



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 298 632**

51 Int. Cl.:
B29B 11/16 (2006.01)
B29C 70/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03816138 .6**

86 Fecha de presentación : **06.03.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1603723**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

54

Título: **Preforma y procedimiento de preparación de una preforma.**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2008

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2008

73

Titular/es: **Vestas Wind Systems A/S**
Smed Sørensens Vej 5
6950 Ringkøbing, DK

72

Inventor/es: **Bech, Anton**

74

Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 298 632 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

Preforma y procedimiento de preparación de una preforma.

5 **Campo técnico de la invención**

La invención se refiere a materiales compuestos reforzados con fibra. En particular, la invención se refiere a un material semielaborado que comprende una resina y varias láminas de haces de fibras.

10 **Antecedentes de la invención**

En la técnica anterior son conocidas preformas que comprenden resina y fibras

15 La patente de EE.UU. 6.139.942 desvela una preforma con una pila de tela parcialmente impregnada y tela no impregnada. Las capas de esta pila pueden deslizarse antes del curado y, por tanto, pueden ser difíciles de manipular. Para evitar esto, se sugiere usar un pespunte con pliegues transversales, sin embargo, este procedimiento es tedioso y puede introducir restricciones no deseadas en la forma de la pila durante el curado.

20 La patente EP 0475883 también desvela una preforma con diversas capas de fibras orientadas. Sin embargo, la preforma requiere la infusión de una resina para el curado, lo que puede ser laborioso y evitar hasta cierto punto la reorganización de las fibras y de la resina durante el curado.

25 El documento WO 02/090089 describe un material de moldeo que tiene una estructura de ventilación en las capas de resina, por otro lado, continuas. La estructura de ventilación se diseña de modo que permita que se elimine el gas del material de moldeo durante el procesamiento en el plano de la resina y/o en el plano del material de refuerzo. A medida que aumenta el plano horizontal del material de moldeo, esto se convertirá en una forma aún menos segura de eliminar el gas del material de moldeo debido al aumento del riesgo de obstrucciones durante el procesamiento.

30 El documento FR 2794400 se refiere a un procedimiento de fabricación de un material compuesto, según los respectivos preámbulos de las reivindicaciones 1 y 20, a partir de láminas fibrosas. El material inicial con fibras preimpregnadas, es decir, láminas textiles de fibras impregnadas. Las láminas se apilan y tejen conjuntamente, tras lo cual la pila se envuelve en una capa superficial.

35 **Objetos de la invención**

Es un objeto de la invención proporcionar una preforma que pueda usarse para fabricar materiales compuestos reforzados y que posea una buena reproductibilidad, baja porosidad y buenas propiedades físicas.

40 Es un objeto adicional de la invención proporcionar una preforma y un procedimiento de producción de una preforma que se puedan adaptar al procesamiento automatizado.

Descripción de la invención

45 Los objetos anteriores y otros se realizan mediante la invención como se describe y explica en las figuras, realizaciones preferidas y reivindicaciones.

Una preforma es un material compuesto que comprende fibras y, siempre que no se especifique lo contrario, una resina no curada. Las fibras se proporcionan preferiblemente en capas de fibras orientadas similares, por ejemplo, a haces de fibras o a fibras preimpregnadas. Los haces de fibras presentan ventajas sobre las fibras preimpregnadas. 50 Además, los haces de fibras tienen la ventaja sobre las preimpregnadas de que se pueden proporcionar a la preforma con mayor libertad, el precio es más bajo y, además, la cantidad de residuos 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 según la presente invención aumentará si aumenta el número de capas de haces de fibras orientadas. Por tanto, la preforma comprende preferiblemente al menos tres capas de haces de fibras orientadas. Dentro del alcance de la invención, puede utilizarse un número mayor de capas como, por ejemplo, 4, 5, 8, 55 10, 15, 20, 50, 100 o más capas.

60 Además de las fibras y de la resina, la preforma según la invención puede contener, por ejemplo, uno o más materiales de carga (por ejemplo, un material inerte barato) y/o agentes disolventes y/o diluyentes y/o reológicos y/o un agente para ajustar la viscosidad.

Las capas de fibras orientadas son haces de fibras opuestas a las fibras preimpregnadas, ya que esto proporciona un grado más elevado de libertad de diseño y permitirá una menor viscosidad y movilidad de las fibras durante el procesamiento posterior de una preforma, por ejemplo, en la preconsolidación o curado. Además, las preformas preparadas a partir de haces de fibras son ventajosas sobre las preformas preparadas a partir de fibras preimpregnadas porque 65 el coste de producción es menor así como, normalmente, la cantidad de residuos es menor. Los haces de fibras son manojos de un número elevado de fibras individuales, por ejemplo, miles, diez miles o cientos de miles de fibras.

ES 2 298 632 T3

Se puede teorizar que la resistencia de un material compuesto depende, entre otros aspectos, de la resistencia de la interfase entre las fibras y el material de la matriz (es decir, la resina curada). Conforme aumenta la rigidez de la fibra, también aumenta la sensibilidad de la resistencia de la interfase. La presencia de porosidad puede debilitar la interfase, pero el efecto real de la porosidad depende, por ejemplo, de la colocación y el tamaño de los poros. En general, cuanto más grandes sean los poros y mayor sea la cantidad de ellos, peor. Otro aspecto es el humedecimiento de las fibras. La dificultad para obtener un buen humedecimiento de las fibras aumenta conforme disminuye el diámetro de la misma. Los procedimientos y productos de la presente invención son especialmente ventajosos para preformas que comprenden fibras finas y rígidas como, por ejemplo, fibras de carbono, sin embargo, estos procedimientos y productos también son superiores a los de la técnica anterior cuando se han usado otros tipos de fibras como refuerzo tales como, por ejemplo, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas (por ejemplo, fibras acrílicas, de poliéster, PAN, PET, PE, PP o PBO), biofibras (por ejemplo, fibras de cáñamo, yute, celulosa, etc.), fibras minerales (por ejemplo, Rockwool™), fibras metálicas (por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc.) o fibras de boro.

Tradicionalmente, el gas incluido en la preforma previamente y durante el curado se eliminaba tradicionalmente siguiendo la dirección de las fibras, es decir, en el plano de la capa de resina. Por tanto, cuanto mayor sea la estructura, más tendrá que viajar el gas para salir de la misma. Por tanto, el riesgo de que el gas quede atrapado dentro de la estructura curada aumenta con el tamaño de la misma. Parece que el problema del gas atrapado es especialmente pronunciado cuando el refuerzo está compuesto de fibras unidireccionales. Puede especularse que esto es debido al empaquetamiento tan cercano de las fibras, lo que puede producirse en algunas áreas de un material compuesto reforzado por fibras unidireccionales. Sin embargo, los problemas con respecto al gas atrapado también pueden presentarse en otro tipo de orientaciones de la fibra, por ejemplo, orientaciones biaxiales o aleatorias, y la idea inventiva de la presente invención supone, por tanto, una ventaja para cualquier tipo de orientación, incluso si la ventaja es mayor cuando se utiliza una orientación unidireccional de la fibra.

Por gas se hace referencia en este documento, al aire atmosférico atrapado, así como a productos gaseosos, sub-productos y materiales de partida relacionados con el procedimiento de preparación.

Las fibras pueden ser una mezcla de más de un tipo de fibras. Por ejemplo, puede usarse una combinación de fibras de vidrio y fibras de carbono, pero es posible cualquier combinación de dos o más de los tipos de fibras mencionadas en este documento. La mezcla puede ser homogénea, con concentraciones diferentes en las capas de fibras individuales o con concentraciones diferentes de fibras dentro de cualquier capa de fibras. La mezcla de fibras puede ser ventajosa, ya que abre la posibilidad de adaptar las propiedades del material, por ejemplo, desde una perspectiva combinada de resistencia/coste, o pueden proporcionarse partes de una preforma especialmente adecuadas para la conexión con otros materiales. Sin embargo, en una realización preferida, las fibras son principal o exclusivamente fibras de carbono.

