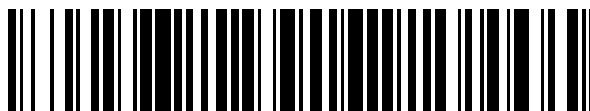


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 178**

51 Int. Cl.:

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 70/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2008** **E 08718866 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **02.12.2009** **EP 2125344**

54 Título: **Fabricación de una moldura de material compuesto reforzado con fibra**

30 Prioridad:

29.03.2007 GB 0706198

19.10.2007 GB 0720585

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.01.2013

73 Titular/es:

GURIT (UK) LTD. (100.0%)
ST CROSS BUSINESS PARK NEWPORT
ISLE OF WIGHT PO30 5WU, GB

72 Inventor/es:

JONES, DANIEL, THOMAS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 394 178 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

Fabricación de una moldura de material compuesto reforzado con fibra

La presente invención versa acerca de un procedimiento de fabricación de una moldura de material compuesto reforzada con fibras. En particular, la presente invención versa acerca de la fabricación de una moldura de material compuesto reforzada con fibras adecuada para grandes estructuras de material compuesto, tales como palas de turbina, puentes y cascos de buque.

Los tres procedimientos principales de procesamiento de termoendurecimiento de material compuesto usados actualmente para la fabricación de palas de turbina son:

1. laminado en húmedo (también denominado moldeo abierto): en este procedimiento, la resina termoendurecible puede endurecerse en condiciones ambiente, pero los instrumentos se calientan habitualmente hasta una temperatura elevada, 50-90°C, para acelerar el proceso de endurecimiento de la resina;
2. el uso de materiales preimpregnados y el material compuesto preimpregnado seco al tacto, del propio solicitante, comercializado con el nombre de producto SPRINT®. Tales materiales se endurecen normalmente a una temperatura elevada entre 85°C y 120°C; y
3. moldeo de transferencia de resina asistido por vacío (también denominado VARTM, infusión de resina o infusión al vacío): en este procedimiento se infunde resina líquida al vacío en un compuesto de fibras secas, y luego puede endurecer en condiciones ambiente, aunque los instrumentos (es decir, los moldes) se calientan habitualmente hasta una temperatura elevada entre 50 y 90°C para acelerar el proceso de endurecimiento.

Los dos conceptos principales de diseño de una turbina eólica son el concepto del mástil estructural y el concepto de la envoltura estructural. En el concepto del mástil estructural, se fabrica una viga separada de soporte de carga y se une en dos secciones de perfil aerodinámico. En el concepto de la envoltura estructural, se fabrican dos envolturas exteriores de perfil aerodinámico que contienen los principales materiales estructurales de fibra. Luego se usa una banda separada de cizalladura para proporcionar la conexión de cizalladura para formar la viga estructural.

Cuando se usan procedimientos de laminado en mojado o de infusión de resina (VARTM), es sumamente común usar el concepto de diseño de envoltura estructural. La mayoría del laminado de material compuesto es unidireccional (UD) para dar a la turbina su rigidez a la flexión en el sentido de la hoja. Los restantes materiales de fibra son habitualmente productos multiaxiales cosidos para dar refuerzo de cizalladura. También se usan núcleos de espuma o de madera para dar rigidez localmente las secciones de la pala. En la porción principal de la viga estructural, el laminado reforzado con fibras puede superar los 30 mm de espesor, y puede alcanzar un grosor de 80 mm en algunas de las palabras mayores del mercado, para dar la rigidez y la resistencia necesarias. En la porción principal de la viga, el material UD es intercalado en distintos puntos con materiales biaxiales para dar la necesaria resistencia a la cizalladura, porque en estas secciones gruesas se producirían grietas transversales si no estuvieran reforzadas periódicamente de esta manera.

Cuando se usan sistemas de resina con endurecimiento a temperatura ambiente, puede ocurrir una elevación significativa de la temperatura en estas secciones gruesas debido a la generación de calor exotérmico del proceso de endurecimiento. Para permitir esta exotermia y poder introducir calor para acelerar la velocidad de endurecimiento, normalmente se requeriría un instrumento tolerante a temperaturas típicamente de 90-130 grados centígrados. Esto aumenta el costo y la complejidad del instrumento.

Para fabricar manipulables las fibras unidireccionales en el molde, las fibras UD son suministras como un tejido prefabricado que actúa manteniendo juntas las fibras. Este procedimiento añade costo e introduce ondulación en la fibra, lo que disminuye su resistencia, particularmente en la compresión. En secciones gruesas de material compuesto, se ha demostrado que también los tejidos unidireccionales de fibra de carbono son difíciles de impregnar de manera fiable con un procedimiento de VARTM. Esto se debe principalmente al menor diámetro de las fibras de carbono, lo que lleva a mayor compactación y a una menor permeabilidad al vacío.

La manipulación de grandes volúmenes de fibra de carbono puede llevar a volúmenes significativos de hebras pequeñas y sueltas de fibra de carbono que sean transportadas por el aire, por el desgaste debido a la manipulación del material, lo que es peligroso tanto para la salud como para el equipo eléctrico (dado que pueden formarse cortocircuitos sin querer).

Estos factores hacen sumamente atractivo el uso de preimpregnaciones unidireccionales, ya que el material puede ser impregnado correctamente en la máquina de preimpregnación y ser fabricado directamente a partir de hilados de fibra de bajo coste. En la impregnación, la resina mantiene las fibras juntas y en columnas rectas, manteniendo un módulo compresivo y una resistencia mayores. Con una máquina de preimpregnación resulta más fácil aislar los materiales de fibra seca de forma compacta dentro de un espacio dedicado de extracción para evitar que alguna fibra suelta contamine el área de la fábrica en su conjunto. Una vez impregnada, se limitan las fibras sueltas transportadas por el aire y los peligros asociados de seguridad y eléctricos.

Cuando se considera el costo por kilo para adquirir una preimpregnación en comparación con la fibra seca y la resina asociada de infusión de resina, el costo de la impregnación es más elevado sobre el papel. Es complicado generar el costo punto por punto, ya que a menudo hay un costo de la calidad con los procedimientos de infusión, que, generalmente, son menos fiables que los procedimientos de preimpregnación. Hay también un desperdicio significativo de resina generado en las tuberías de inyección y otros consumibles de infusión que depende de la pieza que se esté fabricando.

Cuando se compara el costo de las preimpregnaciones unidireccionales con respecto a las multiaxiales, la preimpregnación unidireccional tiene un costo por kilo menor, dado que no hay costo alguno asociado con convertir en primer lugar los hilados de fibra en un tejido. Por ello, cuando se compara el costo por kilo de la preimpregnación unidireccional con un tejido unidireccional infundido, la preimpregnación unidireccional es rentable antes de realizar un análisis detallado del costo adicional de los procedimientos de infusión. Existe una diferencia mayor en costo por kilo cuando se compara una preimpregnación multiaxial con respecto a un tejido multiaxial infundido, lo que hace que el análisis de beneficio de costo resulte menos claro.

Las preimpregnaciones unidireccionales tienen propiedades mecánicas mejoradas que permiten que se use una viga de menos capas y menor peso. Por esta razón, ya se usan apilamiento de preimpregnaciones unidireccionales preendurecidas en turbinas eólicas infundidas de resina. En los procedimientos comerciales de fabricación actuales, son laminadas en primer lugar creando un apilamiento, luego se endurecen, después se preparan para su acoplamiento, y luego se insertan en el molde en varias etapas durante el procedimiento de laminado. Estas etapas añaden costo a la pala final. Para hacer manipulables estas planchas preendurecidas hay habitualmente una longitud máxima que puede ser tratada y subida al molde. Habitualmente, se endurecen y se meten como secciones múltiples con juntas biseladas (es decir, ahusadas) separadas longitudinalmente por toda la longitud de la pala, lo que proporciona una zona de debilidad en la pala.

Existe la necesidad en la técnica de una moldura de material compuesto reforzada con fibras, y de un procedimiento de fabricación de la misma, que superen, al menos parcialmente, los problemas de fabricación de tales molduras, en particular de molduras de grandes dimensiones, tales como las palas de turbinas eólicas, que normalmente tienen una longitud de 30 m o más.

El documento WO-A-02/28624 da a conocer una preimpregnación que comprende una capa central, una capa de refuerzo y una capa de acabado.

Según la presente invención se proporciona un procedimiento de fabricación de una moldura de material compuesto reforzada con fibras según la reivindicación 1.

En las reivindicaciones dependientes se definen características preferentes.

Preferentemente, el molde tiene una longitud y una anchura y las capas del material fibroso de refuerzo y de la preimpregnación se extienden sustancialmente de forma continua por toda la longitud del molde.

El tercer material de resina puede ser una resina epoxi termoendurecible y/o el primer material de resina y el segundo material de resina puede ser resinas epoxi termoendurecibles.

La presente invención se basa en el hallazgo por parte del inventor de que usando, en realizaciones particulares, la combinación de una resina de infusión con endurecimiento a temperatura ambiente y de una resina de preimpregnación de endurecimiento a temperatura más elevada en una estructura de laminado, la resina de preimpregnación puede endurecer fácilmente, incluso en las secciones relativamente gruesas del molde, recibiendo calor adicional del endurecimiento exotérmico de la resina de infusión y opcionalmente también al calentar instrumento. El resultado es que las preimpregnaciones no endurecidas pueden combinarse con un procedimiento de infusión por VARTM en un procedimiento de fabricación mejorado muy eficaz en el que las dos resinas, la de infusión y la de preimpregnación, pueden endurecer juntas en una etapa común de endurecimiento. No se requiere preendurecimiento alguno de la preimpregnación.

Esto también proporciona un producto mejorado, por ejemplo para molduras largas y/o gruesas tales como palas de turbina o cubiertas de puente. Para molduras largas, las preimpregnaciones pueden ser incorporadas como longitudes muy largas, porque incluyen resina no endurecida y, por lo tanto, no han tenido que ser seccionadas en unidades menores para una etapa de preendurecimiento, y también son mecánicamente flexibles y, por ello, pueden ser acomodadas como longitudes largas con cierto grado de curvatura dentro del molde. En consecuencia, pueden aplicarse longitudes continuas de preimpregnación directamente en el molde durante la etapa de colocación para evitar el problema de las juntas biseladas. La etapa de endurecimiento final para la resina de impregnación ocurre, entonces, con el endurecimiento de la resina infundida del resto del laminado de material compuesto.

Esto contrasta con el uso conocido de longitudes menores de preimpregnaciones endurecidas. Las mayores longitudes de la preimpregnación dan propiedades mecánicas mejoradas debido a que pueden evitarse múltiples juntas biseladas, tal como se ha expuesto en lo que antecede, de la incorporación conocida de las preimpregnaciones. Para algunos productos, incluso palas de turbina eólica muy largas (de 30 metros para arriba,

hasta de aproximadamente 50 metros), la preimpregnación puede extenderse como una sola longitud a lo largo de toda la longitud de la moldura sin ninguna junta separada longitudinalmente.

Alternativamente, es posible que el procedimiento de la invención proporcione, para algunos productos, una pluralidad de segmentos individuales de preimpregnación interconectados por toda la longitud del molde usando los extremos ahusados de enclavamiento de la estructura biselada conocida y esto, como se ha expuesto en lo que antecede, seguiría proporcionando ventajas de fabricación con respecto al procedimiento conocido de usar las preimpregnaciones. En tal procedimiento de estas realizaciones, las preimpregnaciones son consolidadas de antemano en un procedimiento más rápido en comparación con el procedimiento conocido de preendurecimiento, en vez de endurecidas, tanto para eliminar el aire entre las capas como para producir un apilamiento manipulable que colocar en el molde. De nuevo, la etapa final de endurecimiento para la resina de la preimpregnación ocurre, entonces, con el endurecimiento de la resina infundida del resto del laminado de material compuesto.

