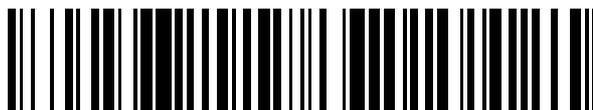


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 639**

51 Int. Cl.:

B29B 11/16 (2006.01)

B29C 70/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2003** **E 10010111 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2013** **EP 2324979**

54 Título: **Procedimiento para preparar una preforma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BECH, ANTON

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 427 639 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

Procedimiento para preparar una preforma

Campo técnico de la invención

5 La invención se refiere a compuestos reforzados con fibras. En particular, la invención se refiere a un prefabricado que comprende una resina y diversas capas de haces de fibras.

Antecedentes de la invención

Preformas que comprenden resina y fibras son conocidas en el estado de la técnica anterior.

10 La patente norteamericana 6.139.942 divulga una preforma con un apilamiento de tejido parcialmente impregnado y tejido sin impregnar. Las capas de tal apilamiento pueden deslizar antes del curado y por tanto pueden ser difíciles de manejar. Se sugiere utilizar respuntes en diagonal para impedir esto, sin embargo, este procedimiento es tedioso y puede introducir restricciones indeseables en la forma del apilamiento durante el curado.

La patente europea 0475883 divulga asimismo una preforma con una pluralidad de capas de fibras orientadas. Sin embargo, la preforma requiere la infusión de una resina para curar, lo que puede ser costoso en tiempo e impedir de algún modo la recolocación de las fibras y la resina durante el curado.

15 El documento WO 02/090089 divulga un material de moldeo que tiene una estructura de ventilación en las capas de resina, por lo demás continuas. La estructura de ventilación está diseñada para permitir retirar un gas del material de moldeo durante el procesamiento en el plano de la resina y/o en el plano del material de refuerzo. Cuando la planta del material de moldeo aumenta, esto se convertirá en un modo todavía menos seguro de retirar el gas del material de moldeo debido al riesgo creciente de oclusión durante el procesamiento.

20 El documento EP 0 033 224 se refiere a un material para formar estructuras reforzadas con fibras con una resina termoplástica. La resina termoplástica se dispone haciendo pasar las fibras a través de un baño de resina termoplástica o mezclando fibras secas con fibras termoplásticas y calentando el conjunto. A partir de estas fibras recubiertas se forma un tejido mediante tejido o tricotado. La descripción desecha específicamente el uso de resinas termoestables.

25 El documento EP 1 145 841 se refiere a un material que consiste en "capas de manojos de fibras". Cada capa de manojos de fibras consiste en manojos de fibras aparentemente mojados por completo y resina termoestable, y las capas individuales se orientan de modo que las fibras de capas diferentes se orientan de modo diferente.

El documento DE 198 09 264 se refiere a un material que consiste en un número de capas de fibras, teniendo cada capa una orientación individual, y un adhesivo de fusión. Los adhesivos preferidos y los únicos descritos son adhesivos termoplásticos (Schmelzklebergebilde aus thermoplastischem Polymermaterial, p3, l. 3-7).

30 El documento WO-A-98/34979 divulga las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Objetos de la invención

El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento para preparar una preforma que pueda ser utilizado para la fabricación de compuestos reforzados y que posea una buena reproducibilidad, baja porosidad y buenas propiedades físicas, como se define en la reivindicación 1.

35 Otro objeto de la invención es proporcionar un uso de una preforma obtenida por este procedimiento.

Descripción de la invención

Los objetos anteriores y más se consiguen mediante la invención como se describe y explica en las figuras, modos de realización preferidos y reivindicaciones.

40 Una preforma es un material compuesto que comprende fibras y, a menos que se establezca de otro modo, una resina sin curar. Las fibras se proporcionan preferiblemente en capas de fibras orientadas, como por ejemplo fibras individuales, haces de fibras, y haces de fibras impregnadas o preimpregnadas. Fibras individuales, haces de fibras y haces de fibras impregnadas son ventajosos frente a preimpregnados, ya que las fibras individuales están menos ligadas y por tanto se pueden recolocar más fácilmente durante un procesamiento subsiguiente. Además, las fibras individuales, haces de fibras y haces impregnados son ventajosos frente a preimpregnados ya que pueden ser dispuestos en la preforma con una mayor libertad, el precio es menor así como la cantidad de desecho puede ser menor. La invención proporciona una preforma que comprende una resina y al menos dos capas de haces de fibras orientadas, sin embargo, la ventaja de utilizar una preforma o un procedimiento de acuerdo con la presente invención aumentará a medida que aumente el número de capas de haces de fibras orientadas. Por ello, la preforma comprende preferiblemente al menos tres capas de

haces de fibras orientadas. Se puede utilizar un número superior de capas, como por ejemplo 4, 5, 8, 10, 15, 20, 50, 100 o más capas dentro del alcance de la invención.

Además de fibras y resina, una preforma de acuerdo con la invención puede contener, por ejemplo, uno o más rellenos (por ejemplo, un material inerte barato) y/o disolventes y/o diluyentes y/o productos reológicos y/o productos de ajuste de la viscosidad.

Las capas de fibras orientadas son haces de fibras o haces impregnados por oposición a preimpregnados, ya que esto proporciona un mayor grado de libertad de diseño y permitirá una viscosidad y movilidad menor de las fibras durante un procesamiento subsiguiente de una preforma, por ejemplo una preconsolidación o curado. Además, las preformas preparadas a partir de fibras individuales, haces de fibras y haces impregnados son ventajosas frente a preformas preparadas a partir de preimpregnados ya que el coste de producción es menor así como la cantidad de desecho es típicamente menor. Los haces de fibras son manojos de un gran número de fibras individuales, por ejemplo del orden de 1.000, 10.000 o 100.000 fibras. Los haces impregnados son haces de fibras impregnadas al menos parcialmente.

Se puede teorizar que la resistencia de un compuesto depende entre otros de la resistencia de la intercara entre las fibras y el material de matriz (esto es, la resina curada). A medida que la rigidez de la fibra aumenta, la sensibilidad a la resistencia de la intercara aumenta igualmente. La presencia de porosidad puede debilitar la intercara pero el efecto real de la porosidad depende, por ejemplo, de la posición y tamaño de los poros. Hablando en general, cuanto más grandes los poros y mayor la cantidad de poros es peor. Otro aspecto es el mojado de las fibras. La dificultad para obtener un buen mojado de las fibras aumenta a medida que disminuye el diámetro de la fibra. Los procesos y productos de la presente invención son particularmente ventajosos para preformas que comprenden fibras finas y rígidas como, por ejemplo, fibras de carbono, sin embargo, estos procesos y productos son asimismo superiores al estado de la técnica anterior cuando se utilizan otros tipos de fibras como refuerzo, como por ejemplo fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas (por ejemplo, acrílico, poliéster, PAN, PET, PE, PP o fibras de PBO), fibras biológicas (por ejemplo, cáñamo, yute, fibras de celulosa, etc.), fibras minerales (por ejemplo, Rockwool™), fibras metálicas (por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc.) o fibras de boro.

Tradicionalmente, el gas atrapado en la preforma antes y durante el curado ha sido retirado tradicionalmente en la dirección de las fibras, esto es, en el plano de una capa de resina. Por ello, cuanto más grande sea la estructura, el gas tendrá que viajar una distancia más larga para ser liberado de la estructura. El riesgo de que quede atrapado gas dentro de una estructura curada aumenta por ello con el tamaño de la estructura. Parece que el problema con el gas atrapado es particularmente pronunciado cuando el refuerzo consiste en fibras unidireccionales. Se puede especular que esto es debido al empaquetamiento muy apretado de las fibras, que puede surgir en algunas áreas de un compuesto reforzado mediante fibras unidireccionales. Sin embargo, problemas relativos a gas atrapado pueden presentarse asimismo en otros tipos de orientaciones de fibra, por ejemplo orientaciones biaxial o aleatoria, y la idea inventiva de la presente invención es por ello ventajosa para cualquier tipo de orientación de fibra, incluso si la ventaja es máxima cuando se utiliza una orientación de fibra unidireccional.

Por gas se entiende en lo que sigue aire atmosférico atrapado así como productos gaseosos, subproductos y materiales de partida relacionados con el proceso de preparación.

Las fibras puede ser una mezcla de más de un tipo de fibras. Por ejemplo, se puede utilizar una combinación de fibras de vidrio y fibras de carbono, aunque es posible cualquier combinación de dos o más de los tipos de fibras mencionados aquí. La mezcla puede ser homogénea, con diferentes concentraciones en capas de fibras separadas o con diferentes concentraciones de fibras en cualquier capa de fibras. Mezclar fibras puede ser ventajoso, ya que esto permite el diseño a medida de propiedades del material, por ejemplo desde una perspectiva combinada de tensiones/coste, o se pueden proporcionar partes de una preforma particularmente adecuadas para ser conectadas con otros materiales. Sin embargo, en un modo de realización preferido las fibras son principal o exclusivamente fibras de carbono.

Por fibras de carbono se entiende en lo que sigue fibras cuyo principal componente es carbono. Por ello, esta definición fibras de carbono comprende fibras con grafito, carbono amorfo o nanotubos de carbono. Así pues, fibras de carbono producidas, por ejemplo, por medio de una ruta de poliacrilonitrilo y una ruta basada en brea están comprendidas en esta definición.

Por fibras se entiende en lo que sigue partículas que tienen una relación de aspecto (longitud/diámetro equivalente) superior a 10. Diámetro equivalente significa el diámetro de un círculo que tiene la misma área que el área en sección transversal de la partícula. Sin embargo, en un modo de realización preferido, las fibras son fibras continuas, esto es, fibras que discurren sustancialmente de un borde a otro de una preforma.

