzados con fibras son materiales compuestos hechos de una matriz polimérica reforzada con una o más capas de uno o más tipos de fibras. Las fibras son habitualmente a base de vidrio, carbono o aramida, mientras que la matriz comprende habitualmente una resina epoxídica, éster vinílico o poliéster o diversos polímeros duroplásticos o termoplásticos duraderos. La especificación de la orientación de las fibras de refuerzo o capas de fibras puede aumentar la solidez y resistencia frente a la deformación del molde, pero también la conductancia térmica de las capas. En caso necesario pueden proporcionarse agentes de acoplamiento tal como se mencionó anteriormente entre capas individuales o una estructura multicapa. Los materiales adecuados para las capas laminadas interior y/o exterior generalmente tienen buenas propiedades mecánicas especialmente con respecto a dureza y rigidez.
- La capa de núcleo de aislamiento térmico está hecha preferiblemente a partir de madera de balsa u otros tipos de maderas ligeras o cualquier material de espuma polimérica como espuma a base de poliuretano o poliestireno o cualquier combinación de los mismos. Los materiales adecuados para las capas de núcleo tienen generalmente un peso bajo y una conductividad térmica baja.
- El grosor de la capa laminada interior y/o exterior está dentro de un intervalo de desde 12 a 4 mm, preferiblemente de 8 mm. En comparación con los moldes conocidos del estado de la técnica puede lograrse una reducción del grosor del material laminado de hasta el 70% dando lugar a las mejores propiedades de calentamiento y/o enfriamiento mencionadas anteriormente del molde según la invención. Evidentemente otras dimensiones de las capas laminadas interior y/o exterior también están dentro del alcance de la invención, aunque es deseable una reducción del grosor. Además, la invención se refiere a un aparato para fabricar una pieza compuesta, especialmente una pala de turbina eólica, que comprende al menos un molde tal como se describió anteriormente que puede conectarse o conectado con un sistema de calentamiento y/o enfriamiento con una unidad de control para controlar el proceso de calentamiento y/o enfriamiento del molde. El aparato según la invención conecta el molde con un sistema de calentamiento y/o enfriamiento con una unidad de control dando lugar a una fabricación optimizada, en particular a un proceso de curado, de la pieza que va a construirse mediante la previsión de un control mejorado del calentamiento y/o enfriamiento, por ejemplo templado, del molde. Mientras tienen que mantenerse perfiles de temperatura estrictos de las piezas compuestas de fabricación con respecto al curado de la pieza para obtener productos de alta calidad. Esto requiere un ajuste y control exactos de la temperatura y/o gradientes de temperatura y en caso necesario otros parámetros relevantes para el proceso en el molde. La conexión del molde según la invención con un sistema de calentamiento y/o enfriamiento con una unidad de control hace posible optimizar la fabricación de piezas compuestas y lleva a mejores productos en comparación con las técnicas de moldeo existentes.
- En una realización preferida de la invención el molde comprende al menos un sensor para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento y/o al menos un sensor térmico dispuesto en o en el interior de la capa laminada

interior y/o exterior, por lo que la unidad de control está construida para recibir y procesar datos desde el sensor generando datos de control para controlar el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Por tanto, la unidad de control puede monitorizar y controlar todos los parámetros relevantes para el proceso a partir de los datos enviados por los sensores distribuidos en diversas posiciones dentro del molde. Los sensores pueden determinar, preferiblemente en tiempo real, datos con respecto a cualquier parámetro relevante para el proceso como el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o la temperatura o potencia de calentamiento del medio de calentamiento y/o enfriamiento, por ejemplo la potencia de calentamiento de los hilos de calentamiento eléctricos así como la temperatura o presión del fluido que fluye a través de los tubos.

Además, los sensores pueden enviar datos que contienen información sobre uno o más parámetros de proceso por ejemplo como una señal de entrada a la unidad de control del sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Se procesan los datos de entrada desde al menos un sensor y se generan datos de control (conjunto de datos) para controlar el sistema de calentamiento y/o enfriamiento por medio de lo cual se lleva a cabo el calentamiento y/o enfriamiento del molde o partes del mismo. De este modo en primer lugar pueden detectarse por ejemplo desviaciones de temperatura no deseadas o desviaciones de otros parámetros de proceso y en segundo lugar pueden ajustarse basándose en los datos de control. Preferiblemente, esto tiene lugar en tiempo real. Por ejemplo, si se proporciona menos calor dentro de una región del molde, los datos de control entregan una señal al medio de calentamiento que aumenta la temperatura en la región en cuestión. Por tanto, la unidad de control ventajosa insertada en o dotada del sistema de calentamiento y/o enfriamiento lleva a un mejor control y capacidad de ajuste de la temperatura del molde durante la fabricación de una pieza compuesta. El número y la disposición de los moldes que comprende el aparato dependen sustancialmente de la geometría de la pieza compuesta.