Según realizaciones preferentes de la presente invención, puede laminarse en el molde, en primer lugar, una película de acabado de resina epoxi de termoendurecible no endurecida de elevada temperatura de endurecimiento dotada de una viscosidad relativamente elevada, luego se aplica fibra seca junto con una o varias capas de preimpregnación que incluyen resina de preimpregnación no endurecida, preferentemente también resina epoxi termoendurecible, y luego se impregna la fibra seca con una resina endurecible a temperatura ambiente de viscosidad relativamente baja, preferentemente también resina epoxi termoendurecible, por medio de un procedimiento de infusión por VARTM.

La resina endurecible a temperatura ambiente que ha sido infundida genera suficiente calor exotérmico como para que la temperatura del apilamiento aumente y se alcance el punto de la temperatura de activación de la película superficial de resina epoxi termoendurecible de endurecimiento elevado, si está presente, y de la resina de preimpregnación, y los materiales resinosos pueden entonces endurecer a la vez.

En una disposición adicional, se emplea una combinación de aumento de la temperatura del molde y/o del aire circundante, aumentando con ello la velocidad de reacción de la resina infundida endurecible a temperatura ambiente, para que el calor exotérmico se produzca a una velocidad más rápida, causando un mayor aumento en la temperatura del laminado, que puede superar la temperatura de entrada de la resina. Esto provoca entonces que se supere la temperatura de activación del epoxi termoendurecible con temperatura elevada de endurecimiento de la preimpregnación y que los materiales puedan entonces endurecer a la vez a una velocidad mayor.

Por lo tanto, este concepto técnico subyacente de la presente invención combina una preimpregnación endurecible a temperatura elevada con capas fibrosas secas que son luego infundidas con resina endurecible a baja temperatura y las dos resinas endurecen a la vez. Dado que el apilamiento de preimpregnación, preferentemente UD, está intercalado con fibra seca que se infunde con resina endurecible en el ambiente, esto mejora el calentamiento del apilamiento de preimpregnación debido a la generación de calor exotérmico de la resina infundida que está endureciendo. Esto, a su vez, contribuye a aumentar la temperatura del apilamiento de preimpregnación más rápidamente para lograr la temperatura requerida mínima de endurecimiento, acelerando por ello el tiempo del ciclo.

Lo que generalmente impide que se usen comercialmente algunas preimpregnaciones actuales con temperatura de endurecimiento elevada, que se endurecen, por ejemplo, entre 70 y 90 grados centígrados, en un instrumento de baja temperatura, adaptado para ser usado a temperaturas inferiores, normalmente de aproximadamente 20 a 40 grados centígrados, es que la baja temperatura requerida para no dañar el instrumento da como resultado una velocidad de endurecimiento lenta de la preimpregnación a la temperatura del instrumento. También hay preocupación por evitar que cualquier calor exotérmico elevado procedente del endurecimiento de la resina de la preimpregnación en la sección más gruesa caliente el instrumento en exceso.

Sin embargo, en las secciones gruesas del laminado, la elevada temperatura exotérmica alcanzada tiende a estar aislada de la superficie del instrumento, dado que la temperatura pico ocurre en el centro del laminado. Por lo tanto, puede tolerarse un nivel de temperatura exotérmica por encima de la Tg del instrumento.

Puede diseñarse un tiempo rápido de ciclo afinando la velocidad de activación y endurecimiento de la preimpregnación para que se corresponda con la sección más delgada (normalmente de 3-5 mm de grosor), en la que la temperatura de la superficie del laminado es caso igual que la temperatura del laminado en su centro. En tal caso, el tiempo limitante de tratamiento es la velocidad de endurecimiento de la preimpregnación a la temperatura máxima del instrumento.

En algunos instrumentos para la producción de palas de turbina para la empresa de los inventores en generadores de energía eólica, se proporciona una tubería de calentamiento de agua dentro del instrumento para limitar la temperatura final del molde. En particular, la velocidad de aumento de la temperatura del instrumento se ralentiza muchísimo cuando el instrumento se acerca a la temperatura de la entrada de agua, porque ya no hay una diferencia significativa de temperatura que impulse la transferencia de calor hacia la superficie del instrumento desde la moldura calentada exotérmicamente cuando la resina se endurece. La generación de calor exotérmico del laminado de infusión es sumamente beneficiosa en estos instrumentos, porque puede alcanzarse una temperatura de laminado que supere la temperatura de entrada de agua para activar y endurecer la resina de preimpregnación.

La resina de preimpregnación puede entonces iniciar su propia reacción exotérmica y puede mantenerse la temperatura del laminado que supere la de la entrada de calor para un endurecimiento más rápido dentro del límite de la Tg del instrumento.

5 Este expediente funcionaría con preimpregnaciones que tenga una temperatura de endurecimiento, por ejemplo, de más de aproximadamente 90 grados centígrados, pero la velocidad de endurecimiento de la resina sería muy lenta. Para procedimientos que empleen instrumentos de baja temperatura y, normalmente, un sistema de preimpregnación de 60-70 grados centígrados, la velocidad de endurecimiento sería satisfactoria. Puede emplearse comercialmente el agente de endurecimiento de mayor costo y menor temperatura empleado en la resina de preimpregnación para hacerla endurecerse a menor temperatura en combinación con la preimpregnación UD. Esto se debe a que la resina de costo relativamente mayor se ve contrarrestada por la preimpregnación UD, que puede usar hilados de menor costo, dado que no hay costo alguno de conversión en tejido. En cambio, las preimpregnaciones de tejido tienen un costo de impregnación mayor y, por ello, combinar estas con un agente de endurecimiento más caro es menos viable comercialmente.

15 Las realizaciones preferentes de la presente invención proporcionan una intercalación de capas de fibra seca y de preimpregnación UD dentro de un molde, la colocación de materiales de núcleo en las capas intercaladas, y luego usar un procedimiento de infusión de resina para impregnar los materiales secos y la unión de los materiales del núcleo para formar un material compuesto unitario.

20 Las realizaciones preferentes de la presente invención también permiten que, elevando la temperatura para coendurecer una o más preimpregnaciones unidireccionales que incorporan resina endurecible a temperatura relativamente elevada y resina de infusión endurecible a temperatura relativamente baja, en particular endurecible a temperatura ambiente, calentando el instrumento (y también la cara de la bolsa de vacío si hace falta) para que se alcance la temperatura de activación de la resina de preimpregnación y la generación de calor exotérmico de la resina de infusión y la resina de preimpregnación pueda contribuir a un endurecimiento más rápida de la resina de preimpregnación.

25 Las realizaciones preferentes de la presente invención tienen aplicación particular en la producción de palas de turbina eólica o de vigas que requieran secciones UD gruesas, tales como cubiertas de puente.

30 Las realizaciones preferentes de la presente invención también proporcionan la ventaja de que pueden aplicarse fibras unidireccionales bien alineadas de bajo costo en un molde para mejorar las propiedades mecánicas de una estructura de tipo viga, por ejemplo, una pala de turbina eólica, mientras se sigue usando un procedimiento de infusión de resina de bajo costo para el laminado restante. Además, las realizaciones preferentes de la presente invención pueden proporcionar la ventaja de eliminar los problemas asociados con el uso de una preimpregnación DU con una temperatura de activación de endurecimiento de la resina cercana al valor nominal térmico o al aporte máximos de calor del instrumento.

35 Las realizaciones preferentes de la presente invención pueden proporcionar, además, la ventaja de que pueden lograrse propiedades mejoradas del componente de preimpregnación del laminado de material compuesto sin requerir una etapa de preendurecimiento para la preimpregnación y permitir también el posible uso, cuando el artículo moldeado lo requiera, de una preimpregnación continua en toda la longitud del artículo, por ejemplo una pala de turbina eólica, que normalmente puede ser de hasta 50 m de longitud.

40 Las realizaciones preferentes de la presente invención pueden proporcionar, además, la ventaja de que puede aumentar la velocidad de endurecimiento de la resina de preimpregnación, disminuir la temperatura total de endurecimiento dentro del molde y, por lo tanto, permitir el uso de un instrumento de molde de menor temperatura y, en consecuencia, de menor costo.

Ahora se describirán realizaciones de la invención, únicamente a título de ejemplo, con referencia a las Figuras adjuntas, en las cuales:

45 la Figura 1 es una vista en corte transversal, en la dirección de la anchura del molde, de una disposición de una pluralidad de películas solapadas de acabado, formada en una primera etapa de una realización del procedimiento de la presente invención;
la Figura 2 es una vista en corte transversal, en la dirección de la longitud del molde, de las películas de acabado de la Figura 1;
50 la Figura 3 es una vista en corte transversal, en la dirección de la anchura del molde, de las películas de acabado de la Figura 1 cubiertas de manera subsiguiente por dos primeras capas de refuerzos de tejido seco en una segunda etapa de la realización del procedimiento de la presente invención;
la Figura 4 es una vista en corte transversal, en la dirección de la longitud del molde, del conjunto de la Figura 3;
55 la Figura 5 es una vista en corte transversal, en la dirección de la anchura del molde, del conjunto de la Figura 3 cubierto subsiguientemente por una capa de preimpregnación y refuerzos secos adicionales de tejido en una etapa subsiguiente de la realización del procedimiento de la presente invención;

la Figura 6 es una vista en corte transversal, en la dirección de la longitud del molde, del conjunto de la Figura 5; y

la Figura 7 es una vista despiezada en planta, parcialmente en líneas discontinuas, de una disposición de una pluralidad de películas solapadas de acabado y capas de refuerzos solapados de tejido seco formadas, siendo el solapamiento en cada caso en la dirección de la longitud del molde y en la dirección de la anchura del molde, según una realización adicional del procedimiento de la presente invención.

Según las realizaciones preferentes de la presente invención, el procedimiento básico de fabricación de la moldura de material compuesto reforzada con fibras incluye las etapas de: preparar un molde y aplicar un agente de desmoldeo;

opcionalmente, colocar en el molde una capa de acabado que comprende una película de resina de acabado en forma de al menos una lámina sólida, con solapamientos preferentes entre segmentos adyacentes de la capa de acabado, proporcionándose opcionalmente la capa de acabado en combinación con una capa de refuerzo de tejido seco adyacente a la capa de acabado que está adherida de antemano a la capa de acabado;

colocar en el molde, sobre la capa de acabado, una capa estructural que comprende refuerzos estructurales de tejido seco, con solapamientos preferentes entre segmentos adyacentes de la capa estructural;

colocar en el molde, sobre la capa estructural, al menos una capa preimpregnada parcial o totalmente impregnada que comprende refuerzos de fibras y material de resina, siendo lo más preferente que se trate de refuerzos de fibras unidireccionales que se extiendan a lo largo de la dirección de la longitud del molde;

colocar opcionalmente sobre la capa estructural refuerzos estructurales secos adicionales de tejido y/o capas de impregnación, formando una estructura intercalada de estas capas, opcionalmente colocando un material central sobre las capas estructural y de preimpregnación;

colocar y conectar un sistema de infusión de suministro de resina;

tapar el molde con una capa desprendible, una película retirable, una malla opcional de infusión y una bolsa de vacío;

reducir el volumen del sistema bajo vacío total;

acondicionar el sistema a la temperatura de infusión de la resina para extraer el aire atrapado restante y para ablandar la película de resina de acabado;

crear un diferencial de presión en el sistema y usar el diferencial de presión para suministrar un compuesto resinoso al sistema para recubrir el refuerzo fibroso susceptible de ser infundido;

detener el suministro del compuesto resinoso al sistema;

mantener cierto diferencial de presión; y

dejar que el compuesto resinoso, la resina de impregnación y la película de resina de acabado, cuando esté presente, se asienten y se endurezcan.

Se describe una explicación más detallada de las etapas del procedimiento según una realización particular con referencia a las Figuras 1 a 6 de los dibujos. En esta realización ilustrada, las capas de acabado son aplicadas inicialmente en el molde y la resina de acabado coendurece con la resina de infusión. Sin embargo, las capas de acabado pueden ser omitidas y, en vez de ellas, puede usarse una capa de gel para proporcionar la superficie de la moldura.