La resina puede ser una resina termoplástica o termoestable, sin embargo, se prefiere utilizar una resina termoestable por razones de estabilidad química y térmica, así como por facilidad de procesamiento. Se prefiere además que la resina sea una resina de base epoxídica o una resina de base poliéster, más preferiblemente una resina de base epoxídica. La resina puede comprender más de un sistema de resina. Puede ser ventajoso utilizar más de un sistema de resina para poder

5 optimizar las propiedades de la resina para las etapas de procesamiento subsiguientes, por ejemplo, con relación a la viscosidad y temporización/control del proceso de curado. Estos sistemas pueden estar basados o no en el mismo tipo de resina, sin embargo, se prefiere que tales sistemas estén basados en el mismo tipo de resina, como por ejemplo dos o más sistemas de base epoxídica. En otro modo de realización preferido, los tipos de resina difieren pero las resinas son compatibles.

10 El procedimiento de acuerdo con la invención está adaptado para un procesamiento automatizado. Por ejemplo, las capas de haces de fibras orientadas, el adhesivo y la resina pueden ser distribuidos ventajosamente por un robot. La automatización se facilita por una inmovilización al menos parcial de las fibras mediante un adhesivo, que impedirá o reducirá al menos en gran parte perturbaciones en las capas de haces de fibras orientadas. Cuando el adhesivo sólo se aplica en áreas seleccionadas de la planta de la preforma, se ahorra todavía más tiempo en comparación con distribuir la resina en la totalidad de la planta.

15 Los sistemas de resina pueden contener componentes que pueden ser irritantes o dañinos cuando entran en contacto con la piel, si se ingieren o inhalan. Por tanto es altamente deseable evitar el contacto directo. Como los productos y procesos de acuerdo con la invención están particularmente bien adaptados para su automatización, los productos y procesos de acuerdo con la invención representan una mejora significativa en el entorno de trabajo.

Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 muestra una vista esquemática en sección transversal de una preforma.

La fig. 2 muestra una vista esquemática de plantas geométricas preferidas y orientaciones de fibra en una preforma.

La fig. 3 muestra una vista esquemática de configuraciones preferidas de una capa de resina.

20 La fig. 4 muestra una vista esquemática de configuraciones preferidas de un adhesivo.

La fig. 5 muestra ejemplos de preformas con partes ahusadas.

La fig. 6 muestra una vista esquemática de un procedimiento preferido para preparar una resina.

La fig. 7 muestra un ejemplo de una preforma que tiene partes ahusadas preparadas a partir de capas de fibras que tienen sustancialmente el mismo tamaño.

25 La fig. 8 muestra un ejemplo de una preforma mejorada para el acoplamiento de dos miembros de compuesto que comprende dos tipos diferentes de fibras de refuerzo.

Descripción de los dibujos

30 En la fig. 1 se muestra un ejemplo de una vista esquemática en sección de una preforma indicando un ejemplo del orden de los componentes. En una preforma real, la distancia entre las capas sería mucho menor y la resina y el adhesivo estarían habitualmente parcialmente absorbidos en las capas de fibras. Se proporcionan capas de fibras orientadas 2 con tiras de adhesivo 6 (véase la fig. 4) en un ángulo (aquí, aproximadamente perpendicular) respecto a las capas de haces de fibras orientadas 2. Se proporcionan asimismo dos capas de resina 4. La resina 4 se distribuye como un número de líneas (véase la fig. 3) en un ángulo (aquí, aproximadamente perpendicular) respecto a las capas de haces de fibras orientadas 2. La resina se distribuye por ello en una capa discontinua para permitir que el gas escape de la preforma perpendicularmente a la dirección de los haces de fibras.

35 En la fig. 1, se proporciona la resina entre dos capas de haces de fibras. Esta es la ubicación preferida de la resina, y cuando esta ubicación se utiliza, la resina se distribuye en capas discontinuas. Sin embargo, la resina puede ser dispuesta asimismo en contacto tan sólo con una capa de haces de fibras, esto es, en la parte superior o en la parte inferior de la preforma. En un modo de realización preferido, la resina se proporciona tan sólo en la parte superior y/o la parte inferior de la preforma, esto es, sólo se proporciona adhesivo entre las capas de fibras. En otro modo de realización preferido, la resina se proporciona tan sólo en la parte inferior de la preforma, esto es, entre las capas de fibras sólo se proporciona adhesivo.

40 El adhesivo 6 debe inmovilizar al menos parcialmente las fibras que están dispuestas sobre el adhesivo. El adhesivo puede ser cualquier tipo de adhesivo, sin embargo, el adhesivo debe ser compatible con la resina, preferiblemente el adhesivo es un adhesivo de tipo resina y relacionado con la resina de la preforma en el sentido de que comprende el mismo tipo de química. Por ejemplo, el adhesivo puede comprender al menos uno de los componentes de la resina (por ejemplo, un componente epoxídico común). Un modo de asegurar la compatibilidad entre la resina y el adhesivo es utilizar sustancialmente la misma composición. En un modo de realización preferido, la composición del adhesivo es la misma que la composición del adhesivo. Está dentro del ámbito de la invención utilizar más de un adhesivo en una preforma. Por ejemplo, algunas porciones de adhesivo pueden tener la misma composición que la resina, mientras que otras porciones

pueden tener una composición diferente.

Ejemplos de modos de realización preferidos de plantas geométricas 10 de preformas se muestran en la fig. 2. Las líneas 2 indican la orientación(es) principal(es) de las fibras de una capa de fibras. Cada capa de fibras comprende típicamente un gran número (por ejemplo, múltiples millones) de fibras orientadas en la orientación principal y, opcionalmente, en orientaciones adicionales. Un experto en la técnica podrá derivar un número de otras plantas geométricas sin alejarse de la idea inventiva de la invención. La fig. 2A muestra una preforma rectangular, que puede ser particularmente adecuada para estructuras planas o cilíndricas. Las figs. 2B a 2F muestran preformas con plantas sustancialmente trapezoidales. Los ángulos α y β pueden ser los mismos o diferentes, sin embargo, se prefiere que estos ángulos sean sustancialmente el mismo, ya que la preforma puede ser utilizada entonces para la producción de estructuras cónicas, por ejemplo.

5 El cociente de la distancia entre los lados paralelos y la longitud de cualquiera de los lados paralelos es preferiblemente al menos 3, y más preferiblemente al menos 5, ya que tales preformas son particularmente útiles para la producción de estructuras largas, ligeramente cónicas, como largueros para palas de turbinas eólicas. La planta de la fig. 2F tiene un cociente de, aproximadamente, 6.

15 La fig. 2G muestra una preforma con una planta triangular. De nuevo, se prefiere que los ángulos α y β sean sustancialmente el mismo. Tal preforma puede ser particularmente útil para reforzar una estructura con una esquina relativamente aguda. La preforma de la fig. 2H tiene una planta cuadrangular más irregular. Tales plantas cuadrangulares pueden tener o no uno o dos ángulos de 90°.

20 La fig. 2I es un ejemplo de una capa que tiene dos orientaciones principales de fibras. Aquí, las fibras están orientadas principalmente paralelas a los bordes más largos, sin embargo, otras orientaciones son posibles así como más de dos orientaciones principales. La fig. 2J muestra un ejemplo de una capa que tiene fibras no rectas. Las fibras se orientan preferiblemente para optimizar la estructura final (tras el conformado y curado) en relación a la resistencia y/u otras propiedades.

25 Las fibras deben ser orientadas de modo que refuercen áreas de la estructura final que estarán expuestas a mayor tensión durante su funcionamiento. Típicamente, esto puede ser llevado a cabo orientando las fibras principalmente de modo unidireccional, y ya sea sustancialmente en paralelo o en perpendicular a un borde de la preforma. En las figuras 2A, C, D, H y I, las fibras se sitúan sustancialmente en paralelo respecto al menos a un borde de la preforma, y en las figuras 2A, B, E, F, G y H los haces de fibras se sitúan sustancialmente en perpendicular respecto al menos a un borde de la preforma. Si la planta tiene dos lados paralelos y el cociente de la distancia entre los lados paralelos y la longitud de cualquiera de los lados paralelos es muy grande, esto es, > 5 , entonces fibras unidireccionales situadas entre los dos 30 lados paralelos pueden ser consideradas como sustancialmente paralelas a los bordes más largos (véase, por ejemplo, la fig. 2F).

La orientación de las fibras es como se define en la reivindicación 1.

35 Otro modo de reforzar el área de la estructura final, que estará expuesta a mayores tensiones durante su funcionamiento, es aumentar la cantidad de fibras en estas áreas. Un ejemplo de esto se muestra en la fig. 2E, en la que el área próxima a la parte central de la preforma tiene una mayor cantidad de haces de fibras que las partes externas de la preforma.

40 La resina se dispone para formar una capa o capas discontinuas, incluso aunque esto no sea un requerimiento para capas de resina en las que el gas no escapará durante una consolidación y/o curado subsiguientes de la preforma. Se pueden formar alternativamente, por ejemplo, puntos discretos de resina a partir de una resina suministrada como líquido. Una resina líquida puede ser dispuesta asimismo como una línea o diversas líneas, que pueden formar un patrón orientado, un patrón aleatorio, o un patrón combinado. Un ejemplo de un patrón orientado se muestra en la fig. 3A, en la que una resina se distribuye como líneas de resina 4a perpendiculares a una orientación principal de la fibra. Como variación respecto a la distribución mostrada en la fig. 3A, la resina puede ser dispuesta parcialmente sobre el borde, esto es, la parte vuelta del cordón puede estar fuera de la planta para proporcionar todavía mayor densidad de resina. Sin embargo, esto dará como resultado un desecho indeseado y debe ser omitido por ejemplo controlando flujo de resina 45 durante la aplicación. Un ejemplo de un patrón aleatorio se muestra en la fig. 3C, en la que una resina se distribuye como líneas rizadas. Una aproximación diferente a una capa discontinua de resina se muestra en la fig. 3D, en la que se dispone una lámina de resina 4d que tiene un número de orificios pasantes 12. Como es obvio de estos ejemplos de patrones de resina, un experto en la técnica podrá proporcionar otros patrones sin alejarse de la idea inventiva de la invención.