Además, una unidad de control está adaptada para determinar y controlar el grado de curado de la pieza al menos a partir de los datos del sensor térmico. En esta realización, la unidad de control está adaptada para calcular el grado de curado de la pieza compuesta moldeada según los datos de entrada desde uno o más sensores térmicos por ejemplo dispuestos en la proximidad de la superficie del molde usando uno o más algoritmos matemáticos o similar en tiempo real. Según la invención el proceso de curado de la pieza compuesta que depende principalmente de la temperatura del molde puede ajustarse a través de la unidad de control y el sistema de calentamiento y/o enfriamiento que controla y ajusta el medio de calentamiento y/o enfriamiento y la temperatura del molde.

Asimismo, puede acortarse el tiempo de proceso puesto que puede determinarse de manera clara cuándo ha finalizado el curado de la pieza compuesta y por tanto el molde puede cambiarse del modo de calentamiento al de enfriamiento mediante el sistema de calentamiento y/o enfriamiento basándose en los datos de control por ejemplo. Según la entrada en tiempo real de la temperatura o gradientes de temperatura dentro del molde desde los sensores térmicos puede llegarse a una conclusión sobre la progresión del proceso de curado de la pieza compuesta y el proceso de curado puede controlarse ajustando temperaturas apropiadas dentro del molde mediante el uso del medio de calentamiento y/o enfriamiento.

El sistema de calentamiento y/o enfriamiento comprende preferiblemente al menos una bomba y/o al menos una válvula y/o al menos una fuente de calentamiento y/o enfriamiento que se controla mediante la unidad de control. De este modo, la unidad de control está adaptada para ajustar rápidamente temperaturas de molde apropiadas según los materiales empleados y la progresión del curado además controlando el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Bombas y válvulas del sistema de calentamiento y/o enfriamiento contribuyen a un control preciso del agente de calentamiento y/o enfriamiento dentro del medio de calentamiento y/o enfriamiento y, por tanto, la temperatura del molde, preferiblemente según la progresión de curado de la pieza compuesta. Asimismo, pueden activarse los hilos de calentamiento eléctricos mencionados anteriormente suministrándoles una corriente eléctrica apropiada mediante el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Por tanto, la unidad de control, y por consiguiente el sistema de calentamiento, incorpora y controla cualquier medio para templar, por ejemplo calentar o enfriar, el molde o por áreas separadas del molde respectivamente.

Además, la invención se refiere a un método para fabricar una pieza compuesta, en particular una pala de turbina eólica, que usa el aparato mencionado anteriormente. Junto con el aparato según la invención que comprende el molde según la invención y el sistema de calentamiento y/o enfriamiento según la invención con la unidad de control se mejora significativamente el proceso de fabricación de piezas compuestas en cuanto al control y la duración del proceso basándose predominantemente en una capacidad de ajuste relativamente rápida de la temperatura del molde tanto para calentamiento como para enfriamiento debido a su capa laminada interior y/o exterior comparativamente delgada dando lugar a una transferencia de calor rápida desde la fuente de calor a la pieza compuesta moldeada colocada dentro de una cavidad de molde específica que se expone dentro del molde. Preferiblemente, el aparato comprende una parte de molde superior y una inferior.

Preferiblemente, una unidad de control recibe y procesa datos desde al menos un sensor para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento y/o desde al menos un sensor térmico y genera datos de control (conjunto de datos) para controlar el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. El sistema de control recibe para ello permanentemente información sobre todos los parámetros relevantes para el proceso con respecto al flujo, temperatura y potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento y/o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento

que se envía permanentemente por los sensores por medio de lo cual la unidad de control genera datos de control para controlar el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Por tanto, la unidad de control realiza una monitorización en tiempo real y en caso necesario una optimización de todos los parámetros relevantes para el proceso del proceso de fabricación predominantemente a través de un ajuste rápido y exacto de la temperatura del molde.