Las Figuras 1 y 2 muestran la distribución preferente de las capas de acabado dependiendo de su ubicación en un molde. Con referencia a las Figuras 1 y 2, tras preparar un molde y aplicar un agente de desmoldeo (no mostrado) a la superficie 10 del molde, se aplica a la superficie 10 del molde una capa 12 de acabado. La capa 12 de acabado comprende una capa resinosa 14 de acabado en forma de al menos una lámina sólida que está soportada sobre una capa 16 de material de malla para contribuir a la retención de resina de la superficie 10 del molde. Típicamente, la capa 16 de malla es un material de poliéster, tal como un velo 16 de poliéster.

En la realización ilustrada, la capa 12 de acabado comprende una pluralidad de segmentos 106, 206, 306 de la capa de acabado ensamblados entre sí para formar una capa continua 12 de acabado en forma de varias láminas sólidas.

Cuando se ensambla la capa 12 de acabado sobre la superficie 10 del molde, se solapa un segundo segmento 206 sobre un primer segmento 106 en la dirección del molde a lo ancho, formando el solapamiento una porción inferior 107 de borde cubierto del primer segmento 106 y una porción superior 207 de borde cubriente del segundo segmento 206. A su vez, se solapa un tercer segmento 306 sobre el segundo segmento 206 en la dirección del molde a lo ancho, formando el solapamiento una porción inferior 208 de borde cubierto del segundo segmento 206 y una porción superior 307 de borde cubriente del tercer segmento 306. En consecuencia, las porciones opuestas 207, 208 de borde, dirigidas longitudinalmente a lo largo del molde, del segundo segmento 206 tienen una relación de solapamiento, por encima y por debajo, respectivamente, con una porción 107, 307 de borde del segmento adyacente 106, 306 respectivo.

Aunque no se ilustra, si hay segmentos adicionales en la dirección a lo ancho, se repite esta configuración de solapamiento a lo ancho del molde para los sucesivos segmentos.

En la dirección de la longitud del molde es posible tener diferentes configuraciones de la capa de acabado. En muchas realizaciones, puede disponerse una longitud continua de la capa de acabado por toda la longitud del molde

y, cuando ello es posible, esto puede resultar preferible, por ejemplo, a reducir el tiempo de colocación. En otras realizaciones alternativas, las capas de acabado pueden solaparse o colindar en la dirección de la longitud del molde.

- 5 Sin embargo, en esta realización particular, en la dirección del molde hay una relación colindante. Con referencia nuevamente a los dibujos, adyacente al primer segmento 106 hay un cuarto segmento 406. El cuarto segmento 406 colinda y está colocado a ras con el borde del primer segmento 106. En consecuencia, un quinto segmento 506 colinda con el cuarto segmento 406 y está colocado a ras con el borde del cuarto segmento 406.

Cada segmento 106, 206, 306, 406, 506 de la capa de acabado comprende un segmento 105, 205, 305, 405, 505 de la capa resinosa de acabado que está soportado sobre un segmento 104, 204, 304, 404, 504 de material de malla.

- 10 De nuevo, aunque no se ilustra, si hay segmentos adicionales en la dirección de la longitud, esta configuración colindante se repite por toda la longitud del molde para los eventos sucesivos.

- 15 Se disponen segmentos adicionales en el molde, en una relación de solapamiento en una dirección y en una relación colindante en otra dirección, para cubrir toda la superficie del molde. Por lo tanto, los varios segmentos 106, 206, 306, 406, etc. de la capa de acabado forman una capa continua segmentada 12 de acabado en forma de una pluralidad de láminas sólidas.

Es una realización alternativa puede haber tal relación de solapamiento para las películas de acabado en dos direcciones mutuamente orientadas, por ejemplo en la dirección de la longitud del molde, así como en la dirección a lo ancho del molde, que es ortogonal a la misma. Esto puede permitir que todos los bordes de la capa de acabado tengan una relación de solapamiento, salvo en los extremos del molde.

- 20 Con referencia a las Figuras 3 y 4, después de que se haya formado la capa 12 de acabado, se deposita sobre la capa 12 de acabado una capa estructural 22 que comprende al menos una capa 24, 26 de material fibroso de refuerzo para proporcionar, en la porción de la superficie 10 del molde, un ensamblaje, en forma de apilamiento laminar, de la capa 12 de acabado ya la capa estructural 22. El material fibroso seco de refuerzo puede seleccionarse de uno o más de fibra de vidrio, fibra de aramida, fibra de carbono, lino, yute o mezclas de los mismos.

La al menos una capa 24, 26 de material fibroso de refuerzo puede estar segmentada y colocada subsiguientemente sobre la capa 12 de acabado en una configuración segmentada solapada similar a la de la capa 12 de acabado para proporcionar una estructura con ventilación y permitir que el aire atrapado salga al exterior durante el tratamiento subsiguiente de infusión de resina.

- 30 En la configuración segmentada solapada, se sitúa un respectivo apilamiento de segmentos de capas 102, 103; 202, 203; 302, 303 de refuerzo seco sobre el respectivo segmento 106; 206; 306 de la capa de acabado.

Inicialmente, se dispone un apilamiento de segmentos de capas 102, 103 de refuerzo seco sobre el primer segmento 106 de la capa de acabado.

- 35 La capa 103 más inferior de refuerzo seco del primer segmento de apilamiento está conformada y dimensionada para cubrir la porción de la superficie superior del primer segmento 106 de la capa de acabado que está al descubierto y, por ello, colinda con la porción 207 de borde del segundo segmento 206. Se sitúa la siguiente capa 102 de refuerzo seco sobre la primera capa 103 de refuerzo seco y está conformada y dimensionada para cubrir la capa 103 más inferior de refuerzo seco y, por una porción 108 de borde de la siguiente capa 102 de refuerzo seco, la porción 207 de borde del segundo segmento 206.

- 40 Subsiguientemente, se dispone sobre el segundo segmento 206 de la capa de acabado un segundo apilamiento de segmentos de capas 202, 203 de refuerzo seco.

- 45 La capa 203 más inferior de refuerzo seco del segundo segmento de apilamiento está conformada y dimensionada para cubrir la porción de la superficie superior del segundo segmento 206 de la capa de acabado que está al descubierto y, por ello, colinda con la porción 307 de borde del tercer segmento 306, y también para cubrir la porción 108 de borde de la capa 102 de refuerzo seco. Se sitúa la siguiente capa 202 de refuerzo seco sobre la capa 203 más inferior de refuerzo seco y está conformada y dimensionada para cubrir la capa 203 más inferior de refuerzo seco y, por una porción 208 de borde de la siguiente capa 202 de refuerzo seco, la porción 307 de borde del tercer segmento 306.

- 50 Subsiguientemente, se dispone sobre el tercer segmento 306 de la capa de acabado un tercer apilamiento de segmentos de capas 302, 303 de refuerzo seco.

La capa 303 más inferior de refuerzo seco del tercer segmento de apilamiento está conformada y dimensionada para cubrir la porción de la superficie superior del tercer segmento 306 de la capa de acabado que está al descubierto y para cubrir la porción 208 de borde de la capa 202 de refuerzo seco. Se sitúa la siguiente capa 302 de refuerzo seco

sobre la capa 303 más inferior de refuerzo seco y está conformada y dimensionada para cubrir la capa 303 más inferior de refuerzo seco.

Si hay segmentos adicionales al ancho del molde, se aplican en correspondencia apilamientos subsiguientes de segmentos de capas de refuerzo seco en una configuración de solapamiento.

- 5 En la dirección de la longitud del molde, como para la capa de acabado, es posible tener diferentes configuraciones de las capas de refuerzo seco. En muchas realizaciones, puede disponerse una longitud continua de la capa de refuerzo seco por toda la longitud del molde sobre la capa de acabado y, cuando ello es posible, esto puede resultar preferible, por ejemplo, a reducir el tiempo de colocación. Este refuerzo seco continuo puede proporcionar propiedades mecánicas mejoradas en la dirección de la longitud, particularmente para una pala de turbina eólica, debido a la ausencia de uniones separadas longitudinalmente en el refuerzo seco. En otras realizaciones alternativas, las capas de refuerzo seco pueden solaparse o colindar en la dirección de la longitud del molde.

- 10 Sin embargo, en esta realización particular, en la dirección a lo largo del molde, hay una relación colindante. Con referencia otra vez a los dibujos, el cuarto segmento 406 está cubierto correspondientemente por las capas 402, 403 de refuerzo seco que colindan y están situadas a ras con los bordes de las capas 102, 103 de refuerzo seco. De forma correspondiente, el quinto segmento 506 está cubierto por las capas 502, 503 de refuerzo seco que colindan y están situadas a ras con los bordes de las capas 402, 403 de refuerzo seco sobre el cuarto segmento 406.

De nuevo, aunque no se ilustra, si hay segmentos adicionales en la dirección a lo largo, se repite esta configuración colindante a lo largo del molde para los sucesivos segmentos.

- 20 Las capas estructurales de refuerzo seco están dispuestas en el molde sobre los respectivos segmentos de acabado, en una relación solapada en una dirección y en una relación colindante en otra dirección, para cubrir toda la superficie del molde. Esto forma una capa estructural continua segmentada 22.

- 25 En una realización alternativa, puede existir tal relación de solapamiento para las capas estructurales de refuerzo seco en dos direcciones orientadas mutuamente, por ejemplo en la dirección de la longitud del molde, así como en la dirección a lo ancho del molde, que es ortogonal a la misma. Esto puede permitir que todos los bordes de la capa estructural de refuerzo seco tengan una relación de solapamiento, salvo en los extremos del molde. La selección de la relación particular de solapamiento puede depender de la estructura y la composición de las capas de refuerzo de tejido seco y de la naturaleza particular y la aplicación final del artículo que se esté fabricando.

- 30 La provisión de tal relación de solapamiento para las capas estructurales de refuerzo seco en dos direcciones orientadas mutuamente puede ser proporcionada con cualquiera de las dos configuraciones de solapamiento para la capa de acabado dada a conocer en lo que antecede, es decir, solapándose la capa de acabado en una única dirección o en dos direcciones mutuamente orientadas.

- 35 La Figura 7 es una vista despiezada en planta, parcialmente en líneas discontinuas, de una disposición de una pluralidad de películas solapadas de acabado y capas de refuerzos solapados de tejido seco formadas, siendo el solapamiento en cada caso en la dirección de la longitud (x) del molde y en la dirección de la anchura (y) del molde, según una realización adicional del procedimiento de la presente invención. La película 700 de acabado incluye una pluralidad de segmentos 702 que se solapan en los bordes adyacentes 704, 706, orientados en dos direcciones ortogonales (x e y). Cada una de las tres capas apiladas 708, 710, 712 de refuerzo de tejido seco incluye una pluralidad respectiva de segmentos 714, 716, 718 que también se solapan en bordes adyacentes 720, 722; 724, 726; 728, 730, orientados en dos direcciones ortogonales. Tal como se expone en el presente documento, en tal apilamiento de segmentos solapados, las capas de refuerzo de tejido seco son normalmente capas de refuerzo de tejido seco biaxiales y/o triaxiales.

Resultará evidente para una persona experta que la realización ilustrada incorpora dos capas estructurales de refuerzo seco, pero, si se desea, pueden emplearse menos o más capas y materiales centrales tales como madera y espuma.

- 45 En una realización alternativa, una primera capa de fibra de refuerzo puede ser adherida inicialmente, mediante pegamento, a los segmentos de la capa de acabado que se colocan en la superficie del molde. En consecuencia, las primeras capas dispuestas en el molde son capas de acabado integral de resina y de refuerzo de fibras. Esta realización puede reducir el tiempo total de colocación requerido para ensamblar todas las capas para formar el laminado en el molde.