50 El adhesivo 6 puede ser dispuesto en principio en los mismos patrones que la resina, sin embargo, se prefiere proporcionar un patrón menos denso para el adhesivo con el fin de ahorrar tiempo. En la fig. 4 se muestran algunos modos de realización preferidos de la distribución de adhesivo. Es importante tener en mente que el propósito del adhesivo es asegurar que las fibras están inmovilizadas al menos parcialmente para facilitar la colocación de las fibras. Además, el adhesivo aumentará a menudo la resistencia mecánica y por ello la manejabilidad de una preforma sin 55 consolidar y sin curar, fijando al menos parcialmente capas contiguas de fibras entre sí. Un modo de asegurar facilitar la

colocación de fibras es proporcionar una tira de adhesivo cerca de, o exactamente donde, las fibras comienzan durante la colocación de fibras. En la fig. 4A la dirección de la colocación de fibras se indica mediante la flecha 14. Por ello, las fibras comienzan cerca del adhesivo 6a. Un modo preferido de asegurar una fijación relativamente buena de las fibras es proporcionar un adhesivo 6b cerca de la terminación de las fibras. Si el adhesivo 6a y 6b no proporcionan una fijación suficiente de las fibras, se puede proporcionar un adhesivo adicional 6c. En la fig. 4A el adhesivo se proporciona como tiras, sin embargo, otros modos de realización son igualmente posibles, como por ejemplo puntos, líneas rotas o curvadas, etc. En algunos casos, la automatización puede favorecer un patrón de adhesivo, en el que el adhesivo se aplica en una línea continua, por ejemplo como un patrón en zigzag, como se muestra en la fig. 4B. Este es un ejemplo de un patrón en el que el número de comienzos y terminaciones de adhesivo se reduce en comparación con el patrón de la fig. 4A. Un experto en la técnica apreciará la ventaja de proporcionar sólo una cantidad limitada de adhesivo en comparación con una capa completa o casi completa de resina, o un respunte en diagonal, concretamente con respecto al tiempo ahorrado durante el procesamiento y a la facilidad de automatización.

En algunas aplicaciones, la preforma está destinada a estructuras de refuerzo con una sección transversal no circular, como por ejemplo un larguero que tiene una sección transversal sustancialmente rectangular en el que la preforma debe ser curvada alrededor de un borde relativamente agudo. La orientación preferida de fibras en tal caso es que la orientación principal de las fibras sea paralela al borde, por ejemplo en la dirección I-I en la fig. 5. Puede ser ventajoso entonces formar al menos parte de la preforma tridimensionalmente para mejorar el conformado de la preforma. Para conseguir un rendimiento significativo de un conformado tridimensional, habitualmente la preforma debe comprender preferiblemente al menos tres capas de haces de fibras orientadas, ya que si la preforma consiste tan sólo en dos capas, la preforma puede ser curvada habitualmente sin el conformado tridimensional de la preforma. Cuanto mayor sea el número de capas, mayor el beneficio del conformado tridimensional de la preforma. En un modo de realización preferido, se proporciona una preforma con dos secciones ahusadas 22 hacia los bordes sustancialmente paralelos a la orientación de fibras, como se indica en la fig. 5; sin embargo, un experto en la técnica puede derivar un número de variaciones sin alejarse de la idea inventiva de la invención. Tales variaciones pueden ser, por ejemplo, utilizar una, tres u otro número de partes ahusadas, usar uno o más escalones en lugar de partes ahusadas, situar una parte ahusada lejos de un borde, por ejemplo, cerca del centro, etc.

Por conformado tridimensional se entiende aquí que el grosor (por ejemplo, el número de capas o cantidad de fibras y/o resina) y/o la forma de la planta se ajusta para una parte (por ejemplo, 20, 22) de la preforma con relación al volumen (por ejemplo, 24) de la preforma.

El conformado tridimensional puede ser aplicado asimismo para reducir las tensiones interfaciales entre una preforma y una estructura contigua. Ejemplos de tales estructuras contiguas son otras preformas y partes de estructuras más grandes, por ejemplo, una raíz de una pala para una turbina eólica. Típicamente, tales formas tridimensionales implicarán la creación de un gran área de contacto perpendicular a la dirección la de tensión principal en al menos un eje. En la fig. 5, una parte 20 es un ejemplo de una forma tridimensional para reducir las tensiones interfaciales entre la preforma y una estructura contigua conectada. Una distancia mucho más grande que la distancia perpendicular separa las terminaciones de las capas de fibras en la sección ahusada 20, como se ve en la sección transversal a lo largo de I-I en la fig. 5, y por ello se reducirá la tensión interfacial.

Una planta concreta o una forma tridimensional puede conseguirse, por ejemplo, iniciando y/o terminando selectivamente haces de fibras durante la colocación de fibras.

La principal función del adhesivo es inmovilizar las fibras cuando se sitúan sobre el adhesivo. Esto se puede conseguir mediante un adhesivo pegajoso, en el que las fibras se pegan al adhesivo pegajoso. El adhesivo puede ser cualquier material pegajoso, o un sólido con una superficie pegajosa, y el adhesivo puede comprender, por ejemplo, poliéster, poliuretano, epoxi o compuestos similares, o una combinación de estos. Entra dentro del alcance de la invención utilizar cualquier material o combinación de materiales que tengan una superficie pegajosa, incluyendo materiales sólidos con superficies pegajosas. Se puede utilizar más de un tipo de adhesivo en una preforma. Por ejemplo, está dentro del alcance de la invención utilizar resina como un adhesivo entre las capas de haces de fibras en donde se proporciona una resina o utilizar un segundo tipo de resina por debajo de la primera capa de haces de fibras.

La resina es líquida al preparar la preforma. La resina puede estar basada, por ejemplo, en un poliéster insaturado, poliuretano, epoxi, termoplástico, o compuestos químicos similares, incluyendo combinaciones de éstos.

La resina puede comprender más de un sistema, por ejemplo la resina puede comprender dos sistemas o incluso más sistemas. Estos sistemas pueden ser cualquier combinación de tipos de sistemas diferentes o del mismo, sin embargo, se prefiere que la resina comprenda dos sistemas de base sustancialmente epoxídica. En un modo de realización preferido, dos sistemas de base epoxídica comprenden un componente común. El componente común puede ser, por ejemplo, un catalizador común, un componente de amina común, o un componente de epoxi común, sin embargo, se prefiere que el componente común sea un componente de epoxi. Una resina que comprende dos sistemas de base epoxídica con un componente de epoxi común puede comprender un componente de amina de un primer sistema de base epoxídica que

reaccionará con el componente de epoxi común a una primera temperatura relativamente baja, como por ejemplo por debajo de 50 °C, preferiblemente aproximadamente a temperatura ambiente. A esta primera temperatura, un segundo sistema de base epoxídica es preferiblemente no reactivo, o la reacción tiene lugar a una velocidad muy baja. Como la velocidad de reacción del segundo sistema de base epoxídica debe ser muy baja, puede ser ventajoso que sea catalizada mediante un catalizador, que permanece inactivo hasta que se activa. Esta activación puede ser, por ejemplo, mediante luz ultravioleta, adición de un componente, o por calor, sin embargo, se prefiere que el catalizador se active por calor.

En un modo de realización esquematizado en la fig. 6, una premezcla 36 comprende componentes de amina 30a y 30b y un catalizador 32, preferiblemente para catalizar el curado de un segundo sistema de base epoxídica. La premezcla debe ser una solución o lechada estable, y si la viscosidad es demasiado baja para impedir la precipitación de un componente sólido, como por ejemplo un catalizador, se puede añadir una pequeña cantidad de un componente de epoxi, preferiblemente un componente de epoxi común de los sistemas. Típicamente, entre un 0,1 y un 5% en peso de epoxi debe ser suficiente para ajustar la viscosidad. La premezcla y un componente de epoxi común deben ser mezclados inmediatamente antes de la distribución de la resina 40. La resina puede ser calentada hasta disminuir la viscosidad, aunque preferiblemente la resina es semisólida a temperatura ambiente.

Las resinas que se van a utilizar de acuerdo con la presente invención pueden ser preparadas en la mayoría de los modos tradicionales conocidos por un experto en la técnica, y el modo de realización con relación a la preparación de la resina que se describe en la fig. 6 debe considerarse como un ejemplo de cómo debe ser preparada una resina. Este modo de realización no debe ser considerado en modo alguno como una limitación al alcance de la invención.

Alternativamente, se puede proporcionar una forma tridimensional sencilla, como se muestra en la fig. 7, en la que un número de plantas idénticas de fibras orientadas 50 se sitúan una sobre la otra aunque desplazadas ligeramente. Las líneas mostradas en las plantas 50 no indican la orientación de los haces de fibras, sino que se incluyen meramente para mejorar la distinción entre las distintas capas cuando se combinan. En la sección intermedia de la fig. 7, las capas se sitúan una sobre la otra paso a paso, y forman así una preforma en la parte inferior de la fig. 7 que tiene partes 52 con un bajo número de capas de fibras, partes 54 con un número intermedio de capas de fibras, y una parte 56 con un alto número de capas de fibras. Cuando se proporciona un alto número de capas, entonces las partes 52 y 54 pueden prepararse para aparecer casi con forma de huso. Este procedimiento puede proporcionar simultáneamente una preforma que tiene dos, tres, cuatro o más partes ahusadas.