Por fibras de carbono se entiende, a partir de ahora en este documento, fibras en las que el componente principal es el carbono. Por tanto, según esta definición, las fibras de carbono comprenden fibras con grafito, carbono amorfo o nanotubos de carbono. Por tanto, esta definición comprende las fibras de carbono producidas, por ejemplo, mediante una ruta de poliacrilonitrilo y una ruta basada en alquitrán.

Por fibras se entiende, a partir de ahora en este documento, partículas que tienen una relación de aspecto (longitud/diámetro equivalente) de más de 10. Por diámetro equivalente se entiende el diámetro de un círculo que tiene iguales área que el área de la sección transversal de la partícula. Sin embargo, en una realización preferida, las fibras son fibras continuas, es decir, fibras que, sustancialmente, van de un extremo al otro de la preforma.

Principalmente, se utiliza una resina termoendurecible por razones de estabilidad química y térmica, así como porque es fácil de procesar. Además, se prefiere que la resina sea una resina basada en epoxi o poliéster, más preferiblemente, una resina basada en epoxi. La resina puede comprender más de un sistema de resina. Puede ser una ventaja utilizar más de un sistema de resina para que puedan optimizarse las propiedades de la resina para las etapas posteriores del procesamiento, por ejemplo, con respecto a la viscosidad y sincronización/control del procedimiento de curado. Estos sistemas pueden estar basados o no en iguales tipo de resina, sin embargo, se prefiere que estos sistemas estén basados en iguales tipo de resina como, por ejemplo, sistemas basados en dos o más epoxi. En otra realización preferida, los tipos de resina difieren pero las resinas son compatibles.

El procedimiento según la invención se adapta a un procesamiento automatizado. Por ejemplo, las capas de haces de fibras orientadas, el adhesivo y la resina pueden distribuirse ventajosamente mediante un robot. La automatización se facilita mediante, al menos, una inmovilización parcial de las fibras mediante un adhesivo, lo que evitará o, al menos, reducirá en gran medida la alteración de las capas de los haces de fibras orientadas. Cuando el adhesivo sólo se aplica a áreas seleccionadas del plano horizontal de la preforma, se ahorra tiempo adicional, en comparación con la distribución de la resina sobre el plano horizontal completo.

Los sistemas de resina pueden contener componentes que pueden ser irritantes o dañinos cuando entran en contacto con la piel desnuda, si se ingieren o inhalan. Por tanto, es muy deseable evitar el contacto directo. Puesto que los productos y procedimientos según la invención son especialmente adecuados para la automatización, los productos y procedimientos según la invención representan una mejora significativa para el ambiente de trabajo.

Breve descripción de los dibujos

la Fig. 1 muestra una vista transversal esquemática de una preforma.

5 la Fig. 2 muestra una vista esquemática de los planos geométricos horizontales y orientaciones preferidos de las fibras en una preforma.

la Fig. 3 muestra una vista esquemática de las configuraciones preferidas de la capa de resina.

10 la Fig. 4 muestra una vista esquemática de las configuraciones preferidas del adhesivo.

la Fig. 5 muestra ejemplos de preformas con partes afiladas.

la Fig. 6 muestra una vista esquemática de un procedimiento preferido de preparación de una resina.

15 la Fig. 7 muestra un ejemplo de una preforma que tiene partes afiladas preparada a partir de capas de fibras que tienen sustancialmente iguales tamaño.

20 la Fig. 8 muestra un ejemplo de una preforma potenciada para el acoplamiento de dos miembros de materiales compuestos que comprenden dos tipos diferentes de fibras de refuerzo.

Descripción de los dibujos

25 En la Fig. 1 se muestra un ejemplo de una vista en esquemática de una preforma que indica 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 normalmente estarían parcialmente absorbidos en las capas de fibras. Se proporcionan la capas de fibras orientadas 2 con tiras de adhesivo 6 (véase la Fig. 4) formando un ángulo (en este caso aproximadamente ortogonal) con respecto a las capas de haces de fibras orientadas 2. También se proporcionan dos capas de resina 4. La resina 4 se distribuye en varias líneas (véase la Fig. 3) formando un ángulo (en este caso aproximadamente ortogonal) con respecto a las
30 capas de haces de fibras orientadas 2. Por tanto, la resina se distribuye en una capa discontinua para permitir que el gas escape desde la preforma ortogonal 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 colocación preferida de la resina y, cuando se utiliza esta colocación, es muy deseable que la resina se distribuya en capas discontinuas. Sin embargo, la resina también puede proporcionarse en contacto sólo con una capa de haces de fibras, es decir, en la parte superior o inferior de la preforma. En este caso, se prefiere proporcionar la resina en la parte inferior de la preforma y la resina puede proporcionarse como una capa continua, ya que el gas normalmente no tendrá que escapar a través de la capa de resina. En una realización preferida, la resina sólo se proporciona en la parte superior o inferior de la preforma, es decir, sólo se proporciona adhesivo entre las capas de fibras. En otra realización preferida, la resina sólo
40 se proporciona en la parte inferior de la preforma, es decir, entre las capas de fibras sólo se proporciona adhesivo.

45 El adhesivo 6 debería inmovilizar, al menos parcialmente, las fibras que se proporcionan por encima del mismo. El adhesivo puede ser cualquier tipo de adhesivo, sin embargo, el adhesivo debería 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 iguales tipo de sustancia química. Por ejemplo, el adhesivo puede comprender al menos uno de los componentes de la resina (por ejemplo, un componente epoxi común). Una manera de asegurar la compatibilidad entre la resina y el adhesivo es utilizar sustancialmente la misma composición. En una realización preferida, la composición del adhesivo es igual a la composición del adhesivo. Está dentro del alcance de la invención utilizar más de un adhesivo en una preforma. Por ejemplo, algunas porciones de adhesivo puede tener la misma composición que la resina, mientras
50 que otras porciones pueden tener una composición diferente.

55 En la Fig. 2 se muestran ejemplos de realizaciones preferidas de planos geométricos horizontales 10 de preformas. Las líneas 2 indican la principal orientación u orientaciones de las fibras de una capa de fibras. Cada capa de fibras comprende típicamente un número grande (por ejemplo, varios millones) de fibras orientadas en las orientaciones principales y, opcionalmente, en otras orientaciones. Un experto en la técnica será capaz de proporcionar otros planos geométricos horizontales sin apartarse de la idea inventiva de la invención. La Fig. 2A muestra una preforma rectangular, que puede ser especialmente adecuada para estructuras planas o cilíndricas. Las Fig. 2B a 2F muestran preformas con planos horizontales sustancialmente trapezoidales. Los ángulos α y β pueden ser iguales o diferentes, sin embargo, se prefiere que estos ángulos sean sustancialmente iguales, puesto que la preforma puede utilizarse entonces para la
60 producción de, por ejemplo, estructuras cónicas.

65 La relación de la distancia entre los lados paralelos y la longitud de cualquier de los lados paralelos es, preferiblemente, de al menos 3 y, más preferiblemente, de al menos 5, puesto que dichas preformas son especialmente útiles para la producción de estructuras alargadas ligeramente cónicas, similares a los mástiles de las palas de las turbinas eólicas. El plano horizontal de la Fig. 2F tiene una relación de aproximadamente 6.