- 50 Con referencia a las Figuras 5 y 6, a continuación se dispone al menos una capa adicional 101 de preimpregnación sobre la capa estructural 22. La capa 101 de preimpregnación no se muestra a escala en aras de la claridad de la ilustración. La capa 101 de preimpregnación comprende refuerzos 800 de fibra, siendo lo más preferente que se trate de refuerzos de fibras unidireccionales que se extiendan a lo largo de la dirección de la longitud del molde, adheridas a una resina 801 de preimpregnación no curada. Preferentemente, la capa 101 de preimpregnación comprende una estructura emparedada de dos láminas opuestas de refuerzos exteriores 800 de fibra con una capa central 801 de resina de preimpregnación no curada entre ellas. En la capa 101 de preimpregnación los refuerzos

800 de fibra puede estar parcial o totalmente impregnados por la resina 801 no curada. Pueden apilarse conjuntamente varias capas 101 de preimpregnación. Se disponen sobre la o las capas 101 de preimpregnación una o más capas estructurales adicionales 100 de refuerzo seco. Esto forma una estructura intercalada entre los refuerzos estructurales de tejido seco y/o las capas UD de preimpregnación, formando una estructura intercalada de estas capas.

Al menos una capa adicional, por ejemplo un núcleo de espuma (no mostrado) y/o una o más capas estructurales adicionales de refuerzo seco (no mostradas) pueden colocarse sobre la estructura intercalada. Esto completa el apilamiento 30 de laminado, que ahora está listo para la infusión de resina, tal como se muestra en la Figura 6.

La realización ilustrada en las Figuras 1 a 6 incorpora preferentemente una estructura triaxial de refuerzo de tejido seco, en la cual las fibras de las capas estructurales de refuerzo seco están orientadas en tres direcciones axiales respectivas. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la configuración de las capas estructurales de refuerzo de tejido seco puede ser diferente. Por ejemplo, los tejidos estructurales secos podrían ser unidireccionales (UD), biaxiales o triaxiales en su orientación. Los solapamientos de los tejidos secos existirían generalmente tanto en la dirección a lo ancho como a lo largo para las orientaciones biaxial y triaxial. En general, los tejidos unidireccionales (UD) se solapan en la dirección a lo ancho, mientras que en la dirección longitudinal tal solapamiento no es necesario y, generalmente, solo ocurriría si, durante la colocación del tejido en el molde, un rodillo de tejido se quedase corto y el tejido se acabase en medio del molde.

Acto seguido, se lleva a cabo la infusión de resina de una manera conocida para los expertos en la técnica. En particular, el conjunto de las capas de acabado, estructurales y adicionales en el molde se cubre, a su vez, con una capa desprendible, una película retirable, una malla opcional de infusión para aumentar la velocidad de impregnación en partes seleccionadas del laminado. Luego, se dispone todo el conjunto del molde en una bolsa de vacío. Se conecta a la bolsa un sistema de infusión de suministro de resina, teniendo la bolsa una toma corriente arriba conectada a una fuente de compuesto resinoso y una toma corriente abajo conectada a una fuente de vacío. Se aplica vacío a la bolsa de vacío con la toma corriente arriba cerrada, reduciendo con ello el volumen del sistema bajo vacío total. Si es necesario, se identifica y se repara cualquier fuga, si la hay. Se mantiene el vacío a un nivel deseado para acondicionar el sistema a la temperatura de infusión de la resina para extraer el aire atrapado restante y ablandar la película de resina de acabado. A continuación, se abre la toma corriente arriba, creando con ello un diferencial de presión en el sistema. El diferencial de presión actúa para suministrar un compuesto líquido resinoso al sistema procedente de la fuente de compuesto resinoso para recubrir el refuerzo fibroso. De esta forma, se infunde el compuesto resinoso completamente en las capas fibrosas de refuerzo seco. Se suministra al sistema suficiente resina estructural de infusión para impregnar completamente las fibras. Por último, se corta el suministro del compuesto resinoso al sistema y se aplica un vacío total al sistema.

A continuación, la resina estructural de infusión aumenta de viscosidad y empieza a endurecerse después de un periodo de tiempo regido por la reactividad de la resina y la cantidad de calor aplicado al laminado. Alternativamente, puede reducirse el vacío si la resina tiene un tiempo gel prolongado para evitar que la resina se salga del laminado. Puede aplicarse calor adicional durante la inyección de resina, o después, para acelerar el proceso de endurecimiento de la resina estructural y para activar el endurecimiento de las resinas de la superficie y de preimpregnación.

Los materiales de las resinas de preimpregnación y de la estructural infundida son endurecidos, al menos parcialmente, de manera simultánea. La porción estructural formada a partir de la preimpregnación está ligada a la porción estructural formada a partir de material fibroso de refuerzo por medio del material coendurecido de resina de preimpregnación y del material de resina de infusión. Los materiales de las resinas de preimpregnación y de la estructural infundida tienen respectivos intervalos de temperaturas de endurecimiento y los intervalos de temperaturas de endurecimiento se solapan, y la etapa de endurecimiento se lleva a cabo a una temperatura dentro de cada intervalo de temperaturas en endurecimiento. El material de resina infundida tiene un intervalo de temperaturas de endurecimiento que es inferior al intervalo de temperaturas de endurecimiento del material de resina de preimpregnación. La etapa de endurecimiento puede llevarse a cabo a una temperatura —por ejemplo a una temperatura ambiente de, por ejemplo, 20 grados centígrados, o a una temperatura elevada, por ejemplo hasta de 40 grados centígrados— dentro del intervalo de temperaturas de endurecimiento del material de resina infundida. El endurecimiento del material de resina infundida es exotérmico, y genera calor, elevando la temperatura del material de resina de preimpregnación hasta dentro del intervalo de temperaturas de endurecimiento del material de resina de preimpregnación. Opcionalmente, el molde es calentado adicionalmente para elevar la temperatura del material de resina de preimpregnación hasta dentro del intervalo de temperaturas de endurecimiento del material de resina de preimpregnación. Esto puede acelerar adicionalmente el endurecimiento de la resina de preimpregnación.

Cuando se dispone inicialmente una capa de acabado de resina no endurecida sobre la superficie del molde, la capa de acabado no endurecida se endurece, en la etapa de endurecimiento, al menos parcialmente, de manera simultánea con los materiales de las resinas de preimpregnación y de la estructural infundida. De nuevo, el calor exotérmico procedente de la resina infundida que se endurece puede iniciar o acelerar el endurecimiento de la resina de la superficie y, opcionalmente, el molde puede ser calentado para acelerar adicionalmente el endurecimiento.

Después del endurecimiento completo de la resina estructural y de la resina de preimpregnación, cuando está presente, se elimina el vacío, se abre la bolsa de vacío, se quitan la capa desprendible, la película retirable y la malla de infusión y se extrae el laminado del molde. Cuando está presente la resina de la superficie, la superficie del laminado, sustancialmente lista para ser pintada, comprende la resina endurecida de la superficie y la capa de malla.

5 Alternativamente, tal como se conoce en la técnica, puede haber presente una capa de gel.

La resina 14 de acabado se selecciona de tal manera que sea permeable al aire para proporcionar una vía adicional para la extracción del aire durante el proceso de evacuación. El grosor de la capa 12 de acabado se selecciona preferentemente para que sea de 100 - 400 micrómetros, más preferentemente de 100 - 300 micrómetros. Se ha descubierto que, dentro de este intervalo de grosor, puede hacerse que la resina 14 de acabado sea parcialmente permeable al aire. Si la capa resinosa 14 de acabado es demasiado delgada, no se obtiene una barrera de grosor suficiente entre el refuerzo de fibras y la pintura aplicada subsiguientemente, haciendo que aparezca potencialmente en la superficie de resina un patrón de las fibras subyacentes, denominado patrón impreso. Si la capa es demasiado delgada, esto puede llevar a que la fibra seca cercana a la superficie cause problemas cuando se lije la superficie antes del pintado. Las partículas resultantes de fibra de vidrio seca pueden quedar atrapadas en la herramienta abrasiva (por ejemplo, un disco) y son muy abrasivas, lo que puede llevar a marcas de arañazos que, a su vez, requieren reiterados cambios de herramientas abrasivas y etapas adicionales de reparación de relleno y carenado antes del pintado.

El aire entre la superficie 10 del molde y la capa 12 de acabado puede pasar a través de la capa 12 de acabado y a las capas 102 y 103 de fibras secas más altamente permeables al aire para ser luego extraído por aspiración de la fuente de vacío. No es esencial que se proporcione en la capa superficial 12 una malla 16 que deje pasar el aire para que esté situada sustancialmente en la superficie 10 del molde. Sin embargo, el uso de una malla 16 proporciona la ventaja de que la pegajosidad de la resina 14 de la superficie es más consistente y depende solo de la formulación de resina de la resina 14 de la superficie, que se formula para dar el nivel deseado y consistente de pegajosidad. La malla fina 16 de poliéster dentro de la capa 12 de acabado sirve dos propósitos. En primer lugar, contribuye a evitar que las fibras del refuerzo estructural de fibras entren en la capa 14 de resina de la superficie. Además, la capa de malla fina contribuye a evitar que la resina 14 de la capa 12 de acabado se reticule apartada de la superficie 10 del molde, dando una mejor calidad de acabado a la superficie del laminado resultante. La propia malla 16 de poliéster es fácil de lijar y no da como resultado partículas abrasivas que dañen la superficie.

Las capas de refuerzo seco proporcionan una o más vías de aireación muy permeables para eliminar el aire cuando se aplica el vacío al apilamiento de laminado. Dado que las piezas de material están solapadas, la capa superficial está ahora en conexión con la capa seca de fibras muy permeable al aire, lo que permite una vía de aire más directa y efectiva a la fuente de vacío. La zona de solapamiento permite una conexión más efectiva del refuerzo seco para dar una estructura de aireación muy permeable. La resina de la superficie continua evita que ocurran defectos en el punto de solapamiento del material. La zona es una característica importante de la presente invención, y es necesaria para tejidos de peso mayor, por encima de 600 g/m². Sin la zona de solapamiento, se reduce la zona de permeabilidad al aire en el tejido solapado, lo que lleva a defectos en los componentes más grandes.

Además de proporcionar un tampón de grosor para evitar la impresión de la fibra, la capa 14 de resina de la superficie proporciona una barrera protectora para reducir la entrada de humedad en el laminado. Las hebras de fibra, en particular de fibra de vidrio, próximas a la superficie pueden acelerar la entrada de humedad mediante un mecanismo de efecto mecha.

La resina 14 de la superficie puede ser endurecida y reducido su módulo mediante la incorporación de caucho, por ejemplo, en la resina. Esto es particularmente ventajoso, ya que contribuye a evitar grietas resultantes de cualquier desajuste en la expansión térmica entre la pintura, aplicada después, y el laminado. La resina de la superficie, formulada a medida, contribuye a mejorar los desconchones que ocurren en situaciones de impacto.

La configuración solapada de las capas 102, 103, 202, 203, 302, 303 de refuerzo seco proporciona una o más vías de aireación muy permeables para extraer aire cuando se aplica el vacío al apilamiento de laminado. Dado que las piezas de material están solapadas, la porción 207 de borde de la capa 206 de acabado está directamente en conexión con la capa 102 de fibra seca muy permeable al aire, que permite una vía aérea más directa y efectiva a la fuente de vacío en el tratamiento posterior, tal como se expone en lo que sigue.

La zona de solapamiento permite una conexión más efectiva entre las capas 102, 103, 202, 203, 302, 303 de refuerzo seco para dar una estructura de aireación muy permeable. Las capas continuas 106, 206, 306 de segmentos de acabado, que incluyen los segmentos 105, 205, 305 de la capa de resina de acabado, evitan que ocurran defectos en el punto de solapamiento del material.

Debido a la estructura de aireación, se extrae el aire atrapado mediante la aplicación de vacío al material y la capa de superficie curada está virtualmente libre de vacíos. Se ha descubierto que esta estructura resultante de superficie reduce la tasa de erosión del revestimiento.

La resina estructural de infusión y la resina de la superficie tienen viscosidad diferente. La viscosidad de la resina estructural se selecciona habitualmente para que sea menor que la de la resina de la superficie a la temperatura de

infusión, para que la resina estructural pueda ser infundida fácilmente sin que el vacío trastorne la capa de resina de la superficie. La viscosidad de la resina de la superficie es mayor que la de la resina estructural para garantizar que la resina de la superficie queda más cerca de la superficie del molde para mantener el grosor de la capa superficial en el componente final.