Las propiedades de un compuesto reforzado con fibras dependen en gran medida de las propiedades de la fibra. Sin embargo, las propiedades de distintos tipos de fibras varían considerablemente. Por ejemplo, el coeficiente de expansión térmica de las fibras de carbono es muy bajo, y en algunos casos es incluso negativo. Por lo tanto puede ser muy difícil conectar compuestos reforzados con fibras de carbono con compuestos reforzados mediante otro tipo de fibras, y por tanto una preforma que comprenda fibras de carbono puede ser mejorada ventajosamente para su acoplamiento a un miembro compuesto que comprende fibras de un segundo tipo y una resina. Ejemplos de fibras del segundo tipo son fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas (por ejemplo, acrílico, poliéster, PAN, PET, PE, PP o fibras de PBO), fibras biológicas (por ejemplo, cáñamo, yute, fibras de celulosa, etc.), fibras minerales (por ejemplo, Rockwool™), fibras metálicas (por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc.) o fibras de boro.

En un modo de realización preferido, la preforma se mejora para su conexión dotando a la preforma de fibras de un segundo tipo. Estas fibras de un segundo tipo deben extenderse más allá de la preforma para proporcionar una parte para su conexión. Las fibras del segundo tipo, así como las fibras de carbono, pueden ser dispuestas en capas entretejidas ricas en las fibras respectivas. Por ejemplo, las capas pueden tener exclusivamente sólo un tipo de fibras. En un modo de realización preferido, las capas que comprenden fibras del segundo tipo se proporcionan como preimpregnados. Los preimpregnados pueden ser preimpregnados unidireccionales, sin embargo, los resultados experimentales sugieren, sorprendentemente, que preimpregnados biaxiales que comprenden fibras del segundo tipo proporcionan una mejor base para conectar la preforma a una estructura reforzada con fibras del segundo tipo.

Cerca del final de una capa de fibras entretejidas en un material que tiene propiedades diferentes, se acumulará una concentración de tensiones. Para reducir o evitar el acoplamiento de tensiones de los extremos de una capa con los extremos de la siguiente capa, la distancia de entretejido debe ser mayor que la extensión de la concentración de tensiones. Como la extensión de la concentración de tensiones es difícil de establecer, se prefiere utilizar un margen de seguridad, y por ello separar los extremos de dos capas contiguas mediante al menos el doble de la extensión de la concentración de tensiones.

Es razonable asimismo asegurar que la distancia entre el final de la capa más próxima del mismo tipo de fibras debe estar separada por una distancia que corresponde a la extensión de una concentración de tensiones, preferiblemente con un margen de seguridad, y usando por ello un factor 2.

La extensión de la concentración de tensiones depende de un número de factores, como por ejemplo el grosor de las capas, el tipo de fibras, el tipo de resina, etc., y se puede establecer por modelado o mediante procedimientos empíricos.

Las preformas de acuerdo con la invención y proporcionadas por un procedimiento de acuerdo con la invención son muy útiles para preconsolidación, ya que el escape del gas de la preforma se ve facilitado por la presencia de capas discontinuas de resina. Las preformas pueden ser utilizadas alternativamente directamente para preparar miembros compuestos por curado. Concretamente, las preformas son extremadamente útiles para la preparación de miembros para
5 palas de turbina eólica, ya que se pueden producir compuestos que satisfacen los requerimientos de calidad y reproducibilidad.

Cuando se van a preparar estructuras más grandes que comprenden preformas de acuerdo con la invención o preformas producidas mediante un procedimiento de acuerdo con la invención, esto puede seguir un procedimiento en el que la preforma se conforma de modo al menos parcialmente plástico. La preforma puede ser conectada a preformas
10 adicionales antes o después del conformado para proporcionar una estructura más grande. La preforma puede ser conectada asimismo a otras estructuras. Se prefiere, aunque no es un requerimiento, que las conexiones impliquen una parte ahusada o capas que comprenden fibras de un segundo tipo. La estructura combinada puede ser puesta en un recinto en vacío y suministrada con vacío antes del curado. Finalmente, la estructura de preformas se cura.

La fig. 8 muestra un ejemplo de una sección transversal de una preforma que es mejorada para su conexión a una estructura o a otras preformas que están reforzadas por fibras de un segundo tipo. Conexiones más esmeradas son
15 particularmente importantes cuando las propiedades físicas de las estructuras que van a ser conectadas difieren significativamente. Típicamente, las propiedades físicas están dictadas en gran medida por las fibras de refuerzo, y ejemplos de propiedades físicas relevantes son el coeficiente de expansión térmica, CTE, y el módulo de Young. Por ello, estos tipos de conexiones son relevantes, por ejemplo, cuando un compuesto que comprende fibras de carbono se conecta a un compuesto reforzado por otro tipo de fibras, ya que el CTE de las fibras de carbono es muy bajo y puede
20 incluso ser negativo. Sin embargo, el mismo tipo de conexiones puede ser utilizado para conexiones fuertes entre compuestos reforzados por otros tipos de fibras. Las fibras del segundo tipo pueden ser cualquiera de los tipos de fibras mencionados anteriormente en la descripción, y por ejemplo este tipo de conexión puede ser utilizada para conectar un compuesto reforzado con fibras de carbono a un compuesto reforzado con fibras de vidrio. La preforma en la fig. 8 tiene
25 capas de fibras del segundo tipo 62 (por ejemplo, fibras de vidrio) entretejidas entre las capas de fibras de carbono 60 de la preforma en bloque.

En un modo de realización preferido, la distancia de solape del entretejido 64 es mayor que la extensión de la condición terminal de tensión de la intercara entre capas ricas en fibras de carbono, o que contienen exclusivamente las mismas, y
30 capas ricas en fibras del segundo tipo, o que contienen exclusivamente las mismas, ya que esto evitará un acoplamiento o acumulación de tensiones entre las capas entretejidas. Por la misma razón y por razones de introducción de un margen de seguridad, es más preferible que la distancia del entretejido 64 sea superior al doble de la extensión de la condición terminal de la tensión de la intercara.

En otro modo de realización preferido, la distancia 66 entre los extremos de las capas ricas en fibras del segundo tipo que están entretejidas entre capas ricas en fibras de carbono, está separada por una distancia superior a la extensión de la
35 condición terminal de la tensión de intercara entre capas ricas en fibras de carbono y capas ricas en fibras del segundo tipo. De nuevo, esto es para evitar un acoplamiento o acumulación de tensiones entre las capas entretejidas. Por la misma razón y por la razón de introducir un margen de seguridad, es más preferible que la distancia entre los extremos de las capas ricas en fibras del segundo tipo sea superior al doble de la extensión de la condición terminal de la tensión de intercara.

En un modo de realización preferido, la preforma es tratada además por preconsolidación para formar una preforma preconsolidada, como se describe en la siguiente sección. La preconsolidación es particularmente útil cuando las fibras se proporcionan como fibras individuales, haces de fibras, haces de fibras impregnadas en comparación con fibras proporcionadas en preimpregnados como una viscosidad menor durante el proceso de preconsolidación. Esto aumentará
40 la redistribución de resina y/o fibras, lo que es altamente deseable ya que aumenta la homogeneidad del producto resultante.

Por preconsolidación se entiende aquí un proceso por el que un gas dentro de una preforma es retirado y se produce una preforma de baja porosidad. La preconsolidación implica una redistribución de resina y, opcionalmente, una redistribución de fibras. Además, la preconsolidación puede implicar un curado limitado de la resina. La preconsolidación es particularmente útil ya que produce una preforma densa (denominada en lo que sigue una preforma preconsolidada). Las
50 preformas y compuestos preconsolidados preparados a partir de preformas preconsolidadas serán apreciadas entre otras razones debido a su buena reproducibilidad, baja porosidad, elevada homogeneidad, elevada resistencia, capacidad de conformado plástico de la preforma preconsolidada, capacidad de ser conectada a otras preformas y/u otras estructuras, adecuación para su automatización y elevada vida en almacenamiento sin un curado prematuro.

Cuando la preconsolidación implica un curado limitado, este curado limitado puede implicar una liberación de hasta el
55 50% de la energía que se liberará por un curado completo de la resina. Sin embargo, se prefiere que la extensión del curado se limite a una extensión que permita que la preforma sea deformada plásticamente. El grado de curado que

permitirá la deformación plástica de una preforma preconsolidada depende, entre otras variables, de la resina exacta, así como del tipo de fibra y contenido de fibra. Generalmente, se prefiere que el curado limitado implique menos del 20% de la energía que se liberará por un curado completo de la resina, y más preferiblemente que el curado limitado implique entre el 3 y el 15% de la energía que se liberará por un curado completo.

- 5 Hablando en general, el proceso de preconsolidación debe reducir la porosidad de una preforma, sin embargo, se prefiere que la porosidad resultante de la preforma preconsolidada sea menor de un 5% en volumen, preferiblemente menor de un 2% en volumen, y más preferiblemente menor de un 1% en volumen. En algunos casos, una porosidad de incluso el 1% puede reducir las propiedades de un compuesto considerablemente. En estos casos, se apreciará que el procedimiento y las preformas preconsolidadas pueden ser producidas con porosidades muy por debajo del 1%. Por ejemplo, una
- 10 porosidad reproducida de, aproximadamente, el 0,2% en volumen se consiguió para un compuesto con un 60% de fibras de carbono en epoxi. La reducción de la porosidad puede ser resultado, por ejemplo, de una exposición de la preforma a una presión y/o a un vacío en relación con el proceso de preconsolidación.