La Fig. 2G muestra una preforma con un plano horizontal triangular. Una vez más, se prefiere que los ángulos α y β sean sustancialmente iguales. Esta preforma puede ser especialmente útil para reforzar una estructura con un canto

ES 2 298 632 T3

relativamente afilado. La preforma de la Fig. 2H tiene un plano horizontal cuadrangular más irregular. Estos planos horizontales cuadrangulares pueden tener o no uno o más ángulos de 90°.

5 En la Fig. 2I aparece un ejemplo de una capa en la que las fibras tienen dos orientaciones principales. Aquí, las fibras se orientan principalmente en paralelo con respecto a los bordes más largos, sin embargo, son posibles otras orientaciones así como más de dos orientaciones principales. La Fig. 2J muestra un ejemplo de una capa que tiene fibras que no están rectas. Las fibras se orientan preferiblemente para optimizar la estructura final (tras el conformado y el curado) con respecto a la resistencia y/o a otras propiedades.

10 Las fibras 2 pueden proporcionarse en cualquier orientación deseada como, por ejemplo, unidireccional, biaxial o aleatoria. Sin embargo, las fibras deben orientarse para reforzar zonas de la estructura final, las cuales se expondrán a una fuerza mayor durante su servicio. Típicamente, esto puede realizarse orientando las fibras principalmente de forma unidireccional y, sustancialmente, en paralelo u ortogonal con respecto a un borde de la preforma. En las Fig. 2A, C, D, H e I, las fibras se colocan sustancialmente en paralelo con respecto a al menos un borde de la preforma y en las Fig. 2A, B, E, F, G y H, los haces de fibras se colocan sustancialmente ortogonales con respecto a al menos un borde de la preforma. Si el plano horizontal tiene dos lados paralelos y la relación entre la distancia entre los lados paralelos y la longitud de cualquiera de los lados paralelos es muy grande, es decir >5 , entonces, las fibras unidireccionales colocadas entre los dos lados paralelos pueden considerarse como sustancialmente en paralelo con respecto a los bordes más largos (véase, por ejemplo, la Fig. 2F). Un experto en la materia puede proporcionar otras formas de orientar las fibras sin apartarse de la idea inventiva de la invención.

15 La orientación de las fibras puede ser o no la misma en todas las capas de fibras; sin embargo, en una realización preferida las fibras se orientan sustancialmente de la misma forma en todas las capas de las fibras. El hecho de que se orienten una o más capas de fibras en dirección distinta a otras capas puede ser, por ejemplo, porque el análisis de esfuerzo sugiera la colocación de una fibra multiaxial, pero la colocación de fibras unidireccionales es favorable por razones de fabricación.

20 Otra forma de reforzar el área de la estructura final, que se verá expuesta a una fuerza más elevada durante el servicio, es aumentar la cantidad de fibras en estas áreas. Un ejemplo de esto se muestra en la Fig. 2E, donde el área próximo a la parte central de la preforma tiene una mayor cantidad de haces de fibras que las partes externas de la misma.

25 Se prefiere que se proporcione la resina para formar una o varias capas discontinuas, incluso si esto no es un requisito para las capas de resina donde el gas no podrá escapar durante la consolidación y/o curado posterior de la preforma. La resina puede adherirse a y/o inmovilizar, al menos parcialmente, las fibras de una o más capas. Pueden formarse aplicaciones puntuales discontinuas a partir de una resina proporcionada en forma líquida. También puede proporcionarse una resina líquida a modo de una o varias líneas, que pueden seguir un patrón orientado, un patrón aleatorio o un patrón combinado. En la Fig. 3A se muestra un ejemplo de patrón orientado, donde la resina se distribuye como líneas de resina 4a, ortogonales con respecto a la orientación principal de la fibra. Como variación de la distribución mostrada en la Fig. 3A, la resina puede proporcionarse parcialmente sobre el borde, es decir, la parte curva de la tira puede salirse del plano horizontal, proporcionando incluso mayor densidad de resina. Sin embargo, esto dará lugar a un residuo no deseado y debería omitirse, por ejemplo, controlando el flujo de la resina durante la aplicación. En la Fig. 3C se muestra un ejemplo de patrón aleatorio, donde la resina se distribuye en forma de líneas rizadas. En la Fig. 3D se muestra una aproximación diferente a la capa discontinua de resina, donde se proporciona una lámina de resina 4d que tienen varios agujeros que la atraviesan de parte a parte 12. Como resulta obvio de estos ejemplos de patrones de resina, un experto en la técnica será capaz de proporcionar otros patrones sin apartarse de la idea inventiva de la invención.

30 El adhesivo 6 puede proporcionarse, fundamentalmente, con patrones similares a los de la resina, sin embargo, se prefiere proporcionar un patrón menos denso al adhesivo para ahorrar tiempo. En la Fig. 4 se muestran algunas realizaciones preferidas de la distribución del adhesivo. Es importante no olvidar que la finalidad del adhesivo es asegurar que las fibras están al menos parcialmente inmovilizadas para facilitar el tendido de la fibra. Además, el adhesivo a menudo aumentará la resistencia mecánica y, por tanto, la manejabilidad de una preforma no consolidada y no curada mediante la fijación entre sí, al menor parcialmente, de capas adyacentes de fibras. Una manera de asegurar la facilitación del tendido de la fibra es proporcionar una tira de adhesivo próxima o exactamente en donde se inician las fibras durante el tendido de las mismas. En la Fig. 4A, la flecha 14 indica la dirección del tendido de la fibra. Por tanto, las fibras se inician próximas al adhesivo 6a. Una manera preferida de asegurar una fijación relativamente buena de las fibras es proporcionar el adhesivo 6b próximo a la terminación de las fibras. Si el adhesivo en 6a y 6b no proporciona una fijación suficiente de las fibras, puede proporcionarse adhesivo adicional 6c. En la Fig. 4A, el adhesivo se proporciona en forma de tiras, sin embargo, también son posible otras realizaciones, por ejemplo, en líneas punteadas, quebradas o curvas, etc. En algunos casos, la automatización puede favorecer un patrón de adhesivo, donde éste se aplica como una línea continua, por ejemplo, un patrón en zigzag, como se muestra en la Fig. 4B. Éste es un ejemplo de patrón donde el número de puntos de inicio y terminación del 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 con pespunte con pliegues transversales, especialmente con respecto al tiempo ahorrado durante el procesamiento y a la facilidad para su automatización.

ES 2 298 632 T3

En algunas aplicaciones, se pretende utilizar la preforma para reforzar estructuras con una sección no circular similar, por ejemplo, a un mástil que tiene una sección sustancialmente rectangular, donde la preforma debe doblarse alrededor de un borde relativamente afilado. En este caso, la orientación preferida de las fibras es aquella en la que la orientación principal de la fibra es paralela al borde, por ejemplo, en la dirección I-I de la Fig. 5. A continuación, puede ser ventajoso dar una conformación tridimensional al menos a parte de la preforma para potenciar el conformado de la preforma. Para obtener un resultado significativo de conformación tridimensional, la preforma normalmente debería comprender preferiblemente al menos tres capas de haces de fibras orientadas, puesto que si la preforma está compuesta sólo de dos capas, ésta puede normalmente doblarse sin un moldeado tridimensional de la misma. Cuanto mayor sea el número de capas, mayor es el beneficio de la configuración tridimensional de la preforma. En una realización preferida, se proporciona una preforma con dos secciones afiladas 22 hacia los bordes, sustancialmente paralelas con respecto a la orientación de la fibra como se indica en la Fig. 5; sin embargo, un experto en la técnica puede obtener diversas variaciones sin apartarse de la idea inventiva de la invención. Estas variaciones pueden, por ejemplo, utilizar una, tres u otro número de partes afiladas, usando una o más etapas en lugar de partes afiladas, colocando una parte afilada lejos del borde, por ejemplo, cerca del centro, etc.