- 5 Puede hacerse que materiales con diferentes perfiles de viscosidad funcionen regulando el ciclo de endurecimiento, con la condición de que exista una viscosidad diferencial entre la capa de resina de acabado y la resina estructural de infusión.

- 10 Se requiere que la película de acabado tenga una viscosidad mínima relativamente alta para evitar un empapamiento prematuro del refuerzo de fibra antes de la terminación de la etapa de infusión de resina. La viscosidad también debe ser suficiente alta para impedir que el refuerzo de fibra seca se mueva hasta la superficie. La viscosidad también debe ser suficiente elevada para garantizar que la capa de acabado permanezca como una capa coherente de resina durante el proceso de producción de material de moldura compuesto. Sin embargo la viscosidad no debe ser demasiado elevada, si no la humectabilidad de la superficie del molde por parte de la resina de acabado puede ser inadecuada. La resina de acabado también debería tener un grado de flujo suficiente para permitir que la capa sólida de resina llene cualquier discontinuidad o vacío en los solapamientos entre los segmentos separados de la lámina de acabado cuando las capas de acabado son sometidas a un tratamiento de vacío antes del endurecimiento. La resina de acabado también debería tener una buena resistencia al flujo en frío para permitir que la capa sólida de resina en forma de lámina se almacene en un rodillo y tenga un tiempo de almacenamiento y una estabilidad del producto buenos. La resina de acabado también debería tener una buena resistencia a la abrasión (típicamente medida en un ensayo de abrasión de Taber) para permitir cierto grado de abrasión de la superficie, por ejemplo lijando la capa de imprimación de resina superficie antes de pintar, mientras se mantienen la dureza y la integridad superficiales.

Normalmente, la resina de acabado tiene una viscosidad entre $0,1 \times 10^5$ y 5×10^5 Pa·s medida a 20°C.

- 25 La resina estructural, en cambio, tiene una viscosidad inferior para permitirle ser fácilmente infundida al vacío en las capas de refuerzo fibroso seco.

Normalmente, la resina estructural tiene una viscosidad entre 0,1 y 2 Pa·s medida a 20°C, preferentemente entre 0,1 y 0,6 Pa·s.

- 30 En esta memoria, la viscosidad de resina de la resina estructural se mide usando un reómetro AR2000 de TA Instruments con un cono de 2° de aluminio de 40 mm de diámetro y un sistema de refrigeración Peltier. El experimento se llevó a cabo en las condiciones siguientes: un experimento de carrera de barrido de velocidad de cizallamiento a 20°C entre $0,01 \text{ s}^{-1}$ y 500 s^{-1} con un intersticio de 57 µm. La viscosidad del material se tomó como una media durante la región newtoniana lineal entre $1-100 \text{ s}^{-1}$.

- 35 En esta memoria, la viscosidad de resina de la resina de acabado se mide usando un reómetro AR2000 de TA Instruments con una chapa de acero de 20 mm de diámetro y un sistema de refrigeración Peltier. El experimento se llevó a cabo en las condiciones siguientes: un experimento de oscilación entre 40°C bajando hasta 0°C a 2°C/min con un desplazamiento controlado de 1×10^{-4} rad a una frecuencia de 1 Hz y un intersticio de 1000 µm.

- 40 Además, la resina estructural tiene una viscosidad que le permite ser fácilmente infundida en condiciones de vacío que, en cambio, no provocan ninguna propagación ni flujo significativos de la resina de acabado. La resina de acabado debería tener una viscosidad que sea mayor que la de la resina estructural para que la resina de acabado no pueda humectar el refuerzo estructural antes que la resina de acabado (es decir, la resina de acabado debe ser lo suficientemente espesa como para lograr este efecto técnico), pero la viscosidad debería ser lo suficientemente baja para que la resina de acabado pueda presentar un grado menor de propagación y flujo sobre la superficie del molde y, por ello, pueda contribuir en la extracción de aire en el tratamiento de vacío (es decir, la resina de acabado debe ser lo suficientemente rala para lograr este efecto técnico).

- 45 Preferentemente, la proporción de la viscosidad, medida a una temperatura ambiente de 20°C, de la resina de acabado y de la resina estructural es de al menos 100/1, más preferentemente al menos 1000/1, aún más preferentemente al menos 10.000/1.

- 50 La resina estructural de infusión tiene una reactividad baja a la temperatura de infusión para permitir una completa impregnación de las capas de refuerzo fibroso seco. La resina de preimpregnación y, cuando está presente, la resina de la superficie empiezan a endurecerse después de que la resina de infusión empiece a endurecerse. Esto se logra mediante generación exotérmica de calor a partir de la resina de infusión que se está endureciendo que calienta las resinas de preimpregnación y de la superficie para activar el mecanismo de endurecimiento y/o calentando el instrumento en el que se deposita la resina de la superficie. Las resinas de preimpregnación, la de la superficie y la estructural siguen endureciéndose conjuntamente, al menos parcialmente, de manera simultánea, lo que promueve un alto grado de adhesión entre los diferentes materiales resinosos.

- 55

Preferentemente, la resina de la superficie se selecciona del grupo consistente en resinas de termoendurecimiento, tales como resinas epoxi, de éster cianato y fenólicas. Las resinas epoxi adecuadas incluyen éteres de diglicidilo de bisfenol A, éteres de diglicidilo de bisfenol F, resinas de novolac epoxi y éteres de N-diglicidilo, ésteres de glicidilo, éteres alifáticos y cicloalifáticos de glicidilo, éteres glicidílicos de aminofenoles, éteres glicidílicos de cualquier fenol sustituido y mezclas de los mismos. También se incluyen mezclas modificadas de los polímeros termoendurecibles mencionados en lo que antecede. Estos polímeros son normalmente modificados mediante la adición de caucho o termoplástico. Puede usarse cualquier catalizador adecuado. El catalizador se seleccionará para que se corresponda con la resina usada. Un catalizador adecuado para su uso con una resina epoxi es un agente de endurecimiento de diciandiamida. El catalizador puede ser acelerado. Cuando se usa un catalizador de diciandiamida, puede usarse una urea sustituida como acelerador. Aceleradores adecuados incluyen diurón, monurón, fenurón, clortolurón, bis-urea de diisocianato de tolueno y otros homólogos sustituidos. El agente epoxi de endurecimiento puede seleccionarse de dapsona (DDS), diamino-difenil metano (DDM), complejo BF₃-amina, imidazoles sustituidos, anhídridos acelerados, diamina de metafenileno, diaminodifeniléter, polieteteraminas aromáticas, aductos de aminas alifáticas, sales de aminas alifáticas, aductos de aminas aromáticas y sales de aminas aromáticas.

El material de la superficie puede estar dotado de un agente de endurecimiento. Los agentes adecuados de endurecimiento pueden seleccionarse de caucho líquido (tales como cauchos de acrilato o caucho de acrilonitrilo terminado en carboxilo), caucho sólido (tal como caucho sólido de nitritos, o cauchos de núcleo-envoltura), termoplásticos (tal como poli(etersulfona), poli(imida)), copolímeros de bloque (tales como tribloques de estireno-butadieno-metacrilato) o mezclas de los mismos.

Preferentemente, la resina estructural de infusión se selecciona del grupo consistente en resinas de termoendurecimiento, tales como sistemas epoxi, de éster cianato y fenólicos. Las resinas epoxi adecuadas incluyen éteres de diglicidilo de bisfenol A, éteres de diglicidilo de bisfenol F, éteres de glicidilo de cualquier fenol sustituido, un mayor peso molecular de cualquier de esas moléculas, resinas de novolac epoxi y ésteres de glicidilo, éteres alifáticos y cicloalifáticos de glicidilo, glicidilo de aminofenoles, amina de glicidilo y mezclas de los mismos.

También pueden usarse diluyentes reactivos y no reactivos. Los diluyentes reactivos pueden incluir diluyentes reactivos mono o multifuncionales tales como el éter de glicidilo C12-C14 o el éter diglicidílico de butano diol. Los diluyentes no reactivos pueden incluir nonil fenol, alcohol furfurílico, ftalato de dibutilo, acetal de polimetilo.

También se incluyen mezclas modificadas de los polímeros termoendurecibles mencionados en lo que antecede, con modificadores tales como caucho líquido (tales como cauchos de acrilato o caucho de acrilonitrilo terminado en carboxilo), caucho sólido (tal como caucho sólido de nitritos, o cauchos de núcleo-envoltura), termoplásticos (tal como poli(etersulfona), poli(imida)), copolímeros de bloque (tales como tribloques de estireno-butadieno-metacrilato) o mezclas de los mismos.

Se seleccionará el agente o catalizador de endurecimiento de forma que se corresponda con la resina usada. Son agentes adecuados de endurecimiento aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, aminas aromáticas, poliamidas, amidoaminas, polisulfuros, anhídrido y cualquier aducto adecuado de los mismos. Un catalizador adecuado puede incluir ácido salicílico, aminas alifáticas terciarias y aminoetilpiperacina.

Un catalizador latente adecuado para ser usado con una resina epoxi es un agente de endurecimiento de diciandiamida. El catalizador puede ser acelerado. Cuando se usa un catalizador de diciandiamida, puede usarse una urea sustituida como acelerador. Aceleradores adecuados incluyen diurón, monurón, fenurón, clortolurón, bis-urea de diisocianato de tolueno y otros homólogos sustituidos. El agente epoxi de endurecimiento puede seleccionarse de dapsona (DDS), diamino-difenil metano (DDM), complejo BF₃-amina, imidazoles sustituidos, anhídridos acelerados, diamina de metafenileno, diaminodifeniléter, polieteteraminas aromáticas, aductos de aminas alifáticas, sales de aminas alifáticas, aductos de aminas aromáticas y sales de aminas aromáticas. Se prefieren los agentes de endurecimiento de aminas y anhídridos para dar baja viscosidad y endurecimiento a temperatura ambiente.

Normalmente, los materiales de la resina de preimpregnación, la resina de infusión y la resina de la superficie tienen una viscosidad diferente. La viscosidad de la resina de preimpregnación se selecciona habitualmente para que sea mayor que la de la resina de la superficie a temperatura ambiente (20°C). Normalmente, la resina de la superficie tiene una viscosidad mayor que la de la resina de preimpregnación cuando se calienta para mantener la resina de la superficie cerca de la superficie del molde durante el tratamiento.

La proporción de la viscosidad, medida a la temperatura ambiente de 20°C, del material de resina de preimpregnación y del material de resina de la superficie es normalmente de 2 a 14/1, más preferentemente de 4 a 12/1. Preferentemente, el material de resina de la superficie tiene una viscosidad mayor que la del material de resina de preimpregnación si el conjunto se calienta antes del endurecimiento o durante el mismo. La proporción de la viscosidad, durante tal calentamiento, del material de resina de la superficie y del material de resina de preimpregnación puede ser de 5 a 25/1, más preferentemente de 10 a 15/1.

Preferentemente, la resina de preimpregnación se selecciona del grupo consistente en resinas de termoendurecimiento, tales como sistemas epoxi, de éster cianato y fenólicos. Las resinas epoxi adecuadas incluyen éteres de diglicidilo de bisfenol A, éteres de diglicidilo de bisfenol F, resinas de novolac epoxi y éteres de N-diglicidilo, ésteres de glicidilo, éteres alifáticos y cicloalifáticos de glicidilo, éteres glicidílicos de aminofenoles, éteres glicidílicos de cualquier fenol sustituido y mezclas de los mismos. También se incluyen mezclas modificadas de los polímeros termoendurecibles mencionados en lo que antecede. Estos polímeros son normalmente modificados mediante la adición de caucho o termoplástico. Puede usarse cualquier catalizador adecuado. El catalizador se seleccionará para que se corresponda con la resina usada. Un catalizador adecuado para su uso con una resina epoxi es un agente de endurecimiento de diciandiamida. El catalizador puede ser acelerado. Cuando se usa un catalizador de diciandiamida, puede usarse una urea sustituida como acelerador. Aceleradores adecuados incluyen diurón, monurón, fenurón, clortolurón, bis-urea de diisocianato de tolueno y otros homólogos sustituidos. El agente epoxi de endurecimiento puede seleccionarse de dapsona (DDS), diamino-difenil metano (DDM), complejo BF₃-amina, imidazoles sustituidos, anhídridos acelerados, diamina de metafenileno, diaminodifeniléter, polieteteraminas aromáticas, aductos de aminas alifáticas, sales de aminas alifáticas, aductos de aminas aromáticas y sales de aminas aromáticas.