De manera favorable, la unidad de control determina el grado de curado de la pieza compuesta al menos a partir de los datos del sensor térmico lo que lleva a un proceso de fabricación de piezas compuestas adicionalmente optimizado debido al rápido ajuste de la temperatura a través del sistema de calentamiento y/o enfriamiento con la unidad de control asociada que puede determinar y predecir la progresión del proceso de curado, por ejemplo el progreso del grado de curado de la pieza compuesta por medio de algoritmos matemáticos implementados en la unidad de control. El proceso de curado puede controlarse o influirse en el mismo mediante un templado rápido de las áreas separadas del molde o todo el molde usando el sistema de calentamiento y/o enfriamiento. Después de que la pieza se haya curado por completo, lo que también puede detectarse mediante la unidad de control basándose principalmente en los datos desde los sensores térmicos, instantáneamente se inicia el enfriamiento del molde y la pieza compuesta curada puede liberarse del molde.

A continuación se describe la invención en detalle haciendo referencia a las figuras, por lo que

la figura 1 muestra una vista en sección transversal principal de un molde según la invención,

la figura 2 muestra una vista principal de un aparato según la invención y

la figura 3 muestra una vista en perspectiva de una parte de molde según la invención para fabricar una pala de turbina eólica.

La figura 1 muestra una vista en sección transversal principal de un molde 1 según la invención que muestra claramente la estructura de tipo sándwich del molde 1. El molde 1 comprende una capa 2 de núcleo de aislamiento térmico hecha de material de espuma polimérica de aislamiento térmico, como espuma de poliuretano por ejemplo, o de manera preferible hecha de madera de balsa dispuesta entre unas capas 3, 4 laminadas interior y exterior ambas hechas de un montón, por ejemplo una pluralidad de capas colocadas en determinadas direcciones de fibras de vidrio en una matriz de poliuretano de tipo resina. En caso necesario, las capas 3, 4 laminadas interior y exterior pueden diferir en cuanto a sus materiales, de modo que la capa 3 laminada interior puede estar hecha de un material compuesto de carbono y la capa 4 laminada exterior puede estar hecha de fibra de vidrio o cualquier otro material compuesto por ejemplo. Una capa 9 adhesiva refuerza la unión entre la capa 2 de núcleo de aislamiento térmico y las capas 3, 4 laminadas interior y exterior. La capa 9 adhesiva está dispuesta entre la capa 2 de núcleo de aislamiento térmico y las capas 3, 4 laminadas interior y exterior.

Unos rebajes en forma de muescas 5 están dispuestos dentro de la capa 2 de núcleo de aislamiento térmico en contacto con la capa 3 laminada interior y alojan tubos 6, estando rodeado cada uno por hilos 7 eléctricos enrollados alrededor de los tubos 6 que actúan como medio de calentamiento y/o enfriamiento transportando un agente de calentamiento y/o enfriamiento como agua por ejemplo. Debido a un grosor reducido de la capa 3, 4 laminada interior y exterior el molde 1 muestra una repuesta más rápida al calentamiento o enfriamiento respectivamente dando lugar a un proceso de fabricación acortado de una pieza compuesta. El grosor de las capas 3, 4 laminadas interior y exterior es de aproximadamente 8 mm.

Las líneas de puntos indican una disposición opcional de muescas 5', tubos 6' e hilos 7' eléctricos adicionales dispuestos en contacto con la capa 4 laminada exterior, lo que puede ser ventajoso puesto que evitan la aparición de un esfuerzo inducido térmico dentro del molde 1 debido a los gradientes de temperatura entre las capas 3, 4 laminadas interior y exterior.

Los tubos 6, 6' están dispuestos dentro del molde 1 en una estructura de tipo meandro, enrollada. Los tubos 6' e hilos 7' eléctricos pueden considerarse como un ciclo de calentamiento y/o enfriamiento adicional o estar conectados de otro modo a los tubos 6 e hilos 7 eléctricos formando un ciclo de calentamiento y/o enfriamiento combinado.

Los sensores 17 para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento que fluye a través de los tubos 6, 6' o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento están relacionados con los tubos, 6, 6' o los hilos 7, 7' eléctricos. Por tanto, por ejemplo puede lograrse una medición permanente o intermitente de temperatura, presión, flujo de agua o cualquier otro líquido que actúe como agente de calentamiento o enfriamiento respectivamente que se desplace a través de los tubos 6, 6'. Además, puede medirse la temperatura o potencia de calentamiento de los hilos 7, 7' eléctricos. También pueden proporcionarse sensores 17' análogos.