Por adquirir conformación tridimensional se entiende en este documento que el espesor (es decir, el número de capas o cantidad de fibras y/o resina) y/o la forma del plano horizontal se ajustan en una parte (por ejemplo, 20, 22) de la preforma con respeto al volumen total (por ejemplo, 24) de la preforma.

La adquisición de conformación tridimensional también puede aplicarse a la reducción de la resistencia interfacial entre una preforma y una estructura adyacente. Ejemplos de estas estructuras adyacentes son otras preformas y parte de estructuras más grandes, por ejemplo, el encastre de una pala de una turbina eólica. Típicamente, estas conformaciones tridimensionales implicarán la creación de un área de contacto grande ortogonal a la dirección principal de resistencia en al menos un eje. La parte 20 de la Fig. 5 representa un ejemplo de una forma tridimensional para reducir la resistencia interfacial entre la preforma y una estructura adyacente conectada. Como se observa a lo largo de la sección transversal I-I de la Fig. 5, una distancia mucho mayor que la distancia ortogonal separa las terminaciones de las capas de fibras de la sección afilada 20 y, por tanto, esto hará que se reduzca la resistencia interfacial.

Puede realizarse un plano horizontal o una conformación tridimensional en particular seleccionando, por ejemplo, la iniciación y/o terminación de haces de fibras durante el tendido de la fibra.

La función principal del adhesivo es inmovilizar las fibras cuando se colocan sobre el adhesivo. Esto puede lograrse teniendo un adhesivo viscoso, por lo que las fibras se adhieren al adhesivo viscoso. El adhesivo puede ser cualquier material viscoso o un sólido con una superficie viscosa, y el adhesivo puede, por ejemplo, comprender poliéster, poliuretano, epoxi o compuestos similares o una combinación de estos. Está dentro del alcance de la invención utilizar cualquier material o combinación de materiales que tengan una superficie viscosa, incluyendo materiales sólidos con superficies viscosas. Puede usarse más de un tipo de adhesivo dentro de una preforma. Por ejemplo, está dentro del alcance de la invención utilizar la resina como adhesivo entre las capas de los haces de fibras donde se proporciona una resina o se utiliza un segundo tipo de resina por debajo de la primera capa de haces de fibras.

La resina puede ser material líquido. La resina puede, por ejemplo, estar basada en poliéster insaturado, poliuretano, epoxi o compuestos químicos similares, incluyendo combinaciones de estos.

En una realización preferida de la invención, la resina es un líquido y ésta se introduce mediante moldeado por inyección de resinas (RTM) o moldeado por inyección de resinas al vacío (VARTM) dentro de una entidad que comprende varias capas de haces de fibras orientadas que se inmovilizan previamente durante el tendido de las fibras mediante el adhesivo.

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 iguales o diferentes, sin embargo, se prefiere que la resina comprenda dos sistemas sustancialmente basados en epoxi. En una realización preferida, dos sistemas basados en epoxi comprenden un componente común. El componente común puede, por ejemplo, ser un catalizador común, un componente amina común o un componente epoxi común, sin embargo, se prefiere que el componente común sea un componente epoxi. Una resina que comprende dos sistemas basados en epoxi con un componente epoxi común puede comprender un componente amina de un primer sistema basado en epoxi que reaccionará con el componente epoxi común a una primera temperatura relativamente baja, tal como, por ejemplo, por debajo de 50°C, preferiblemente próxima a la temperatura ambiente. A esta primera temperatura, el segundo sistema basado en epoxi, es preferiblemente no reactivo, o la reacción se produce a una velocidad muy baja. Puesto que la velocidad de reacción del segundo sistema basado en epoxi debe ser muy baja, puede estar catalizada de forma ventajosa por un catalizador, que no es activo hasta que se activa. Esta activación puede darse, por ejemplo, mediante luz ultravioleta, adición de un compuesto o por calentamiento, sin embargo, se prefiere que el catalizador se active por calentamiento.

En una realización representada en la Fig. 6, una mezcla previa 36 comprende los componentes amina 30a y 30b, y un catalizador 32, preferiblemente para catalizar el curado de un segundo sistema basado en epoxi. La mezcla previa debe ser una solución o una suspensión estable y, si la viscosidad es demasiado baja para evitar la precipitación de un componente sólido como, por ejemplo, un catalizador, puede añadirse una cantidad pequeña de un componente epoxi, preferiblemente un componente epoxi común de los sistemas. Típicamente, debería ser suficiente del 0,1 al 5% en peso

de epoxi para ajustar la viscosidad. La mezcla previa y el componente epoxi común deben mezclarse inmediatamente antes de la distribución de la resina 40. La resina puede calentarse para disminuir la viscosidad.

5 Las resinas que se utilizan según la presente invención pueden prepararse de la mayoría de las maneras tradicionales, familiares para un experto en la técnica, y la realización con respecto a la preparación de la resina que se incluye en la Fig. 6 debe considerarse como un ejemplo de cómo puede prepararse una resina. Esta realización no debería considerarse como una limitación del alcance de la invención.

10 Alternativamente, puede proporcionarse una forma tridimensional simple como se muestra en la Fig. 7, en la que varios planos horizontales idénticos de las fibras orientadas 50 se colocan unos sobre otros, pero ligeramente desplazados. Las líneas mostradas en los planos horizontales 50 no indican la orientación de los haces de fibras sino que simplemente se incluyen para hacer que sea más fácil distinguir las diferentes capas cuando se combinan. En la sección central de la Fig. 7, las capas se colocan una sobre la anterior paso a paso formándose, por tanto, una preforma en la parte inferior de la Fig. 7, que tiene partes 52 con un número bajo de capas de fibras, partes 54 con un número intermedio de capas de fibras y una parte 56 con un número elevado de capas de fibras. Cuando se proporcionan 15 un número superior de capas, entonces las partes 52 y 54 pueden prepararse de modo que parezcan prácticamente afiladas. Este procedimiento puede proporcionar simultáneamente una preforma que tenga dos, tres, cuatro o más partes afiladas.

20 Las propiedades de un material compuesto reforzado con fibra dependen en gran medida de las propiedades de la fibra. Sin embargo, las propiedades de los diferentes tipos de fibras varían considerablemente. Por ejemplo, el coeficiente de expansión térmica de las fibras de carbono es muy bajo y, en algunos casos, incluso negativo. Por tanto, puede ser muy difícil conectar materiales compuestos reforzados con fibras de carbono con materiales compuestos reforzados con otros tipos de fibras, y una preforma que comprenda fibras de carbono puede, por tanto, puede potenciarse de 25 forma ventajosa para acoplarse con un miembro de material 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, fibras acrílicas, de poliéster, PAN, PET, PE, PP o PBO), biofibras (por ejemplo, fibras de cáñamo, yute, celulosa, etc.), fibras minerales (por ejemplo, RockwoolTM), fibras metálicas (por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc.) o fibras de boro.

30 En una realización preferida, la preforma se potencia para su conexión proporcionando a la preforma fibras de un segundo tipo. Estas fibras del segundo tipo deben extenderse más allá de la preforma para proporcionar una parte para la conexión. Las fibras del segundo tipo, así como las fibras de carbono, pueden proporcionarse en capas entrelazadas ricas en las respectivas fibras. Por ejemplo, las capas pueden tener exclusivamente un único tipo de fibras. En una 35 realización preferida, las capas que comprenden fibras del segundo tipo se proporcionan como fibras preimpregnadas. Las fibras preimpregnadas pueden ser fibras preimpregnadas unidireccionales, sin embargo, los resultados experimentales sugieren, sorprendentemente, que las fibras preimpregnadas biaxiales que comprenden las fibras del segundo tipo proporcionan una base mejor para la conexión de la preforma a una estructura reforzada con fibras del segundo tipo.