Las fibras de la capa de preimpregnación pueden comprender material fibroso tal como fibra de vidrio, fibra de aramida, fibra de carbono, o fibras naturales tales como el lino, el yute o el cáñamo.

El material de la resina de preimpregnación pueden ser resinas epoxi termoendurecibles. Normalmente, el material de la resina de preimpregnación tiene una viscosidad entre $0,75 \times 10^5$ y 5×10^6 Pa·s medida a 20°C.

Normalmente, esta resina de preimpregnación tiene una viscosidad suficientemente elevada a temperatura ambiente como para evitar que impregne el material estructural fibroso seco de 102, 103 refuerzo durante el periodo, típicamente de 1 a 3 horas, del procedimiento de infusión de la resina, durante el cual la resina de preimpregnación está al vacío. Preferentemente, se usaría un sistema de preimpregnación tal como el WE90-1 o el WE92, disponibles en Gurit, que tienen una viscosidad de aproximadamente 1×10^5 a 20°C.

Preferentemente, la resina de preimpregnación se formula para que sea una resina epoxi termoendurecible con un agente latente de endurecimiento, que es activado por calor. Pueden usarse otras resinas termoendurecibles, tales como las derivadas de sistemas de éster cianato y fenólicos. Las resinas epoxi adecuadas incluyen éteres de diglicidilo de bisfenol A, éteres de diglicidilo de bisfenol F, resinas de novolac epoxi y éteres de N-diglicidilo, ésteres de glicidilo, éteres alifáticos y cicloalifáticos de glicidilo, éteres glicidílicos de aminofenoles, éteres glicidílicos de cualquier fenol sustituido y mezclas de los mismos. También se incluyen mezclas modificadas de los polímeros termoendurecibles mencionados en lo que antecede. Estos polímeros son normalmente modificados mediante la adición de caucho o termoplástico. Puede usarse cualquier catalizador adecuado. El catalizador se seleccionará para que se corresponda con la resina usada. Un catalizador adecuado para su uso con una resina epoxi es un agente de endurecimiento de diciandiamida. El catalizador puede ser acelerado. Cuando se usa un catalizador de diciandiamida, puede usarse una urea sustituida como acelerador. Aceleradores adecuados incluyen diurón, monurón, fenurón, clortolurón, bis-urea de diisocianato de tolueno y otros homólogos sustituidos. El agente epoxi de endurecimiento puede seleccionarse de dapsona (DDS), diamino-difenil metano (DDM), complejo BF₃-amina, imidazoles sustituidos, anhídridos acelerados, diamina de metafenileno, diaminodifeniléter, polieteteraminas aromáticas, aductos de aminas alifáticas, sales de aminas alifáticas, aductos de aminas aromáticas y sales de aminas aromáticas.

Las realizaciones preferentes de la presente invención permiten el uso, para formar un laminado de material compuesto que tiene una superficie lisa de alta calidad libre de defectos que puede ser pintada, de la combinación de (a) una resina de curado por termoendurecimiento de viscosidad relativamente elevada activada a baja temperatura, típicamente de 50°C y superior, más típicamente entre 50°C y 90°C, para formar una superficie del laminado de material compuesto con (b) una resina de curado por termoendurecimiento de viscosidad relativamente baja adecuada para un tratamiento de infusión de resina para formar, tras la infusión en un refuerzo de fibras situado adyacente a la resina de acabado, una estructura reforzada con fibras del laminado de material compuesto.

La película de resina de la superficie es fácil de lijar, si es necesario, para preparar la superficie del laminado para su pintado posterior.

Según las realizaciones preferentes de la presente invención, la resina de la superficie se formula para proporcionar las características deseadas correctas. En particular, la resina de la superficie tiene una viscosidad tal que pueda ser aplicada en un molde a aproximadamente la temperatura ambiente y muestra los niveles deseados de pegajosidad al molde y al recubrimiento. Puede suministrarse calor a la resina para iniciar o acelerar el endurecimiento, ya sea durante la etapa de infusión de la resina o tras su terminación.

En una producción de infusión al vacío de tasa de producción más elevada, se calienta el instrumental durante o después de la inyección de resina para acelerar la velocidad de endurecimiento. Esto ofrece la oportunidad de mezclar y endurecer conjuntamente estos materiales diferentes. Esta es normalmente una temperatura de 50-90°C para permitir el uso de instrumental de menor costo. El formato diana es una cura catalítica activada a baja temperatura (50°C).

Preferentemente, la capa de acabado contiene resina de acabado y un velo de poliéster. Durante la fabricación del material, en primer lugar se aplica el velo de poliéster a la parte superior de la resina de la superficie. Luego se aplica algo de presión para empujar el velo de poliéster a la parte superior de la resina de la superficie. Preferentemente, el velo de poliéster se sitúa en una posición dentro de la porción superior de la capa de resina de acabado, es decir, el velo de poliéster está cubierto por ambas caras por una porción respectiva de la capa de resina de acabado, con una porción mayor, es decir, una mayoría, en una cara que va a estar situada directamente adyacente a la superficie del molde. Si se integra también una primera capa de fibras en la capa de acabado y, en particular, en la superficie de la capa de acabado que va a estar situada alejada de la superficie del molde, la capa de fibras es también prensada en la resina de la superficie para garantizar que el material de la superficie se mantenga integral con la capa de fibras y quede fijado a la misma.

En la presente invención, se prefiere que el espesor de la resina de la película de la superficie esté entre 100 y 400 micrómetros, más preferentemente entre 100 y 300 micrómetros. Se ha descubierto que la resina puede ser fabricada parcialmente permeable al aire dentro de este intervalo de grosores. Cualquier aire entre la superficie del molde y la capa de la superficie puede pasar a través de la capa de la superficie y a las capas de fibras secas más permeables al aire, para luego ser aspirado por la fuente de vacío.

La capa de acabado está estructurada y formulada para que las superficies opuestas presenten una pegajosidad diferencial. Hay una pegajosidad relativamente elevada en una superficie, la superficie que está previsto que, en uso, haga contacto con la superficie del molde y se adhiera a ella, y una pegajosidad relativamente baja en la superficie opuesta, la superficie que está prevista, en uso, para ser manipulada manualmente y que, por ello, es más fácil de manipular. Este diferencial de pegajosidad puede lograrse proporcionando el material de malla dentro de la lámina sólida de resina, pero desplazado relativamente hacia la superficie de pegajosidad menor. Esto significa que la pegajosidad del material es más consistente y dependiente únicamente de la formulación de resina de la resina de la superficie, lo que permite que sea formulada para dar el nivel deseado y consistente de pegajosidad. Además, el alto nivel de pegajosidad puede garantizar que pueda lograrse un grado elevado de humectabilidad de la superficie del molde, lo que hace que la capa de acabado quede uniformemente adherida a la superficie del molde en toda el área superficial de la película de acabado. A su vez, esto evita la reticulación de la capa de acabado desde la superficie del molde tras el endurecimiento de la resina. Además, el material de acabado es tolerante a la presión de manipulación, o a la presión generada cuando el producto se enrolla formando un rodillo. En consecuencia, el material de acabado usado en el procedimiento de la presente invención tiene un prolongado almacenaje a temperatura ambiente antes de su uso.

La malla fina de poliéster dentro de la capa de resina de acabado sirve dos propósitos. Contribuye a evitar que las fibras del refuerzo entren en la capa de resina de la superficie. La capa de tejido fino también contribuye a evitar que la resina de la capa de la película de resina de la superficie se reticule apartada de la superficie del instrumento, dando una mejor calidad de acabado. La propia malla de poliéster es fácil de lijar y no da como resultado partículas abrasivas que dañen la superficie. Además de proporcionar un tampón de grosor para evitar la impresión de la fibra, la capa de resina de la superficie proporciona una barrera protectora para reducir la entrada de humedad en el laminado. Las hebras de fibra de vidrio próximas a la superficie pueden acelerar la entrada de humedad mediante un mecanismo de efecto mecha. La resina de la superficie puede ser endurecida y reducido su módulo, lo cual es particularmente ventajoso, ya que contribuye a evitar grietas resultantes de cualquier desajuste en la expansión térmica entre la pintura y el laminado. La resina de la superficie, formulada a medida, contribuye a mejorar los desconchones que ocurren en situaciones de impacto.

Para estructuras de material compuesto que requieren un acabado pintado, las realizaciones preferentes de la presente invención pueden reducir el tiempo empleado y el costo de preparar un componente reforzado con fibras mediante moldeo de transferencia de resina asistido por vacío (VARTM) para su pintado y, además, puede mejorarse la durabilidad final del componente pintado. Cuando se usan procedimientos de VARTM para producir un componente de material compuesto reforzado con fibras, las realizaciones preferentes de la presente invención, para producir un acabado en la parte de material compuesto que fuese fácil de preparar para el pintado, pueden emplear una capa de superficie de termoendurecimiento activado por temperatura que pueda eliminar la necesidad de aplicar una capa de gel en el interior del molde para eliminar la pegajosidad, y esperar dicha eliminación, durante el procedimiento de fabricación. Las realizaciones preferentes de la presente invención pueden proporcionar una superficie de contacto flexible endurecida entre la pintura y la parte de material compuesto para mejorar la durabilidad del acabado final de la pintura.

El procedimiento de fabricación de las realizaciones preferentes de la presente invención combina tecnologías termofusibles y de infusión para crear un laminado de superficie libre de defectos listo para operaciones de pintado con propiedades mecánicas superiores, debidas al uso seleccionado de los materiales de preimpregnación. Se coloca una capa de resina de superficie con una capa estructural de refuerzo de fibras (termofusible) contra el molde y se coloca sobre ella un diseño de material compuesto compatible con la tecnología de infusión para proporcionar una estructura de aireación y permitir que el aire atrapado salga durante el tratamiento. Los comportamientos reológicos de las resinas de termofusión e infusión son diferentes.

Las realizaciones preferentes de la presente invención también pueden proporcionar un grado de pegajosidad suficiente para retener la primera capa de refuerzo seco sobre la superficie del instrumento desmoldeado. Es particularmente adecuado para partes grandes tales como turbinas eólicas, puentes y cascos de busque.

- 5 Este procedimiento de las realizaciones preferentes de la presente invención es particularmente adecuado para la producción de secciones de perfil aerodinámico de turbina eólica y de cualquier otro componente grande con curvatura más simple, tal como embarcaciones marinas, radomos, molduras arquitectónicas y puentes usando tecnología de infusión.

- 10 Las realizaciones preferentes de la presente invención pueden permitir la fabricación de una estructura de material compuesto con una superficie libre de defectos que está lista para el pintado. Evitando la necesidad de una capa de gel, no hay, en correspondencia, necesidad alguna de manipulación del revestimiento de gel, lo que mejora los aspectos de salud y seguridad del procedimiento de fabricación. En los procedimientos conocidos que emplean una capa de gel, el revestimiento de gel proporciona la ventaja de que proporciona pegajosidad para mantener en la debida posición sobre la superficie del molde la primera capa de refuerzo de fibras. Las realizaciones preferentes de la presente invención proporcionan la pegajosidad en ausencia de tal capa de gel, porque la capa de acabado
15 proporciona la pegajosidad requerida para la primera capa de refuerzo para que pueda colocarse correctamente en el molde.

Las realizaciones preferentes de la presente invención pueden reducir el tiempo total de producción y la cantidad de mano de obra manual requerida para el ciclo de fabricación.