Además, unos sensores 8, 8' térmicos están distribuidos en determinadas ubicaciones dentro del molde 1. La figura 1 muestra los sensores 8 térmicos dispuestos en y dentro de la capa 3 laminada interior, que determinan la temperatura como ubicaciones específicas dentro de esta área del molde 1. Como puede observarse, los sensores 8

térmicos también pueden estar integrados dentro de la capa 3 laminada interior o en la superficie del molde. Los sensores 8' térmicos (con puntos) pueden estar presentes también según el caso en la capa 4 laminada exterior.

5 La figura 2 muestra una vista principal de un aparato 10 según la invención que comprende un molde 1 conectado a un sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento con una unidad 12 de control asociada para controlar el proceso de calentamiento y/o enfriamiento del molde 1. Por tanto, el sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento comprende una o más bombas o una o más válvulas y una o más fuentes de calentamiento y/o enfriamiento como los calentadores o enfriadores habituales para el calentamiento o enfriamiento de un fluido en circulación hasta una temperatura deseada antes de permitir que fluya a través de los tubos (no se muestra). Se proporciona un medio conector apropiado para conectar el sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento al molde 1 como líneas 13, 14 de entrada y salida. El sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento y los tubos 6 forman un ciclo cerrado en el que circula el agente. Según la invención es factible monitorizar todos los parámetros relevantes para el proceso en tiempo real porque el molde 1 comprende sensores 17 para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento y/o al menos un sensor 8 térmico dispuesto en o en el interior de la capa 3, 4 laminada interior y/o exterior permanente o intermitentemente enviando señales a la unidad 12 de control a través de unidades de envío y recepción apropiadas en forma de medios de conexión inalámbrica o por cable. La unidad 12 de control recibe y procesa datos desde los sensores 8, 17 y genera datos de control (conjunto de datos) para controlar el sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento. Como ejemplo, los datos de control generados por la unidad 12 de control basándose en las señales de entrada desde los sensores 8 térmicos dan lugar al calentamiento de todo el molde 1 o simplemente partes del mismo. Por tanto, se accionan las bombas para suministrar más fluido calentado o enfriado a través de los tubos 6 calentando o enfriando el molde 1 o partes del mismo respectivamente. Adicionalmente, los hilos 7 eléctricos pueden suministrarse con una corriente eléctrica superior o inferior aumentando o disminuyendo su potencia de calentamiento del mismo modo.

25 Es posible, que la unidad 12 de control esté adaptada para determinar el grado de curado de una pieza compuesta moldeada a partir de los datos enviados desde los sensores 8 térmicos usando algoritmos matemáticos. Esto da lugar a una pluralidad de ventajas con respecto a mejores productos puesto que cada producto se cura por completo después de haberse liberado del molde 1, tiempos de proceso más cortos, puesto que puede determinarse de manera concisa cuándo ha finalizado el curado de la pieza, así como un mejor control del proceso de curado, por ejemplo pueden detectarse desviaciones de temperatura y de curado posteriores y pueden corregirse mediante el sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento asociado dando lugar a un calentamiento y/o enfriamiento isotrópico del molde y además el curado de la pieza compuesta.

35 La figura 3 muestra una vista en perspectiva de una parte 15 del molde según la invención para fabricar una pala de turbina eólica. Evidentemente pueden fabricarse todos los demás tipos y formas de piezas compuestas con el molde según la invención y el aparato según la invención respectivamente. Sólo se muestra una parte 15 del molde 1, por lo que la parte que falta tiene esencialmente la misma forma que la parte 15. Ambas partes forman una cavidad 16 de molde, en la que se colocan los materiales de fibra y en caso necesario un núcleo de molde (no se muestran) y después de cerrar el molde y en caso necesario aplicar un vacío se inyecta una matriz curable de tipo resina. La temperatura se aumenta en el siguiente inicio del proceso de curado. Todos los datos relevantes para el proceso se envían en tiempo real desde diversos sensores distribuidos dentro del molde debido a la unidad 12 de control (compárese con la figura 2), que recibe, procesa y monitoriza los datos de entrada y genera datos de control para controlar el sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento (compárese con la figura 2) para ajustar individualmente la temperatura del molde o partes separadas del mismo.

Además, al método según la invención ofrece también una determinación del grado de curado de la pieza moldeada en conjunto o por partes a través de los datos de entrada al menos desde los sensores 8, 8' térmicos (figuras 1, 2) usando algoritmos específicos que permiten obtener conclusiones sobre el proceso de curado.