40 Cerca del extremo de una capa de fibras entrelazadas con un material que tiene propiedades diferentes aumentará la concentración de esfuerzos. Para reducir o evitar el acoplamiento de esfuerzos desde los extremos de una capa a los extremos de la siguiente capa, la distancia del entrelazado debería ser mayor que la magnitud de la concentración de esfuerzos. Puesto que es difícil establecer la magnitud de la concentración de esfuerzos, se prefiere utilizar un margen seguro y, por tanto, separar los extremos de dos capas adyacentes mediante al menos 2 veces la magnitud de 45 la concentración de esfuerzos.

También es razonable asegurar que la distancia entre el extremo de la capa más próxima del mismo tipo de fibras debería estar separado por una distancia que se corresponda con la magnitud de la concentración de esfuerzos, preferiblemente con un margen de seguridad y, por tanto, usando un factor de 2.

50 La magnitud de la concentración de esfuerzos depende de varios factores como, por ejemplo, el grosor de las capas, el tipo de fibras, el tipo de resina, etc., y puede establecerse mediante modelado o mediante procedimientos empíricos.

55 Las preformas según la invención y proporcionadas por un procedimiento según la invención, son muy útiles para la preconsolidación, puesto que el escape de gas de la preforma se facilita debido a la presencia de capas discontinuas de resina. Las preformas pueden utilizarse alternativamente para la preparación directa de miembros de material compuesto mediante el curado. Especialmente, las preformas son muy útiles para la preparación de miembros para las palas de las turbinas eólicas, puesto que pueden fabricarse materiales compuestos que cumplen por completo los requisitos de calidad y los requisitos de reproducibilidad.

60 Cuando se tienen que fabricar estructuras más grandes que comprenden preformas según la invención o preformas producidas mediante un procedimiento según la invención, esto puede hacerse siguiendo un procedimiento en el que la preforma se conforma plásticamente, al menos de forma parcial. La preforma puede conectarse con otras preformas antes o después del conformado para proporcionar una estructura más grande. La preforma también puede conectarse 65 con otras estructuras. Se prefiere, aunque no es necesario, que las conexiones incluyan una parte afilada o capas que comprenden fibras del segundo tipo. La estructura combinada puede colocarse en una cámara de vacío y se somete a vacío antes del curado. Finalmente, la estructura de preforma se cura.

ES 2 298 632 T3

La Fig. 8 muestra un ejemplo de una sección transversal de una preforma que se potencia para su conexión a una estructura o a otras preformas que se hayan reforzado mediante fibras del segundo tipo. Son especialmente importantes conexiones más enlazantes cuando las propiedades físicas de las estructuras que se van a conectar difieren significativamente. Típicamente, las propiedades físicas vienen dictadas en gran medida por las fibras de refuerzo y son ejemplos de propiedades físicas destacables el coeficiente de expansión térmica (CET) y el módulo de Young. Por tanto, estos tipos de conexiones son importantes, por ejemplo, cuando un material compuesto que comprende fibras de carbono se conecta con un material compuesto reforzado con otro tipo de fibras, ya que los CET de las fibras de carbono son muy bajos y pueden incluso ser negativos. Sin embargo, pueden usarse iguales tipo de conexiones para conexiones resistentes entre materiales compuestos reforzados con otros tipos de fibras. El segundo tipo de fibras puede ser cualquiera de los tipos de fibras mencionados previamente en la descripción y, por ejemplo, este tipo de conexión puede usarse para conectar un material compuesto reforzado con fibras de carbono a un material compuesto reforzado con fibras de vidrio. La preforma de la Fig. 8 tiene capas de fibras del segundo tipo 62 (por ejemplo, fibras de vidrio) entrelazadas entre las capas de fibras de carbono 60 del volumen total de la preforma.

En una realización preferida, la distancia de superposición del entrelazado 64 es mayor que la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre capas ricas o que contienen exclusivamente fibras de carbono y capas ricas, o que contienen exclusivamente el segundo tipo de fibras, puesto que esto evitará un acoplamiento o aparición de resistencia entre las capas entrelazadas. Por la misma razón y por razones de introducción de un margen de seguridad, es más preferible que la distancia del entrelazado 64 sea mayor de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial.

En otra realización preferida, la distancia 66 entre los extremos de las capas ricas en fibras del segundo tipo que se entrelazan entre capas ricas en fibras de carbono, están separadas por una distancia mayor que la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre capas ricas en fibras de carbono y capas ricas en el fibras del segundo tipo. Una vez más, esto es para evitar un acoplamiento o aparición de resistencia entre las capas entrelazadas. Por la misma razón y por razones de introducción de un margen de seguridad, es más preferible que la distancia entre los extremos de las capas ricas en fibras del segundo tipo es mayor de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial.

En un posible uso de la preforma, la preforma se trata además mediante preconsolidación para formar una preforma preconsolidada, como se describe en la siguiente sección. La preconsolidación es especialmente útil cuando las fibras se proporcionan como haces de fibras, en comparación con las fibras proporcionadas como fibras preimpregnadas, debido a una viscosidad menor durante el procedimiento de preconsolidación. Esto aumentará la redistribución de la resina y/o de las fibras, lo que es muy deseable, ya que aumentará la homogeneidad del producto resultante.

Por preconsolidación se denomina en este documento un procedimiento en el que se elimina el gas del interior de una preforma y se produce una baja porosidad en la misma. La preconsolidación implica la redistribución de una resina y, opcionalmente, una redistribución de las fibras. Además, la preconsolidación puede implicar un curado limitado de la resina. La preconsolidación es especialmente útil, ya que produce una preforma densa (denominada a partir de ahora en este documento preforma preconsolidada). Las preformas preconsolidadas y los materiales compuestos preparados a partir de preformas preconsolidadas serán apreciados, entre otros motivos, debido a una buena reproductibilidad, baja porosidad, elevada homogeneidad, elevada resistencia, capacidad de conformado plástico de la preforma preconsolidada, capacidad para conectarse con otras preformas y/u otras estructuras, idoneidad de automatización y periodo de almacenamiento prolongado sin curado precoz.

Cuando la preconsolidación implica un curado limitado, este curado limitado puede implicar una liberación de hasta el 50% de la energía que se liberará mediante el curado completo de la resina. Sin embargo, se prefiere que el grado del curado se limite a un grado que permitirá una deformación plástica de la preforma. El grado de curado que permitirá una deformación plástica de una preforma preconsolidada depende, entre otras razones, de la resina exacta así como del tipo de fibra y del contenido en la misma. Generalmente, se prefiere que el curado limitado implique menos del 20% de la energía que se liberará mediante el 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 mediante el curado completo.

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

La porosidad de la preforma preconsolidada no puede establecerse directamente, ya que no se conoce la densidad, y ésta puede variar a lo largo del material. Por tanto, la porosidad debe establecerse mediante un procedimiento óptico en una muestra materialográfica. La preparación de muestras materialográficas a partir de una preforma preconsolidada no curada requiere mucho trabajo, ya que el material comprende tanto un elemento muy blando (es decir, una resina) como un elemento muy duro (es decir, la fibra). Para establecer un resultado reproducible, por tanto, es necesario curar

ES 2 298 632 T3

la preforma antes de la preparación materialográfica. Este procedimiento de curado debería realizarse sin presión para asegurar que la porosidad no se ve afectada por el procedimiento.

5 Para asegurar la manejabilidad, la preforma preconsolidada debería ser sustancialmente no pegajosa, es decir, debería desprenderse fácilmente de cualquier superficie importante y no debería dejar cantidades excesivas de resina en la superficie cuando se desprenda.