- La porosidad de la preforma preconsolidada no puede ser establecida directamente, ya que la densidad no es conocida y puede variar a lo largo del material. Por ello, la porosidad debe ser establecida mediante un procedimiento óptico sobre una muestra materialográfica. La preparación de muestras materialográficas a partir de una preforma preconsolidada sin curar es un proceso muy exigente, ya que el material comprende tanto un elemento muy blando (esto es, una resina) como un elemento muy duro (esto es, la fibra). Para establecer un resultado reproducible es necesario por consiguiente curar la preforma antes de la preparación materialográfica. Este curado debe ser sin presión para asegurar que la porosidad no se ve afectada por el proceso.
- 15

- 20 Para asegurar la manejabilidad, la preforma preconsolidada debe ser sustancialmente no pegajosa, esto es, debe ser desprendible fácilmente de cualquier superficie relevante y no debe dejar unas cantidades excesivas de resina sobre una superficie cuando se desprende.

- Para asegurar una larga vida en almacenamiento y/o la estabilidad durante el transporte es importante que la reacción de curado del volumen de la resina sea lo suficientemente baja a temperatura ambiente y que no se active por accidente un catalizador, si estuviera presente. Por ejemplo, si el catalizador se activa por calentamiento, se debe asegurar que la temperatura de activación es considerablemente superior que la temperatura máxima esperada durante el almacenamiento.
- 25

- Una de las características de las preformas preconsolidadas es que son deformables al menos parcialmente. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante un curado equilibrado y limitado durante el proceso de preconsolidación. En un modo de realización preferido, al menos una parte de una preforma preconsolidada es capaz de ser curvada alrededor de un eje paralelo a la orientación principal de la fibra con un diámetro superior a 1 cm, sin embargo, en algunos casos una preforma preconsolidada puede ser curvada con un diámetro superior a 5 cm por deformación plástica. Los diámetros de curvado bajos se pueden conseguir recolocando la resina y/o fibras, o mediante un conformado tridimensional de una preforma. Por conformado tridimensional se entiende aquí que el grosor (por ejemplo, el número de capas o la cantidad de fibras y/o resina) y/o la forma de la planta se ajustan para una parte de la preforma con relación al volumen de la preforma. Típicamente, sólo una parte de la preforma preconsolidada está preparada para un curvado muy agudo, mientras que el curvado alrededor de un eje con diámetros mayores, por ejemplo 50 cm, se puede llevar a cabo a menudo para todas las partes de la preforma preconsolidada.
- 30
- 35

- La rigidez de una preforma conseguida durante un proceso de preconsolidación debe asegurar que la preforma preconsolidada es lo suficientemente rígida para evitar la relajación de la preforma preconsolidada en la dirección longitudinal de las fibras cuando se sitúa sobre una superficie no plana, y permitir aún así una deformación plástica alrededor de un eje paralelo a la dirección longitudinal de las fibras. En concreto, cuando una preforma preconsolidada que comprende fibras de carbono se sitúa sobre capas transversales de fibra de vidrio o de preimpregnados de fibra de vidrio con un solape parcial, entonces la preforma preconsolidada debe permanecer sustancialmente plana durante su disposición y curado, mientras que las fibras de vidrio deben ajustarse al perfil/forma de la preforma preconsolidada. Por ello, las fibras de carbono permanecerán rectas, lo que conduce a una resistencia aumentada de la estructura combinada.
- 40
- 45

- El proceso de preconsolidación conduce a menudo a un aumento en la viscosidad de la resina en la preforma, por ejemplo por un curado parcial. Se prefiere que la viscosidad a temperatura ambiente aumente en un factor de al menos dos, y más preferiblemente en un factor de al menos cinco, ya que un aumento en la viscosidad mejorará la manejabilidad, resistencia y falta de pegajosidad. En algunos casos, la viscosidad puede ser aumentada en un factor mucho mayor, como por ejemplo 10, 100 o 1000. Este es el caso, por ejemplo, si parte de la resina se inyecta en la preforma como un líquido a temperatura ambiente. Otro modo de expresar el aumento en viscosidad es mirar directamente a la viscosidad. Se prefiere que la viscosidad de la resina en la preforma sin consolidar esté entre, aproximadamente, 100 y 10.000 cP a la temperatura a la que se lleva a cabo el proceso de preconsolidación, preferiblemente entre, aproximadamente, 500 y 3000 cP.
- 50
- 55

La temperatura a la cual se lleva a cabo el proceso de preconsolidación puede variar considerablemente dependiendo concretamente de la composición de la resina. Típicamente, las temperaturas de preconsolidación para sistemas de resina de base epoxídica son entre 50 y 90 °C, y preferiblemente entre 60 y 80 °C, sin embargo, puede ser posible tanto temperaturas más altas como más bajas en algunos sistemas.

- 5 El proceso de preconsolidación puede conducir a un aumento en la temperatura de transición vítrea, T_g , de la resina, por ejemplo por un curado parcial. Se prefiere que la T_g de la resina aumente durante la preconsolidación en al menos 2 °C, y preferiblemente en al menos 5 °C, ya que un aumento en T_g indica habitualmente un aumento en el peso molecular promedio de la resina, lo que mejorará la manejabilidad, resistencia y falta de pegajosidad. En algunos casos, T_g puede aumentar más. Esto es concretamente el caso cuando la T_g de la preforma sin consolidar es muy baja.
- 10 Hablando en general, una preforma preconsolidada de acuerdo con la invención con un sistema de resina de base epoxídica debe tener típicamente una T_g entre -10 y +30 °C, y preferiblemente una T_g entre -5 y +10 °C. En un modo de realización preferido, la T_g de la resina de la preforma preconsolidada es superior a, aproximadamente, 0 °C, y preferiblemente superior a, aproximadamente, 3 °C. Para la preforma sin consolidar, la T_g de la resina debe estar por debajo de, aproximadamente, 5 °C, y preferiblemente por debajo de, aproximadamente, 2 °C.
- 15 En algunos casos, curar una preforma preconsolidada sin exposición a un vacío dará como resultado un material con propiedades equivalentes a una preforma curada en vacío, ya que la porosidad ha sido eliminada o enormemente reducida durante el proceso de preconsolidación anterior al curado.

- La resina puede comprender más de un sistema, por ejemplo la resina puede comprender dos sistemas. Estos sistemas pueden ser cualquier combinación del mismo tipo de sistemas, o de diferentes sistemas, sin embargo, se prefiere que la resina comprenda dos sistemas de base sustancialmente epoxídica. Los sistemas de una resina deben ser compatibles. En un modo de realización preferido, dos sistemas de base epoxídica comprenden un componente común. El componente común puede ser, por ejemplo, un catalizador común, un componente de amina común o un componente de epoxi común, sin embargo, se prefiere que el componente común sea un componente de epoxi. Una resina que comprende dos sistemas de base epoxídica con un componente de epoxi común puede comprender un componente de amina de un primer sistema de base epoxídica que reaccionará con el componente de epoxi común a una primera temperatura relativamente baja, como por ejemplo por debajo de 50 °C, preferiblemente aproximadamente a temperatura ambiente. A esta primera temperatura, un segundo sistema de base epoxídica es preferiblemente no reactivo, o la reacción tiene lugar a una velocidad muy baja. Como la velocidad de reacción del segundo sistema de base epoxídica debe ser muy baja, puede ser ventajoso que sea catalizada mediante un catalizador, que permanece inactivo hasta que se activa. Esta activación puede ser, por ejemplo, mediante luz ultravioleta, adición de un componente, o por calor, sin embargo, se prefiere que el catalizador se active por calor.
- 20
- 25
- 30

- En un procedimiento preferido para preconsolidar una preforma, se sitúa una preforma en una superficie de reacción, como por ejemplo una placa, un molde, etc. Se prefiere que la superficie de reacción sea plana y que aguate calor y/o vacío. A continuación, se aplica una presión a la preforma. La presión puede ser aplicada por una prensa o, preferiblemente, un vacío dentro de un recinto de vacío. Si se utiliza vacío, entonces se debe obtener un recinto de vacío antes del prensado. El recinto de vacío puede comprender, por ejemplo, una bolsa de vacío, o puede comprender una superficie de reacción y una cubierta flexible conectada de un modo hermético a la superficie de reacción. Se puede evacuar un gas, por ejemplo, a través de la superficie de reacción o a través de una abertura en la bolsa de vacío o en la cubierta flexible. La preconsolidación se activa. La activación puede tener lugar antes y/o durante y/o tras la aplicación de presión. La activación comprende una reducción en la viscosidad de la resina. Esto se puede conseguir, por ejemplo, por medios físicos (por ejemplo, calentando, añadiendo un disolvente, por presión, etc.) y/o mediante una reacción química. Durante el proceso de preconsolidación, un curado limitado puede tener lugar o no. Cuando la porosidad ha sido reducida hasta un nivel deseado o se obtiene otro objetivo de la preconsolidación, el proceso de preconsolidación termina. La terminación puede ser el resultado, por ejemplo, del agotamiento de un primer sistema de resina o del enfriamiento de la preforma preconsolidada hasta una temperatura a la cual la reacción de curado es lo suficientemente lenta y/o la viscosidad es lo suficientemente baja para que la preforma preconsolidada consiga la estabilidad necesaria para la vida en almacenamiento deseada.
- 35
- 40
- 45

- En un modo de realización preferido, la preforma que va a ser preconsolidada tiene al menos una capa discontinua de resina, a través de la cual se puede retirar gas durante el proceso de preconsolidación. Por ello, el gas no necesita ser retirado de la preforma en un plano de una capa de resina o en un plano de una capa de fibras. La distancia de transporte y el riesgo de tener un gas atrapado en el interior de la preforma preconsolidada se reducen enormemente. En un modo de realización más preferido, todas las capas de resina (opcionalmente excepto una capa sobre la capa superior de fibras o por debajo de la capa inferior de fibras) son discontinuas.
- 50

- Un ejemplo de un procedimiento para asegurar que el gas puede ser retirado de modo continuo de la preforma durante la preconsolidación implica una activación gradual del proceso de preconsolidación, empezando ya sea desde el centro de la preforma y moviéndose hacia las superficies, o desde un lateral o borde y moviéndose hacia la preforma. Por ejemplo,
- 55

esto se puede conseguir calentando desde la superficie de reacción tan sólo, activando así gradualmente desde el lado de la preforma en contacto con la superficie de reacción o mediante un calentamiento controlado por microondas, activando así gradualmente desde el interior de la preforma y moviéndose hacia las superficies.