- 20 Además, en este procedimiento de fabricación de las realizaciones preferentes de la presente invención, se obtiene un buen acabado superficial sin la necesidad de tisús adicionales ni de tejidos delicados de alto coste en comparación con algunos procedimientos conocidos. Esto puede permitir que se use un refuerzo de mayor peso y menor coste como primera capa en el molde. La superficie resultante libre de defectos es el resultado fundamental que puede producir una reducción en el tiempo y la mano de obra totales requeridos para la producción de una superficie de material compuesto pintada.

- 25 La capa de resina de superficie también puede proporcionar una barrera protectora para reducir la entrada de humedad en la estructura de laminado de material compuesto. La resina de la superficie también puede actuar como un tampón, y su mayor dureza contribuye a reducir los desconchones accidentales de la pintura que pueden ocurrir en situaciones de impacto cuando el producto de material compuesto está en operación.

- 30 En los procedimientos conocidos de infusión de resinas, los materiales unidireccionales (UD) de refuerzo de fibras que son sometidos a la infusión de resina pueden ser cosidos o unidos en un formato de tejido para dar una fibra manejable para ponerla en el molde. Sin embargo, este expediente añade un costo de fabricación y disminuye las propiedades del laminado resultante de material compuesto. Sin embargo, en realizaciones de la presente invención, el uso de una preimpregnación unidireccional (UD) es rentable, porque la resina de la preimpregnación mantiene el alineamiento de las fibras y puede hacerse más dura y más resistente a la fatiga y, por ello, el procedimiento puede
35 usar los precursores de fibras de menor costo y, pese a ello, dar propiedades de alto nivel en el laminado resultante de material compuesto. Por ejemplo, para fabricar una envoltura de pala de turbina según una realización de la presente invención se intercalan apilamientos UD de preimpregnaciones preconsolidadas con refuerzos secos de tejido desplazados con respecto al eje. Los refuerzos secos son entonces infundidos con resina líquida. La combinación del calentamiento del molde y de la reacción exotérmica de la resina líquida es suficiente para elevar el calor del laminado para activar el endurecimiento de la resina en el material preimpregnado UD. Este material UD es
40 entonces grueso y lo bastante reactivo como para generar calor adicional mediante un endurecimiento exotérmico para endurecerse rápidamente sin necesidad de una aportación de calor elevado. Esto proporciona la ventaja técnica de que pueden utilizarse moldes e instrumentos de menor coste resistentes a temperaturas inferiores para endurecer las partes de laminado de material compuesto.

- 45 La presente invención se ilustra adicionalmente con referencia al siguiente Ejemplo no limitante.

Ejemplo 1

Se montó en primer lugar, sobre un molde, un laminado que representaba la sección de la punta de una pala de turbina eólica.

El laminado consistía en:

- 50 2 capas de tejido biaxial cosido +/- 45 seco XE600
2 capas de Gurit WE90-1\EGL1200\32% de preimpregnación
1 capa de tejido biaxial cosido +/- 45 seco XE600
2 capas de Gurit WE90-1\EGL1200\32% de preimpregnación
2 capas de tejido biaxial cosido +/- 45 seco XE600

- 5 El material unidireccional de preimpregnación se configuró para que fuera más estrecho, con una anchura de 400 mm, que el tejido biaxial para simular la construcción típica de una envoltura estructural. A continuación, se aplicaron al apilamiento una capa desprendible y una malla de infusión y se instalan tubos de suministro de resina y conductos de vacío para que la resina de infusión fluya en una dirección transversal a la fibra unidireccional para garantizar un flujo al interior del material biaxial intercalado.
- Se infundió en el laminado resina de infusión Gurit Prime 20LV + endurecedor lento a 20°C. Al completarse la impregnación de la fibra seca, se aumentó la temperatura del instrumento hasta 90°C y se mantuvo durante 6 horas. La resina de infusión impregnó con éxito toda la fibra seca de las capas de tejido biaxial y tanto la resina de infusión como la resina de preimpregnación coendurecieron juntas. Se halló una adhesión excelente entre los materiales.
- 10 La presente invención no está limitada a las realizaciones ilustradas precedentes. Resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse diversas modificaciones a la presente invención sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de una moldura de material compuesto reforzado con fibra, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

depositar al menos una capa (24, 26) de material fibroso de refuerzo dentro de un molde (10);
 disponer al menos una capa (101) de preimpregnación adyacente al material fibroso de refuerzo, comprendiendo la capa (101) de preimpregnación un refuerzo fibroso (800) al menos parcialmente impregnado con un primer material (801) de resina no endurecido para formar un conjunto laminar de al menos una capa (24, 26) de material fibroso de refuerzo y la al menos una capa (101) de preimpregnación dentro del molde (10);
 aplicar un vacío al conjunto;
 infundir un segundo material autosuspendible de resina no endurecida al vacío mediante moldeo por transferencia de resina asistido por vacío en la al menos una capa (24, 26) de material fibroso de refuerzo;
 y
 endurecer los materiales resinosos primero y segundo al menos parcialmente de manera simultánea para formar la moldura de material compuesto reforzado con fibra, que comprende, al menos, una primera porción estructural formada del refuerzo fibroso (800) y del primer material resinoso (801) endurecido ligado a al menos una segunda porción estructural formada de la al menos una capa (24, 26) de material fibroso de refuerzo y del segundo material resinoso endurecido, en el que el segundo material de resina infundido tiene un intervalo de temperaturas de endurecimiento que es inferior al intervalo de temperatura de endurecimiento del primer material resinoso (801) de impregnación, la etapa de endurecimiento se lleva a cabo a una temperatura dentro del intervalo de temperaturas de endurecimiento del segundo material resinoso infundido, y el endurecimiento del segundo material resinoso es exotérmico y genera calor, elevando la temperatura del primer material resinoso (801) hasta dentro del intervalo de temperaturas de endurecimiento del primer material resinoso (801).

2. Un procedimiento según la reivindicación 1 en el que, en la al menos una capa (101) de preimpregnación, el refuerzo fibroso (800) está completamente impregnado con el primer material resinoso (801) no endurecido, opcionalmente en el que la capa (101) de preimpregnación comprende una plancha consolidada de antemano de una pluralidad de capas de refuerzo fibroso (800) completamente impregnadas con el primer material resinoso (801) no endurecido.

3. Un procedimiento según la reivindicación 1 en el que la al menos una capa (101) de preimpregnación está parcialmente impregnada y comprende una estructura emparedada de un par de capas fibrosas (800) de refuerzo en lados opuestos de una capa del primer material resinoso (801) no endurecido.

4. Un procedimiento según cualquier reivindicación precedente en el que el conjunto laminar comprende una pluralidad de las capas (24, 26) de material fibroso de refuerzo intercaladas con una pluralidad de las capas (101) de preimpregnación.

5. Un procedimiento según cualquier reivindicación precedente que, además, comprende la etapa, antes de la etapa (a), de disponer una capa (12) de acabado en la superficie (10) del molde, comprendiendo la capa (12) de acabado un tercer material resinoso (14) no endurecido y estando en la forma de al menos una lámina sólida, y, en las etapas (a) y (b), el conjunto laminar de la al menos una capa (24, 26) de material fibroso de refuerzo y la al menos una capa (101) de preimpregnación están dispuestos sobre la capa (12) de acabado dentro del molde (10), y, en la etapa (e) de endurecimiento, el tercer material resinoso (14) se endurece, al menos parcialmente, de forma simultánea con los materiales resinosos primero (801) y segundo.

6. Un procedimiento según la reivindicación 5 en el que la capa (12) de acabado comprende una pluralidad de segmentos (106, 206, 306) de la capa de acabado ensamblados conjuntamente para formar una capa continua de acabado, opcionalmente en el que cada segmento (106, 206, 306) de la capa de acabado tiene al menos un borde (107, 207, 307) del mismo que solapa parcialmente un segmento adyacente (106, 206, 306) de la capa de acabado.

7. Un procedimiento según las reivindicaciones 5 o 6 en el que el tercer material resinoso (14) de la capa de acabado tiene un grosor entre 100 y 300 micrómetros y/o un gramaje aplicado entre 100 a 400 gramos por metro cuadrado (g/m^2).

8. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 en el que el tercer material resinoso (14) de la capa (12) de acabado está soportado sobre un soporte de material laminar (16), opcionalmente en el que el material laminar (16) de la capa (12) de acabado tiene un peso entre 10 y 90 g/m^2 , opcionalmente también en el que el material laminar (16) de la capa (12) de acabado comprende un material de malla de poliéster de filamentos fusionados.

9. Un procedimiento según la reivindicación 8 en el que el material laminar (16) de la capa (12) de acabado está situado en una primera cara, o próximo a la misma, de la capa (12) de acabado, opcionalmente en el que la

primera cara de la capa (12) de acabado está alejada de la superficie (10) del molde para que la mayoría del tercer material resinoso (14) esté entre el material laminar (16) y la superficie del molde (10).

- 5 **10.** Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9 en el que el segundo material resinoso y el tercer material resinoso (14) tienen viscosidades diferentes, opcionalmente en el que el tercer material resinoso (14) tiene una viscosidad mayor que la del segundo material resinoso (14) a temperatura ambiente (20 grados centígrados), opcionalmente también en el que la proporción de la viscosidad, medida a una temperatura ambiente de 20°C, del tercer material resinoso y del segundo material resinoso es de al menos 100/1, opcionalmente también de al menos 1000/1, y opcionalmente además de al menos 10.000/1.
- 10 **11.** Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10 en el que, en la etapa (e) de endurecimiento, el material resinoso está adaptado para iniciar el endurecimiento antes que el tercer material resinoso (14).
- 12.** Un procedimiento según cualquier reivindicación precedente en el que la etapa (e) de endurecimiento se lleva a cabo a una temperatura entre 40 y 90 grados centígrados.
- 15 **13.** Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11 en el que, en la etapa (e) de endurecimiento, la reacción de endurecimiento del segundo material resinoso es exotérmica, lo que genera calor, lo que acelera el endurecimiento del tercer material resinoso (14).
- 14.** Un procedimiento según cualquier reivindicación precedente en el que la moldura de material compuesto reforzado con fibras es una pala de turbina eólica.