10 Para asegurarse un periodo de almacenamiento prolongado y/o la estabilidad durante el transporte, es importante que la reacción de curado del volumen total de la resina sea suficientemente baja a temperatura ambiente y que el catalizador (si está presente) no se active de manera accidental. Por ejemplo, si el catalizador se activa por calor, debería asegurarse que la temperatura de activación sea considerablemente más elevada que la temperatura máxima esperada durante el almacenamiento.

15 Una de las características de las preformas preconsolidadas es que son, al menos, parcialmente deformables. Esto puede realizarse, por ejemplo, a través del curado equilibrado y limitado durante el procedimiento de preconsolidación. En un posible uso de la preforma, al menos parte de la preforma preconsolidada es capaz de doblarse alrededor de un eje paralelo a la orientación principal de las fibras, con un diámetro de más de 1 cm, sin embargo, en algunos casos la preforma preconsolidada puede doblarse mediante deformación plástica con un diámetro de más de 5 cm. Pueden obtenerse diámetros de doblado menores reordenando la resina y/o las fibras o mediante la conformación tridimensional
20 de una preforma. Por adquirir conformación tridimensional se entiende en este documento que el espesor (es decir, el número de capas o la cantidad de fibras y/o resina) y/o la forma del plano horizontal de parte de la preforma se ajustan con respecto al volumen total de la preforma. Típicamente, sólo una parte de la preforma preconsolidada se prepara para un doblado muy agudo, mientras que el doblado alrededor de ejes de diámetros mayores, por ejemplo de 50 cm, puede realizarse a menudo a partir de todas las partes de la preforma preconsolidada.

25 La rigidez de una preforma realizada durante un procedimiento de preconsolidación debería asegurar que la preforma preconsolidada es lo suficientemente rígida para evitar la relajación de la preforma preconsolidada en la dirección de la longitud de las fibras cuando se coloca en una superficie no plana y permitir aún una deformación plástica alrededor de un eje paralelo a la dirección longitudinal de las fibras. En particular, cuando una preforma preconsolidada que comprende fibras de carbono se coloca sobre capas entrecruzadas de fibras de vidrio o sobre fibras de vidrio preimpregnadas con superposición parcial, entonces, la preforma preconsolidada debe permanecer sustancialmente plana durante el tendido y el curado, mientras que las fibras de vidrio deberían ajustarse a la configuración o forma de la preforma preconsolidada. Por tanto, las fibras de carbono permanecerán rectas llevando a un aumento de la resistencia de la estructura combinada.

30 El procedimiento de preconsolidación a menudo lleva a un aumento de la viscosidad de la resina en la preforma, por ejemplo, mediante un curado parcial. Se prefiere que la viscosidad a temperatura ambiente aumente en un factor de al menos dos o, más preferiblemente en un factor de al menos cinco, ya que a medida que aumenta la viscosidad aumentará la manejabilidad, la resistencia y la falta de adherencia. En algunos casos, la viscosidad puede aumentar en un factor mucho mayor como, por ejemplo 10, 100 ó 1.000. Este es, por ejemplo, el caso cuando parte de la resina se inyecta en la preforma como un líquido a temperatura ambiente. Otra forma de expresar el aumento de la viscosidad es observar directamente la viscosidad. Se prefiere que la viscosidad de la resina en la preforma sin consolidar está comprendida entre aproximadamente 0,1 y 10 Ns/m² (100 a 10.000 cP) a la temperatura a la cual se realiza el procedimiento de consolidación, preferiblemente entre aproximadamente 0,5 y 3 Ns/m² (500 a 3.000 cP).

35 La temperatura a la cual se realiza el procedimiento de preconsolidación puede variar considerablemente dependiendo especialmente de la composición de la resina. Típicamente, las temperaturas de preconsolidación para sistemas de resina basada en epoxi son de 50 a 90°C y, preferiblemente, de 60 a 80°C, sin embargo, pueden ser factibles en algunos sistemas temperaturas tanto superiores como inferiores

40 El procedimiento de preconsolidación puede llevar a un aumento en la temperatura de transición vítrea (T_g) de la resina, por ejemplo, mediante 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 la T_g normalmente indica un aumento del peso molecular medio de la resina, lo que aumentará su manejabilidad, resistencia y falta de adhesividad. En algunos casos, la T_g puede aumentar más. Esto es especialmente el caso en el que la T_g de la preforma sin consolidar sea muy baja.

45 En general, una preforma preconsolidada con un sistema basado en epoxi típicamente tiene una T_g comprendida entre -10 y +30°C y, preferiblemente, una T_g comprendida entre -5 y 10°C. Preferiblemente, 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 debería estar por debajo de aproximadamente 5°C y, preferiblemente, por debajo de aproximadamente 2°C.

50 En algunos casos, el curado de una preforma previamente consolidada sin ser expuesta al vacío dará lugar a un material con propiedades equivalentes a una preforma curada al vacío, ya que la porosidad se ha eliminado o se reduce mucho durante el procedimiento de preconsolidación previo al curado.

ES 2 298 632 T3

La resina puede comprender más de un sistema, por ejemplo, la resina puede comprender dos sistemas. Estos sistemas pueden ser cualquier combinación de sistemas diferentes o del mismo tipo, sin embargo, se prefiere que la resina comprenda dos sistemas sustancialmente basados en epoxi. Los sistemas de resina deben ser compatibles. Preferiblemente, dos sistemas basados en epoxi comprenden un componente común. El componente común puede, por ejemplo, ser un catalizador común, un componente amina común o un componente epoxi común, sin embargo, se prefiere que el componente común sea un componente epoxi. Una resina que comprende dos sistemas basados en epoxi con un componente epoxi común puede comprender un componente amina de un primer sistema basado en epoxi que reaccionará con el componente epoxi común a una primera temperatura relativamente baja, tal como, por ejemplo, por debajo de 50°C, preferiblemente próxima a temperatura ambiente. A esta primera temperatura, un segundo sistema basado en epoxi es preferiblemente, no reactivo, o la reacción se produce a una velocidad muy baja. Puesto que la velocidad de reacción del segundo sistema basado en epoxi debería ser muy baja, puede estar catalizada de forma ventajosa por un catalizador que no sea activo hasta que se activa. Esta activación puede darse, por ejemplo, mediante luz ultravioleta, adición de un compuesto o por calentamiento, sin embargo, se prefiere que el catalizador se active por calentamiento.

En un procedimiento preferido de preconsolidación de una preforma, se coloca una preforma en la superficie de un reactor, como por ejemplo, una placa, un molde, etc. Se prefiere que la superficie del reactor sea plana y ésta se mantendrá caliente y/o al vacío. A continuación, se aplica presión a la preforma. La presión puede aplicarse mediante una prensa o, preferiblemente, al vacío dentro de una cámara de vacío. Si se utiliza vacío, entonces debe obtenerse una cámara de vacío antes del prensado. La cámara de vacío puede, por ejemplo, comprender una bolsa de vacío o puede comprender una superficie del reactor y una cubierta flexible conectada a través de una vía hermética con la superficie del reactor. Por ejemplo, el gas puede evacuarse a través de la superficie del reactor 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, durante y/o después de aplicar la presión. La activación comprende una reducción de la viscosidad de la resina. Esto puede, por ejemplo, realizarse mediante medios físicos (por ejemplo, calentando, añadiendo un disolvente, por presión, etc.) y/o mediante una reacción química. Durante el procedimiento de preconsolidación puede tener lugar o no un curado limitado. Cuando se ha reducido la porosidad a un nivel deseado o se ha obtenido otro objeto de la preconsolidación, se termina el procedimiento de preconsolidación. La terminación puede ser, por ejemplo, resultado del agotamiento de un primer sistema de resina o del enfriamiento de la preforma preconsolidada a una temperatura, en la que la reacción de curado sea lo suficientemente lenta y/o la viscosidad sea lo suficientemente baja para que la preforma previamente consolidada alcance la estabilidad necesaria para el periodo de almacenamiento deseado.