5 Las preformas de acuerdo con la invención y proporcionadas por un procedimiento de acuerdo con la invención son muy útiles para la preparación de miembros compuestos por curado. Concretamente, las preformas son extremadamente útiles para preparar miembros para palas de turbina eólica y concretamente en largueros de una pala de turbina eólica, ya que estos compuestos satisfacen los requerimientos de calidad y los requerimientos de reproducibilidad.

10 Cuando se van a preparar estructuras más grandes que comprenden preformas de acuerdo con la invención o preformas producidas por un procedimiento de acuerdo con la invención, esto puede seguir un procedimiento en el que la preforma se conforma al menos parcialmente de modo plástico. La preforma puede ser conectada a una o más preformas preconsolidadas y/o preformas sin consolidar antes o después del conformado para proporcionar una estructura más grande. La preforma puede ser conectada asimismo a otras estructuras. Se prefiere, aunque no es un requerimiento, que las conexiones impliquen una parte o capas ahusadas que comprenden fibras de un segundo tipo. La estructura combinada puede ser situada en un recinto de vacío y provista de un vacío antes del curado. Finalmente, la estructura de la preforma se cura.

15 Las propiedades de una estructura laminar que tiene capas de fibras orientadas dependen en gran medida de la distribución de los elementos principales de la resina estructural, fibras y porosidad. La resina posee una resistencia baja en comparación con las fibras, y por ello puede proporcionar una ruta para la propagación de grietas a lo largo de la estructura, si están presentes capas de resina demasiado grandes. La porosidad puede reducir la resistencia de la estructura dramáticamente, pero la adversidad depende del tamaño de los poros, la forma y distribución, esto es, el efecto de poros esféricos pequeños, aislados es limitado, mientras que grandes poros situados en la intercara entre resina y fibras pueden ser fatales para la estructura. Así pues, es vital poder controlar la distribución de los elementos.

20 La extensión de la redistribución depende entre otros de la viscosidad de la resina durante el proceso de compactación, esto es, cuanto más baja sea la viscosidad, más fácil es la redistribución de los elementos. Al utilizar un proceso de preconsolidación la viscosidad de la resina puede ser bajada más de lo que sería posible en el estado de la técnica anterior, ya que la estructura no se limita a soportar una forma particular durante el proceso. Cuando la preconsolidación implica un curado limitado de la resina, la viscosidad puede ser reducida todavía más, ya que el curado incrementa la manejabilidad y reduce la pegajosidad de la preforma preconsolidada. Por ello, la preconsolidación permite la redistribución de resina y/o fibras en mucha mayor medida de lo que se consigue en el estado de la técnica anterior. Las preformas preconsolidadas resultantes pueden poseer una porosidad muy baja, así como una estructura más homogénea. Esto puede dar como resultado, por ejemplo, una estructura compuesta que tiene una estructura laminar menos pronunciada, esto es, en la que las capas son menos pronunciadas que en una estructura compuesta correspondiente que comprende tan sólo preformas que no fueron preconsolidadas anteriormente al curado.

Listado de referencias

- 35 2 fibras indicando una orientación principal de fibras
- 4 resina
- 4a línea de resina
- 4b puntos o partículas de resina
- 4c línea aleatoria de resina
- 40 4d lámina de resina
- 6 adhesivo
- 6a adhesivo cerca del inicio de la fibra
- 6b adhesivo cerca del fin de la fibra
- 6c adhesivo en una parte central de la preforma
- 45 6d adhesivo en una parte central de la preforma en un patrón en zigzag
- 10 planta de la preforma
- 12 orificio pasante

- 14 dirección de disposición de fibras
- γ ángulo entre bordes de una planta de preforma
- α ángulo entre bordes de una planta de preforma
- β ángulo entre bordes de una planta de preforma
- 5 20 parte ahusada de una preforma en la dirección principal de las fibras
- 22 parte ahusada de una preforma ortogonal a una dirección principal de las fibras
- 24 parte no ahusada de una preforma
- 30a amina de un primer sistema de base epoxídica
- 30b amina de un segundo sistema de base epoxídica
- 10 32 catalizador para un segundo sistema de base epoxídica
- 34 componente de epoxi
- 36 premezcla que comprende un componente de amina y un catalizador
- 38 unidad de mezclado y aplicación
- 40 resina mezclada y distribuida
- 15 50 planta de fibras orientadas
- 52 parte que tiene un número bajo de capas de fibras
- 54 parte que tiene un número intermedio de capas de fibras
- 56 parte que tiene un número alto de capas de fibras
- 60 capa de fibras comprendiendo fibras de carbono
- 20 62 capa de fibras comprendiendo fibras de un segundo tipo
- 64 distancia de solape del entretrejido
- 66 distancia entre los extremos de capas que comprenden fibras de un segundo tipo

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para preparar una preforma que comprende las etapas de:
 - proporcionar capas de haces de fibras orientadas
 - proporcionar un adhesivo (6) entre dichas capas de fibras para inmovilizar al menos parcialmente las fibras (2)
- 5 – proporcionar una resina líquida (4) en contacto con al menos una de las capas de haces de fibras, caracterizado porque
 - la etapa de proporcionar las capas de haces de fibras orientadas comprende proporcionar al menos tres capas contiguas de haces de fibras orientadas unidireccionalmente que se extienden en una dirección longitudinal de la preforma;
- 10 – la resina (4) se dispone para formar una capa o capas discontinuas.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la resina (4) se dispone entre dos capas de haces de fibras.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque dicho adhesivo (6) comprende al menos uno de los componentes de la resina (4), preferiblemente el adhesivo (6) tiene sustancialmente la misma composición que la resina (4).
- 15 4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la resina (4) se dispone para formar un patrón orientado o aleatorio de una línea, varias líneas o puntos.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el adhesivo (6) se dispone en capas discontinuas, preferiblemente el adhesivo (6) se dispone en líneas que tienen un ángulo con relación a una orientación de las fibras (2), más preferiblemente dicho ángulo es de aproximadamente 90° con relación a una orientación de las fibras (2).
- 20 6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la resina (4) es una resina termoestable, preferiblemente de base sustancialmente epoxídica.
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la resina (4) comprende dos sistemas de base epoxídica, preferiblemente dichos sistemas de base epoxídica comprenden un componente común, y más preferiblemente dicho componente común es un componente de epoxi.
- 25 8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque dichos sistemas de base epoxídica comprenden diferentes componentes de amina, preferiblemente un componente de amina de un primer sistema de base epoxídica reaccionará con un componente de epoxi a una primera temperatura, mientras que un componente de amina de un segundo sistema de base epoxídica será principalmente no reactivo a dicha primera temperatura, preferiblemente dicha primera temperatura está por debajo de 50 °C, más preferiblemente dicha primera temperatura es aproximadamente la temperatura ambiente.
- 30 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque dicho componente de amina de dicho segundo sistema de base epoxídica curará al activarse un catalizador correspondiente, preferiblemente dicho catalizador correspondiente se activa por calor.
- 35 10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además la etapa de preparar una premezcla que comprende dichos componentes de amina y catalizador para formar un fluido o lechada estables, opcionalmente la viscosidad se ajusta añadiendo entre un 0,1% y un 5% en peso de un componente de epoxi.
- 40 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende además la etapa de preparar una mezcla de resina (38) que comprende dicha premezcla (36) y dicho componente de epoxi (34) inmediatamente antes de aplicar dicha mezcla de resina para preparar una preforma.
12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la resina (4) es semisólida a temperatura ambiente.
- 45 13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque las fibras (2) y, opcionalmente, la resina (4) se distribuyen para formar una planta (10) sustancialmente trapezoidal de la preforma, preferiblemente con ángulos (α , β) sustancialmente iguales.

14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque las fibras (2) y, opcionalmente, la resina (4) se distribuyen para formar una planta (10) sustancialmente cuadrada o triangular de la preforma.
- 5 15. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque las fibras (2) se proporcionan para formar una orientación deseada y/o formar una planta (10) cortando y/o iniciando selectivamente las fibras (2), preferiblemente durante la disposición de fibras.
- 10 16. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por proporcionar una capa de fibras fuera del borde de una capa de fibras precedente, consiguiendo así una parte ahusada de la preforma, proporcionando preferiblemente dicha capa de fibras dentro del área definida por dicha capa de fibras precedente, más preferiblemente las fibras (2) se proporcionan cortando y/o iniciando selectivamente fibras (2).
17. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado por proporcionar una capa de fibras que tiene sustancialmente el mismo tamaño que una capa de fibras precedente fuera del borde de una capa de fibras precedente, consiguiendo así simultáneamente al menos dos partes ahusadas (20; 22) de la preforma.
- 15 18. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las capas de fibras orientadas (2) comprenden fibras de carbono, y que comprende además la etapa de proporcionar capas que comprenden fibras de un segundo tipo, preferiblemente dichas capas que comprenden fibras de un segundo tipo se extienden desde el interior de la preforma más allá de al menos uno de los lados de la preforma.
- 20 19. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, caracterizado porque las capas que comprenden fibras (2) de un segundo tipo son preimpregnados, preferiblemente preimpregnados biaxiales.
- 25 20. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 18 o 19, caracterizado porque la distancia de solape desde el extremo de las capas que comprenden fibras (2) del segundo tipo dentro de la preforma hasta los extremos de las capas contiguas de fibras orientadas que comprenden fibras de carbono es mayor que la extensión de la condición terminal de las tensiones de la intercara entre dichas capas de fibras de carbono orientadas y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo, preferiblemente mayores del doble de la extensión de la condición terminal de tensiones de la intercara entre dichas capas de fibras de carbono orientadas y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo.
- 30 21. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, caracterizado porque la distancia entre el final de las capas que comprenden fibras (2) del segundo tipo dentro de la preforma está separada por una distancia superior al doble de la extensión de la condición terminal de las tensiones de la intercara entre dichas capas de fibras de carbono orientadas y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo.
22. Uso de una preforma obtenida por un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21 para preparar una preforma preconsolidada.
- 35 23. Uso de una preforma obtenida por un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21 en la fabricación de una turbina eólica, concretamente en una pala de turbina eólica, y más concretamente en un larguero de una pala de turbina eólica.
24. Un procedimiento para preparar un miembro compuesto que comprende las etapas de:
- conformar plásticamente una preforma obtenida mediante un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-21 a una forma deseada
 - 40 – opcionalmente situar una o más preformas adicionales en conexión con dicha preforma
 - opcionalmente situar la estructura de preforma en un recinto de vacío
 - curar la estructura de preforma.