50 La invención ofrece una capacidad de ajuste rápida y precisa de la temperatura del molde 1 o partes del mismo por medio del sistema 11 de calentamiento y/o enfriamiento con la unidad 12 de control asociada e incluso permite determinar e influir en el grado de curado de la pieza compuesta moldeada a través de una interacción de la unidad de control y el sistema de calentamiento y/o enfriamiento con el molde 1.

REIVINDICACIONES

1. Molde (1) para fabricar una pieza compuesta que incluye al menos una matriz reforzada con fibras, en particular una pala de turbina eólica, que comprende
- 5 - al menos una capa (2) de núcleo de aislamiento térmico dispuesta entre al menos una capa (3) laminada interior y al menos una capa (4) laminada exterior y
- al menos un medio de calentamiento y/o enfriamiento dispuesto en contacto con o muy próximo a la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior, por lo que
- 10 - el medio de calentamiento y/o enfriamiento comprende al menos un tubo (6, 6') para transportar un agente de calentamiento y/o enfriamiento, y
- el molde (1) comprende al menos un sensor (17, 17') para determinar el flujo y/o la potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento.
- 15
2. Molde según la reivindicación 1, en el que el medio de calentamiento y/o enfriamiento está dispuesto en al menos un rebaje (5, 5') dentro de la capa (2) de núcleo de aislamiento térmico y/o la capa (3, 4) laminada interior y/o la exterior, o está dispuesto sobre la capa (2) de núcleo de aislamiento térmico o está moldeado en el interior de la capa (2) de núcleo de aislamiento térmico y/o la capa (3, 4) laminada interior y/o la exterior.
- 20
3. Molde según la reivindicación 1 ó 2, en el que el medio de calentamiento y/o enfriamiento comprende hilos (7, 7') de calentamiento eléctricos, por lo que preferiblemente los tubos (6, 6') están al menos parcialmente rodeados por los hilos (7, 7') de calentamiento eléctricos.
- 25
4. Molde según una de las reivindicaciones anteriores, que tiene al menos un sensor (17, 17') para determinar la temperatura del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento.
- 30
5. Molde según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos un sensor (8, 8') térmico está dispuesto en o en el interior de la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior para determinar la temperatura de la capa (3, 4) interior y/o exterior.
- 35
6. Molde según una de las reivindicaciones anteriores, en el que un agente (9) de acoplamiento que refuerza la unión entre la al menos una capa (2) de núcleo de aislamiento térmico y la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior está dispuesto entre la al menos una capa (2) de núcleo de aislamiento térmico y la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior.
- 40
7. Molde según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las capas (3, 4) laminadas interior y exterior están hechas de un material compuesto de fibras, preferiblemente de fibra de vidrio, fibra inorgánica o fibra de carbono o una combinación de dichas fibras dentro de una matriz de resina curada, y la capa (2) de núcleo de aislamiento térmico está hecha de madera de balsa, material de espuma polimérica o una combinación de los mismos.
- 45
8. Molde según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el grosor de la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior está dentro de un intervalo de desde 12 hasta 4 mm, preferiblemente de 8 mm.
- 50
9. Aparato para fabricar una pieza compuesta, especialmente una pala de turbina eólica, que comprende al menos un molde (1) según una de las reivindicaciones anteriores, que puede conectarse o conectado con un sistema (11) de calentamiento y/o enfriamiento con una unidad (12) de control para controlar el proceso de calentamiento y/o enfriamiento del molde (1).
- 55
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que el molde (1) comprende al menos un sensor (17) para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento y/o al menos un sensor (8) térmico dispuesto en o en el interior de la capa (3, 4) laminada interior y/o exterior, por lo que la unidad (12) de control está construida para recibir y procesar datos desde los sensores (17, 8) generando datos de control para controlar el sistema (11) de calentamiento y/o enfriamiento.
- 60
11. Aparato según la reivindicación 9, en el que la unidad (12) de control está adaptada para determinar y controlar el grado de curado de la pieza al menos a partir de los datos del sensor (8) térmico.
- 65
12. Aparato según una de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el sistema (11) de calentamiento y/o enfriamiento comprende al menos una bomba y/o al menos una válvula y/o al menos una fuente de calentamiento y/o enfriamiento que se controla mediante la unidad (12) de control.

13. Método para fabricar una pieza compuesta, en particular una pala de turbina eólica, que usa el aparato (10) según una de las reivindicaciones 9 a 12.
- 5 14. Método según la reivindicación 13, en el que la unidad (12) de control recibe y procesa datos desde al menos un sensor (17) para determinar el flujo y/o temperatura y/o potencia de calentamiento del agente de calentamiento y/o enfriamiento o el propio medio de calentamiento y/o enfriamiento y/o desde al menos un sensor (8) térmico y genera datos de control para controlar el sistema (11) de calentamiento y/o enfriamiento.
- 10 15. Método según la reivindicación 13 ó 14, en el que la unidad (12) de control determina el grado de curado de la pieza compuesta al menos a partir de los datos del sensor (8) térmico.