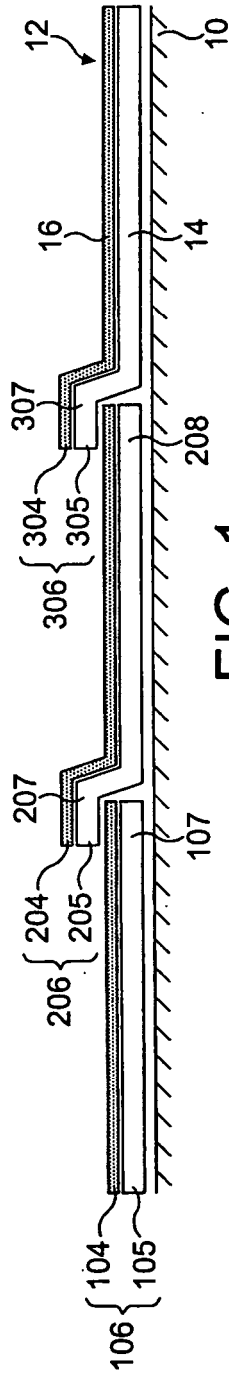


FIG. 1

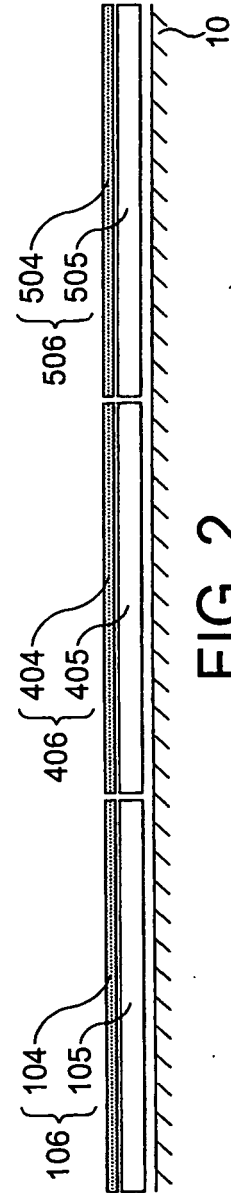


FIG. 2

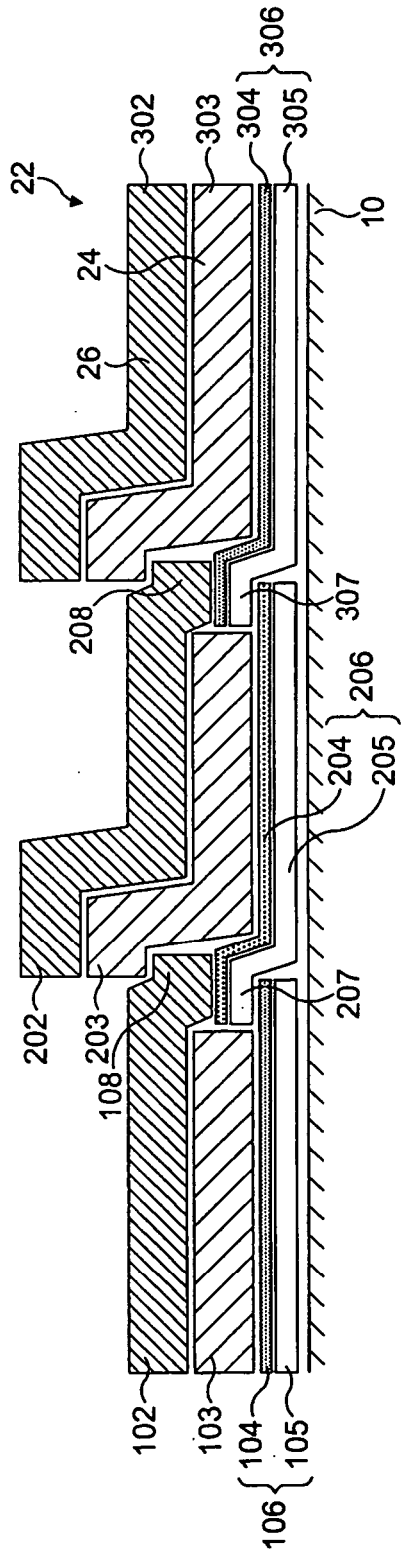


FIG. 3

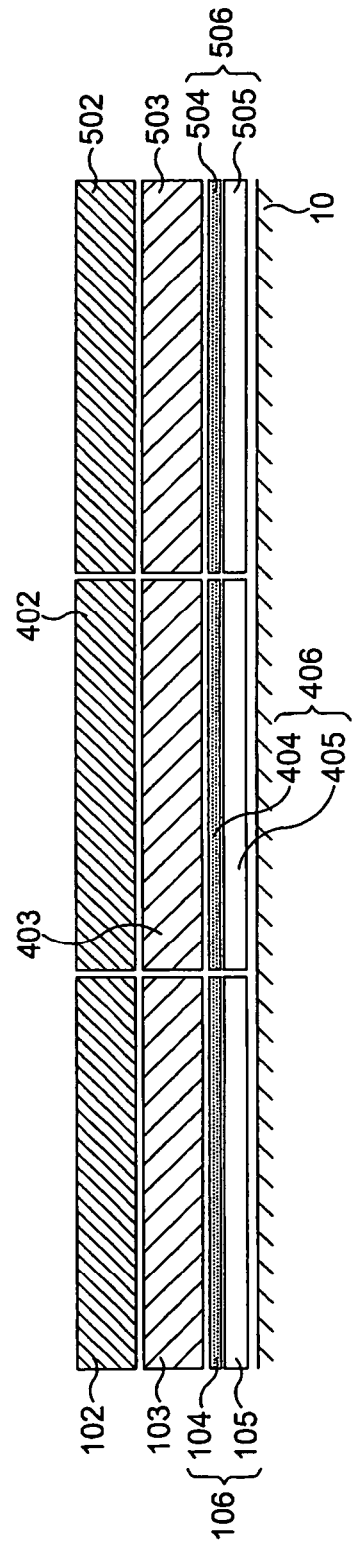


FIG. 4

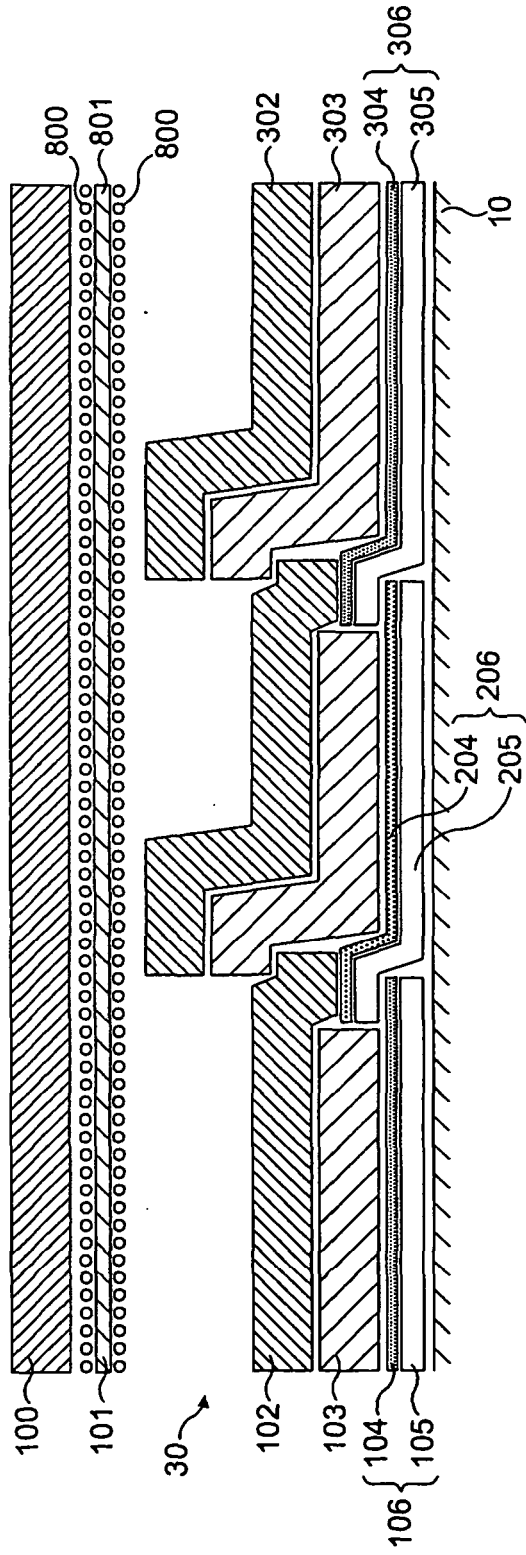


FIG. 5

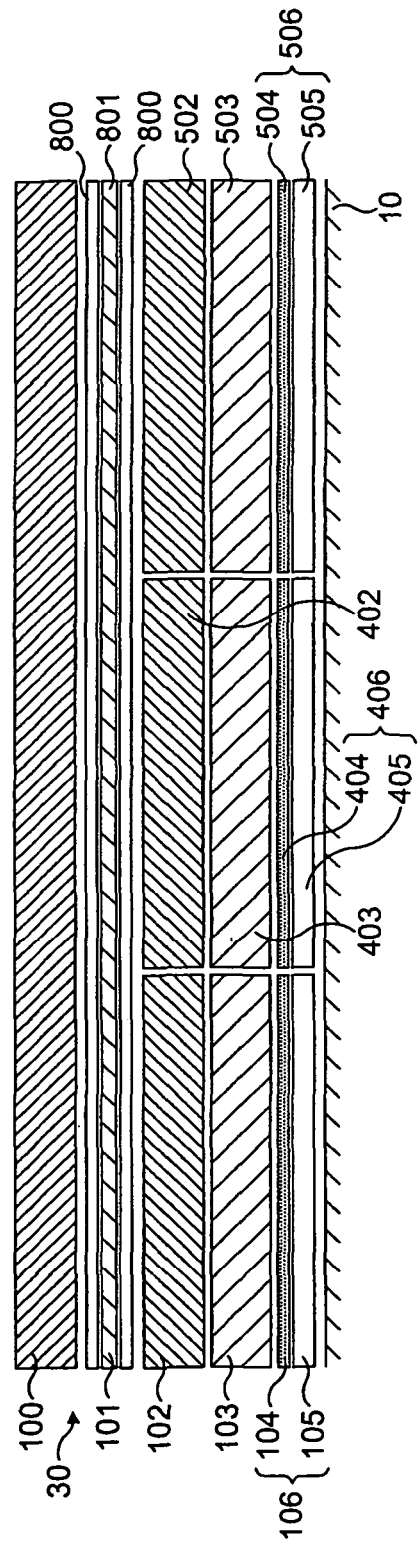


FIG. 6

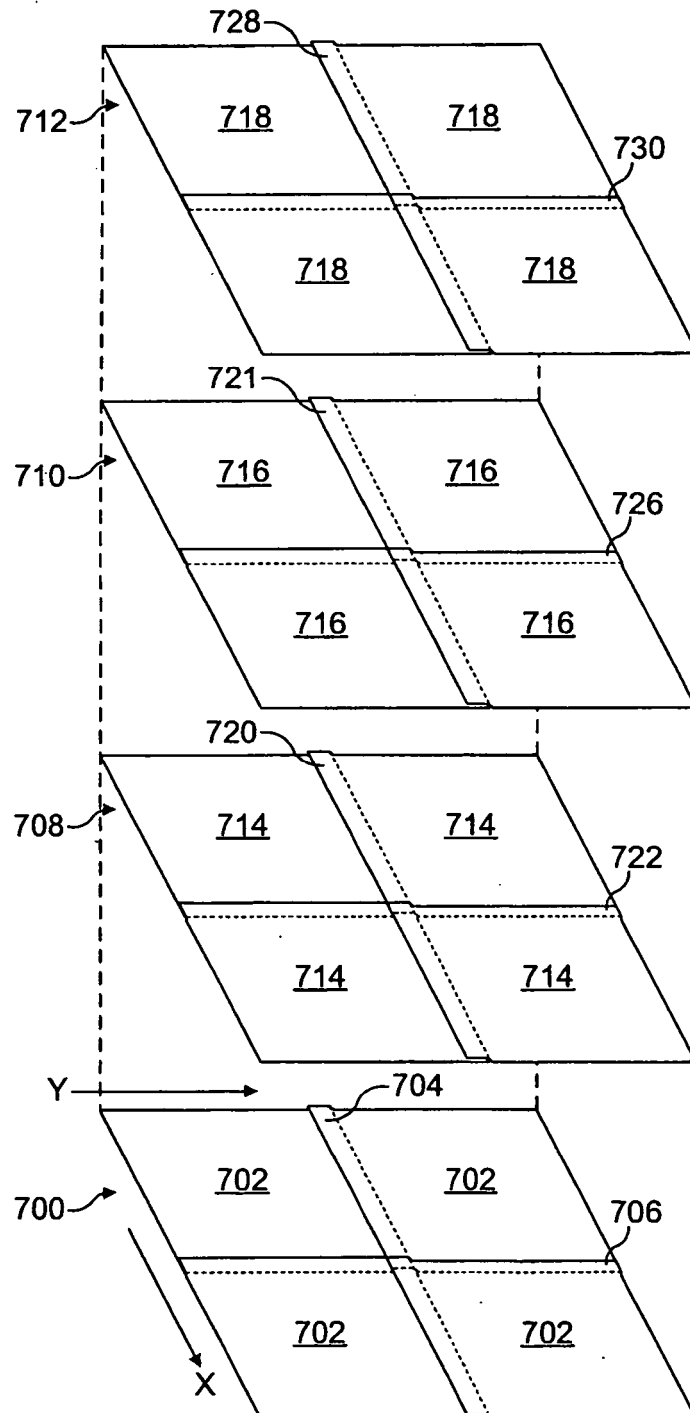


FIG. 7