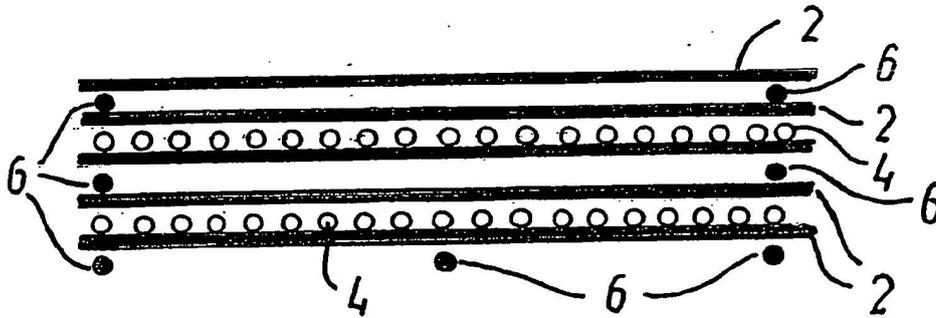


Fig. 1

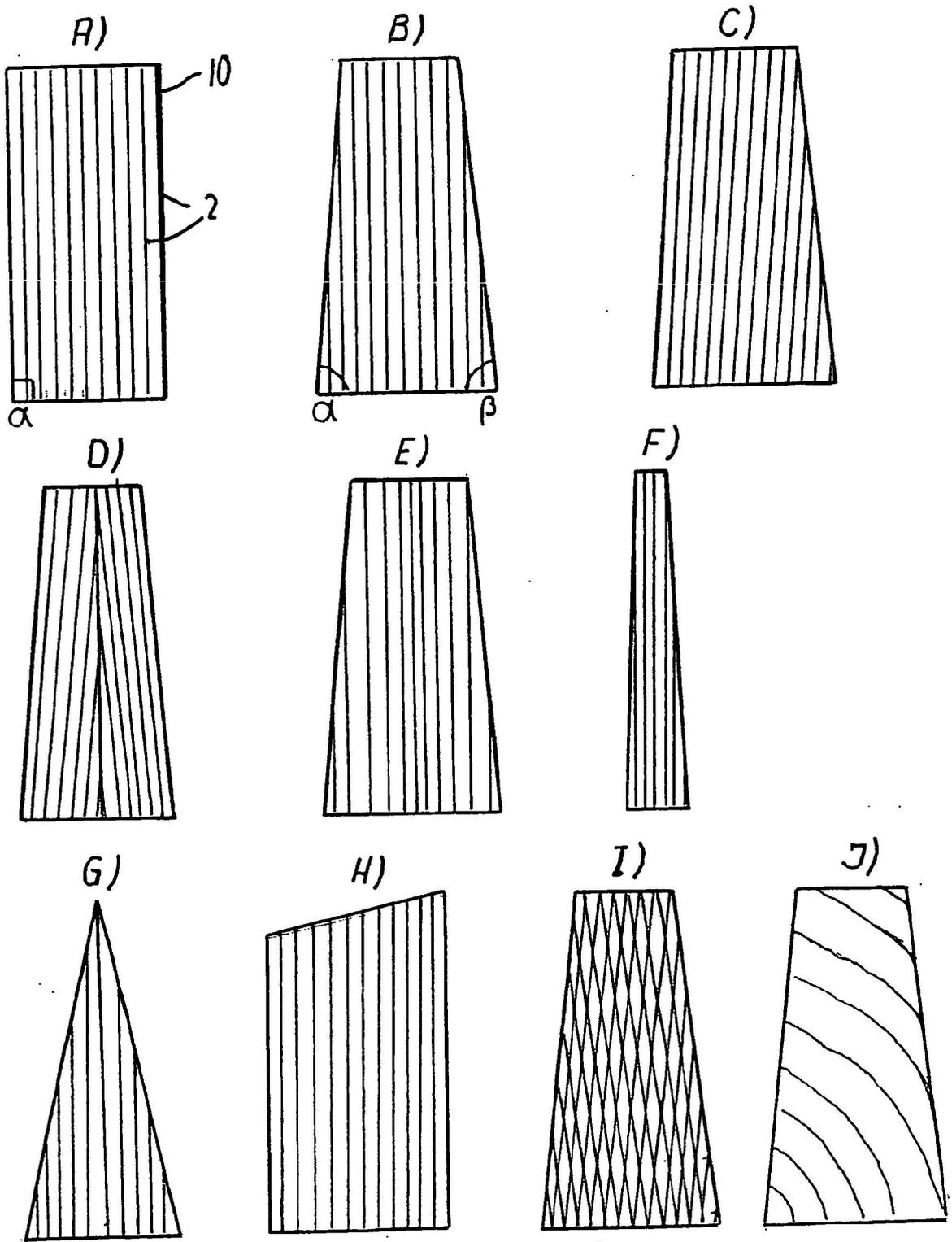


Fig. 2

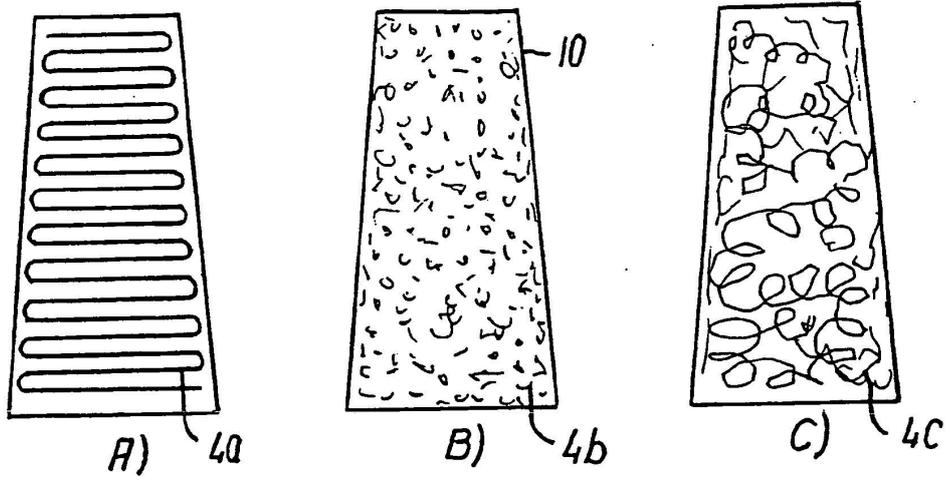


Fig. 3

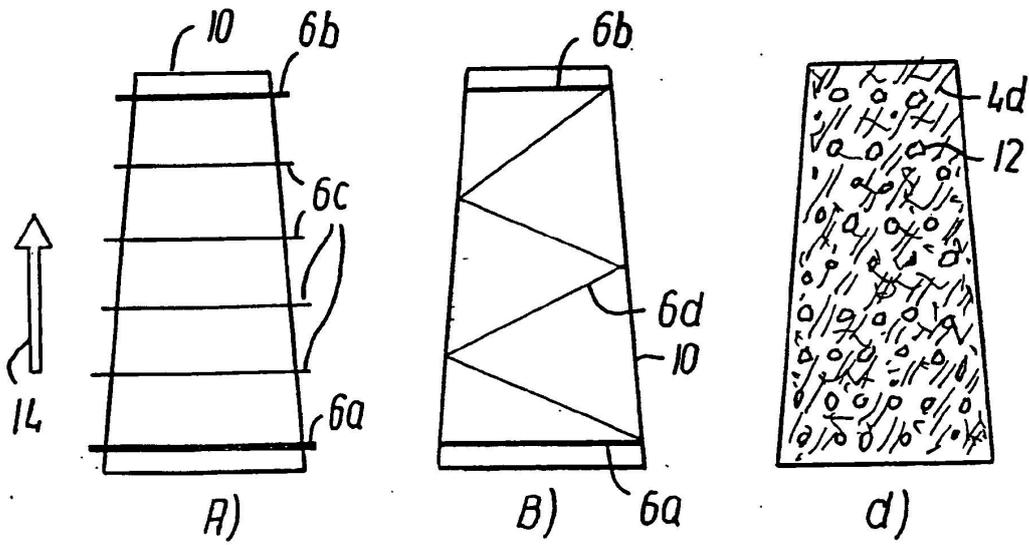


Fig. 4

Fig. 3

Fig. 5