FIG 1

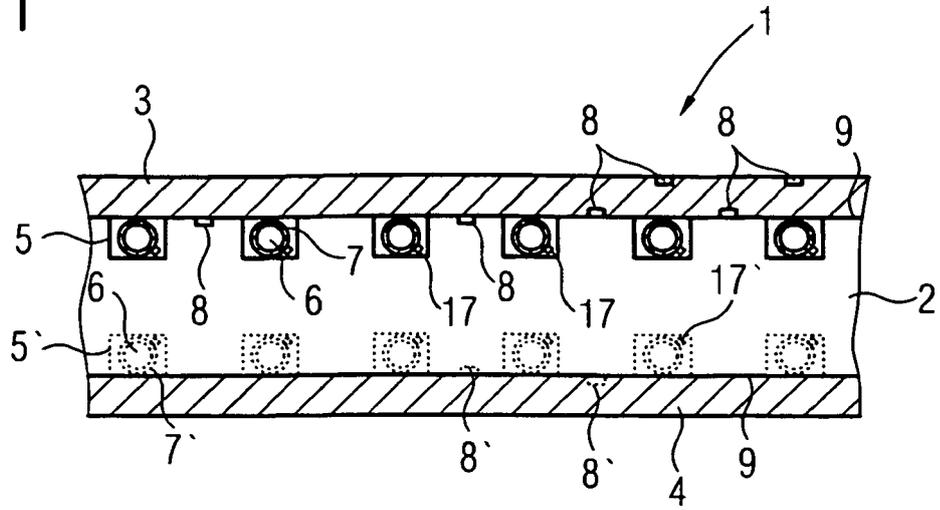


FIG 2

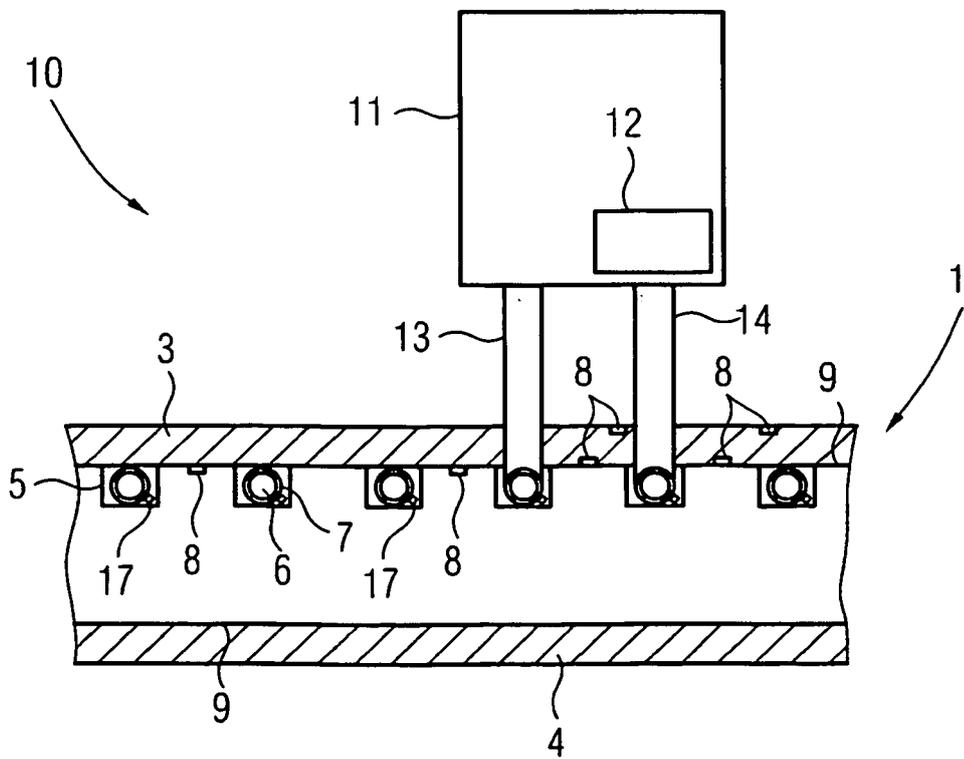


FIG 3