En un posible uso de la preforma, la preforma que se va a preconsolidar es aquella que tiene al menos una capa de resina discontinua, a través de la cual puede eliminarse el gas durante el procedimiento de preconsolidación. Por tanto, no es necesario eliminar el gas de la preforma en el plano de una capa de resina o en el plano de una capa de fibras. La distancia de transporte y el riesgo de que el gas quede atrapado dentro de la preforma preconsolidada se reduce mucho. En otro posible uso, todas las capas de resina (opcionalmente excepto una capa que se encuentra encima de la capa superior de fibras o por debajo de la capa inferior de fibras) son discontinuas.

Un ejemplo de un procedimiento para asegurar que el gas puede eliminarse de forma continua de la preforma durante la preconsolidación implica una activación gradual del procedimiento de preconsolidación que se inicia desde el centro de la preforma y avanza hacia las superficies, o desde un lado o borde y avanza a través de la preforma. Por ejemplo, esto puede realizarse calentando sólo desde la superficie de reacción, activando por tanto gradualmente desde el lado de la preforma en contacto con la superficie de reacción o mediante el calentamiento controlado con microondas, activando por tanto gradualmente desde el interior de la preforma y avanzando hacia las superficies.

Las preformas según la invención y proporcionadas por el procedimiento según la invención, son muy útiles para la preparación de miembros de materiales compuestos mediante curado. Especialmente, las preformas son muy útiles para la preparación de miembros para las palas de turbinas eólicas y, especialmente, para los mástiles de una pala de una turbina eólica, puesto que estos materiales compuestos cumplen los requisitos de calidad y los requisitos de reproductibilidad.

Cuando se tienen que preparar estructuras más grandes que comprenden preformas según la invención o preformas producidas mediante un procedimiento según la invención, este puede ir seguido de un procedimiento en el que la preforma se moldea plásticamente, al menos parcialmente. La preforma puede estar conectada con una o más preformas preconsolidadas adicionales y/o preformas no consolidadas antes o después del conformado para proporcionar una estructura más grande. La preforma también puede conectarse con otras estructuras. Se prefiere, aunque no es necesario, que las conexiones impliquen una parte afilada o capas que comprendan fibras de un segundo tipo. La estructura combinada puede colocarse en una cámara de vacío y someterse a vacío antes del curado. Finalmente, la estructura preforma se cura.

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 estructura de resina, fibras y porosidad. La resina posee una resistencia baja en comparación con las fibras y puede, por tanto, proporcionar una vía para la propagación de fisuras a través de la estructura, si están presentes capas demasiado grandes de resina. La porosidad puede reducir drásticamente la resistencia de la estructura pero la adversidad depende del tamaño, la forma y la distribución de los poros, es decir, el efecto de poros pequeños esféricos aislados es limitado, mientras que poros más grandes colocados en la interfase entre

ES 2 298 632 T3

la resina y las fibras pueden ser fatídicos para la estructura. Por tanto, es vital ser capaz de controlar la distribución de los elementos.

El grado de redistribución depende, entre otros, de la viscosidad de la resina durante el procedimiento de compactación, es decir, cuanto más baja sea la viscosidad, más fácil es la redistribución de los elementos. Utilizando un procedimiento de preconsolidación, la viscosidad de la resina puede reducirse más que lo que era posible en la técnica anterior, puesto que la estructura no se limita a apoyar una forma en particular durante el procedimiento. Cuando la preconsolidación incluye un curado limitado de la resina, la viscosidad puede reducirse adicionalmente puesto que la curación aumenta la manejabilidad y reduce la adherencia de la preforma preconsolidada. Por tanto, la preconsolidación permite la redistribución de la resina y/o las fibras en un grado mucho mayor que el que puede obtenerse con la técnica anterior. Las preformas preconsolidadas resultantes pueden tener porosidad muy baja así como una estructura más homogénea. Esto puede dar lugar, por ejemplo, a una estructura de material compuesto que tiene una estructura laminar menos pronunciada, es decir, en la que las capas son menos pronunciadas que una estructura de material compuesto correspondiente que comprende sólo preformas que no se preconsolidan antes del curado.

Tabla para la identificación

2	Fibras que indican una orientación principal de la fibra
20	4 Resina
	4a Línea de resina
	4b Puntos o partículas de resina
25	4c Línea aleatoria de resina
	4d Lámina de resina
30	6 Adhesivo
	6a Adhesivo próximo al inicio de la fibra
	6b Adhesivo próximo al final de la fibra
35	6c Adhesivo en la parte central de la preforma
	6d Adhesivo en la parte central de la preforma con un patrón en zigzag
40	10 Plano horizontal de la preforma
	12 Orificio pasante
	14 Dirección de tendido de la fibra
45	γ Ángulo entre los bordes de un plano horizontal de la preforma
	α Ángulo entre los bordes de un plano horizontal de la preforma
50	β Ángulo entre los bordes de un plano horizontal de la preforma
	20 Parte afilada de la preforma en la dirección principal de las fibras
	22 Parte afilada de la preforma ortogonal a la dirección principal de las fibras
55	24 Parte no afilada de la preforma
	30a Amina de un primer sistema basado en epoxi
60	30b Amina de un segundo sistema basado en epoxi
	32 Catalizador de un segundo sistema basado en epoxi
	34 Componente epoxi
65	36 Mezcla previa que comprende el componente amina y el catalizador

ES 2 298 632 T3

38	Unidad de mezcla y aplicación
40	Resina mezclada y distribuida
5	50 Plano horizontal de fibras orientadas
	52 Parte que tiene un número menor de capas de fibras
	54 Parte que tiene un número intermedio de capas de fibras
10	56 Parte que tiene un número elevado de capas de fibras
	60 Capa de fibras que comprende fibras de carbono
15	62 Capa de fibras que comprende fibras de un segundo tipo
	64 Distancia de superposición del entrelazado
	66 Distancia entre los extremos de las capas que comprende fibras de un segundo tipo.
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una preforma que comprende una resina y al menos tres capas de fibras (2), en la que la resina (4) es principalmente una resina termoendurecible sin curar, y en la que una parte de dicha preforma está conformada tridimensionalmente de modo que dicha parte de la preforma esté afilada, **caracterizada** porque al menos las tres capas de fibras son haces de fibras orientadas (2).
- 10 2. Una preforma según la reivindicación 1, **caracterizada** porque las fibras (2) son fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas por ejemplo fibras acrílicas, de poliéster, PAN, PET, PE, PP o PBO, biofibras por ejemplo fibras de cáñamo, yute, celulosa, etc., fibras minerales por ejemplo Rockwool™, fibras metálicas por ejemplo acero, aluminio, latón, cobre, etc. o fibras de boro.
- 15 3. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** porque las fibras (2) son fibras continuas.
- 20 4. Una preforma según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque la resina (4) es principalmente una resina basada en epoxi o una resina basada en poliéster.
- 25 5. Una preforma según la reivindicación 4, **caracterizada** porque la resina (4) comprende dos sistemas de resina, preferiblemente dos sistemas basados en epoxi.
- 30 6. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque el plano horizontal (10) de la preforma es sustancialmente rectangular.
- 35 7. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque el plano horizontal (10) de la preforma es sustancialmente trapezoidal, preferiblemente con los ángulos (α, β) sustancialmente iguales.
- 40 8. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, que se **caracteriza** porque la distancia entre los lados paralelos es al menos 3 veces la longitud de cualquiera de los lados paralelos, preferiblemente más de 5 veces la longitud de cualquiera de los lados paralelos.
- 45 9. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque el plano horizontal (10) de la preforma es sustancialmente cuadrangular o triangular.
- 50 10. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque las fibras (2) se orientan principalmente de manera unidireccional.
- 55 11. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque las fibras (2) se orientan sustancialmente de manera ortogonal con respecto al borde de la preforma.
- 60 12. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** porque las fibras (2) se orientan sustancialmente en paralelo con respecto al borde de la preforma.
- 65 13. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada** porque las fibras (2) se orientan hacia áreas reforzadas del elemento final que se verán expuestas a una fuerza más elevada durante el servicio.
- 70 14. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada** porque la orientación de las fibras (2) es sustancialmente la misma en todas las capas.
- 75 15. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada** porque la orientación de las fibras (2) de una primera capa es diferente a la orientación de las fibras (2) de una segunda capa.
- 80 16. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizada** porque dicha preforma comprende fibras de carbono (60) y estando dicha preforma potenciada para el acoplamiento de dicha preforma con un miembro de material compuesto que comprende fibras del segundo tipo (62) y una resina (4), dichas fibras del segundo tipo (62) se seleccionan preferiblemente del grupo de fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas por ejemplo, fibras acrílicas, de poliéster, PAN, PET, PE, PP o PBO, biofibras por ejemplo, fibras de cáñamo, yute, celulosa, etc., fibras minerales por ejemplo, Rockwool™, fibras metálicas por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc. o fibras de boro, y una parte de dicha preforma hacia dicho miembro de material compuesto está provista de fibras del segundo tipo (62) y dichas fibras del segundo tipo (62) se extienden más allá de dicha preforma.
- 85 17. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizada** porque dicha preforma comprende fibras de carbono (60) y estando dicha preforma potenciada para el acoplamiento de dicha preforma con un miembro de material compuesto que comprende fibras del segundo tipo (62) y una resina (4), dichas fibras del segundo tipo (62) se seleccionan preferiblemente entre el grupo de fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras sintéticas por ejemplo, fibras acrílicas, de poliéster, PAN, PET, PE, PP o PBO, biofibras por ejemplo, fibras de cáñamo, yute, celulosa, etc., fibras minerales por ejemplo, Rockwool™, fibras metálicas por ejemplo, acero, aluminio, latón, cobre, etc. o fibras de