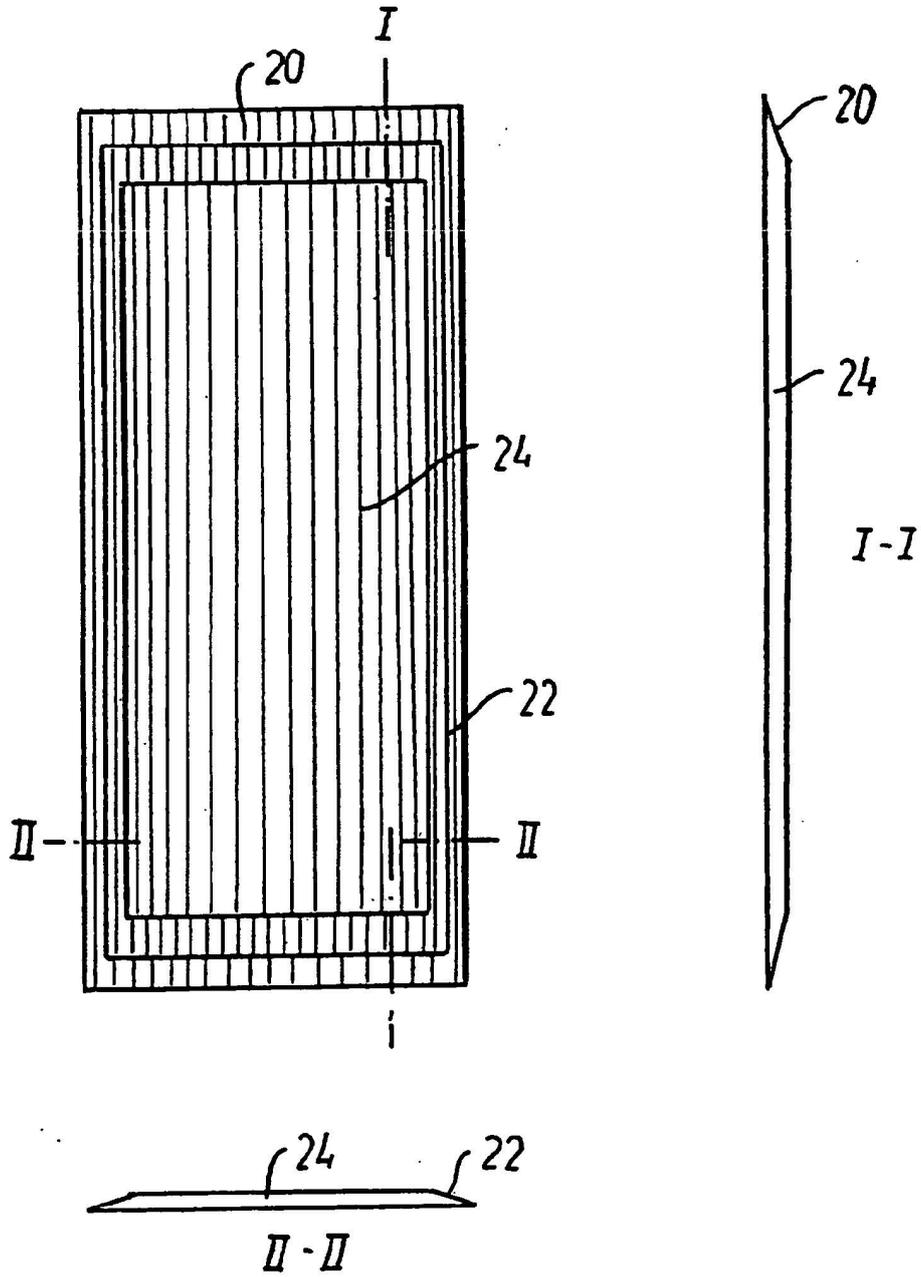


Fig. 6

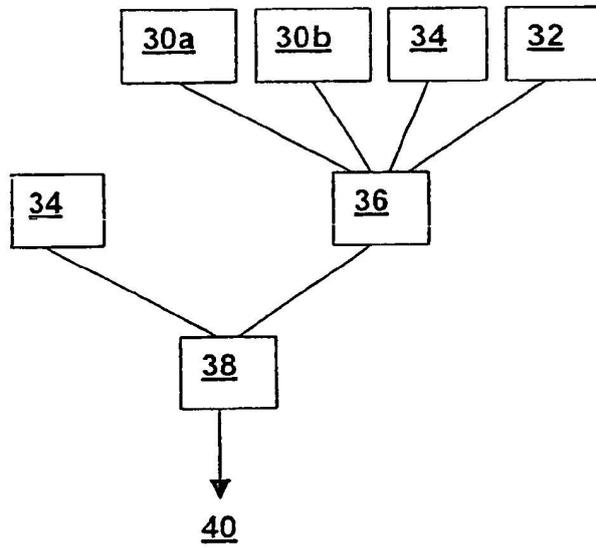
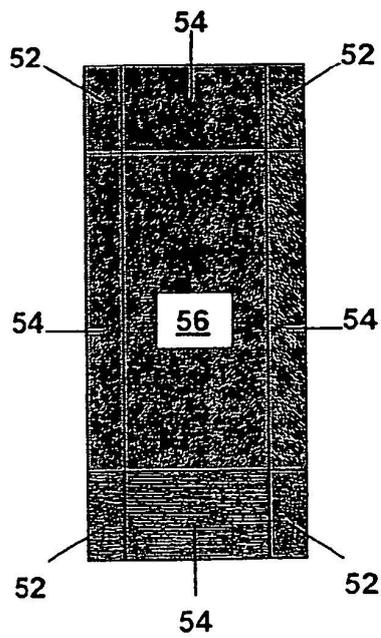
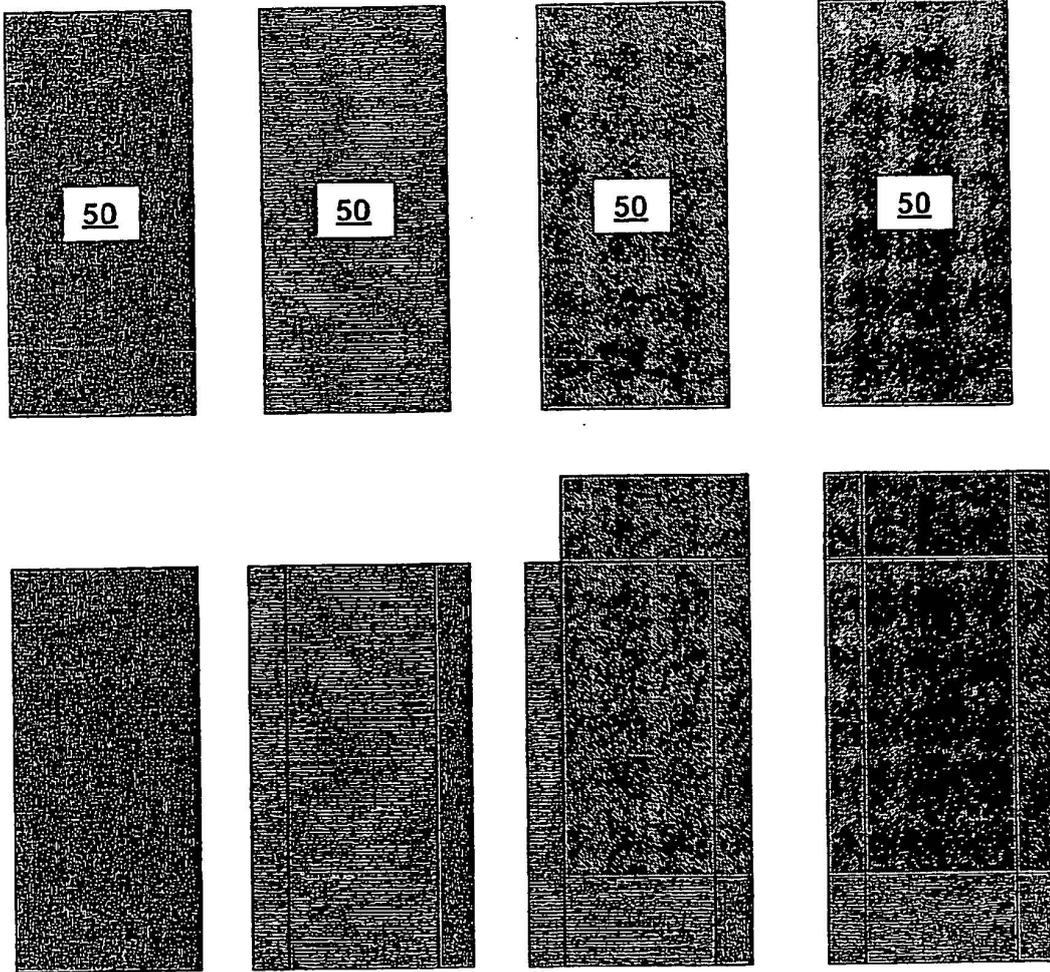


Fig. 7



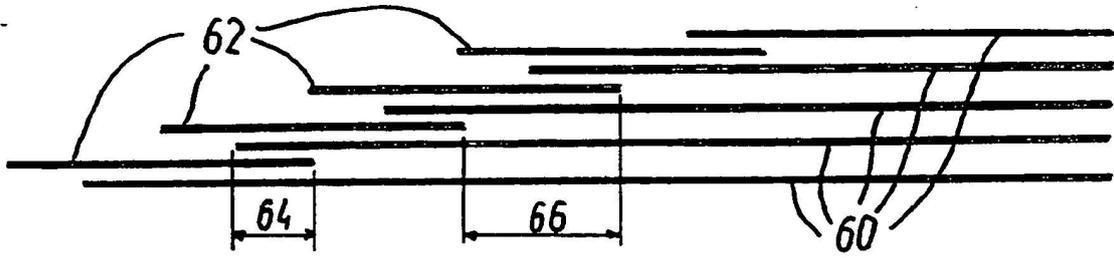


Fig. 8