ES 2 298 632 T3

boro, y una parte de dicha preforma hacia dicho miembro de material compuesto está provista de capas ricas o que contienen exclusivamente fibras del segundo tipo (62) entrelazadas entre fibras ricas o que contienen exclusivamente fibras de carbono (60) y dichas fibras del segundo tipo (62) se extienden más allá de dicha preforma.

5 18. Una preforma según la reivindicación 17, **caracterizada** porque la distancia de superposición del entrelazado (64) es mayor que la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre capas ricas o que contienen exclusivamente fibras de carbono y capas ricas o que contienen exclusivamente fibras del segundo tipo, preferiblemente la distancia de superposición del entrelazado es mayor de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia del entrelazado entre capas ricas o que contienen exclusivamente fibras de carbono y capas ricas o que contienen
10 exclusivamente fibras del segundo tipo.

19. Una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 17 ó 18, que se **caracteriza** porque la distancia (66) entre los extremos de las capas ricas en fibras del segundo tipo (62) entrelazados entre capas ricas en fibras de carbono (60) están separadas por una distancia mayor que la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre las
15 capas ricas en fibras de carbono (60) y las capas ricas en fibras del segundo tipo (62), preferiblemente la distancia (66) entre los extremos de la capas ricas en las fibras del segundo tipo (62) y más de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre capas ricas en fibras de carbono (60) y capas ricas en fibras del segundo tipo (62).

20. Un procedimiento para preparar una preforma que comprende las etapas de:

- proporcionar capas de fibras (2)
- proporcionar un adhesivo (6) entre dichas capas de fibras (2) para inmovilizar al menos parcialmente las
25 fibras (2).
- proporcionar una resina (4) en contacto con al menos una de las capas de fibras (2),

en el que se proporciona una capa de fibras fuera del borde de una capa de fibras precedente, realizando por tanto una parte afilada de la preforma, y la resina (4) es una resina termoendurecible sin curar, **caracterizada** porque las capas
30 de fibras son haces de fibras orientadas (2).

21. Un procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado** porque se proporciona la resina (4) está presente entre dos capas de haces de fibras (2).

22. Un procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado** porque dicho adhesivo (6) comprende al menos uno de los componentes de la resina (4), teniendo preferiblemente el adhesivo (6) sustancialmente la misma composición que la resina (4).

23. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, **caracterizado** porque se proporciona la resina (4) para formar una capa o capas discontinuas.

24. Un procedimiento según la reivindicación 23, **caracterizado** porque se proporciona la resina (4) como capas continuas en las que se han introducido orificios pasantes, preferiblemente mediante perforación.

25. Un procedimiento según la reivindicación 23, **caracterizado** porque se proporciona la resina (4) como un líquido, preferiblemente para formar un patrón orientado o aleatorio de una línea, varias líneas o puntos.

26. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25, **caracterizado** porque se proporciona el adhesivo (6) en capas discontinuas, preferiblemente se proporciona el adhesivo (6) en líneas que tienen un ángulo relativo a la orientación de las fibras, más preferiblemente dicho ángulo es de aproximadamente 90° relativo a una orientación de las fibras (2).

27. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25, **caracterizado** porque la resina (4) se basa sustancialmente en epoxi.

28. Un procedimiento según la reivindicación 27, **caracterizado** porque la resina (4) comprende dos sistemas basados en epoxi, preferiblemente, dichos sistemas basados en epoxi comprenden un componente común y, más preferiblemente, dicho componente común es un componente epoxi.

29. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 27 a 28, **caracterizado** porque dichos sistemas basados en epoxi comprenden componentes amina diferentes, preferiblemente un componente de un primer sistema basado en epoxi reaccionará con un componente epoxi a una primera temperatura, mientras que un componente amina (30b) de un segundo sistema basado en epoxi 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 temperatura ambiente.

ES 2 298 632 T3

30. Un procedimiento según la reivindicación 29, **caracterizado** porque dicho componente amina (30b) de dicho segundo sistema basado en epoxi se curará tras la activación de un catalizador correspondiente (32), preferiblemente dicho catalizador correspondiente se activa por calentamiento.
- 5 31. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 30, que además comprende la etapa de preparar una mezcla previa (36) que comprende dichos componentes amina (30) y catalizador (32) para formar un fluido o suspensión estable, opcionalmente la viscosidad se ajusta mediante la adición del 0,1 al 5% en peso de un componente epoxi (34).
- 10 32. Un procedimiento según la reivindicación 31, que además comprende la etapa de preparar una mezcla de resina (38) que comprende dicha mezcla previa (36) y dicho componente epoxi (34) inmediatamente antes de aplicar dicha mezcla de resina para prepara una preforma.
- 15 33. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 32, **caracterizado** porque se proporcionan las fibras (2) y, opcionalmente, la resina (4) para formar un plano horizontal sustancialmente rectangular (10) de la preforma.
- 20 34. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 32, **caracterizado** porque las fibras (2) y, opcionalmente, la resina (4) se distribuyen para formar un plano horizontal sustancialmente trapezoidal (10) de la preforma, preferiblemente con los ángulos (α, β) sustancialmente iguales.
- 25 35. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 32, **caracterizado** porque las fibras (2) y, opcionalmente, la resina (4) se distribuyen para formar un plano horizontal (10) sustancialmente cuadrangular o triangular de la preforma.
- 30 36. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 35, **caracterizado** porque se proporcionan las fibras (2) para formar una orientación deseada y/o formar un plano horizontal (10) cortando selectivamente y/o iniciando las fibras (2), preferiblemente durante el tendido de la misma.
- 35 37. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 36, **caracterizado** porque se proporciona dicha capa de fibras dentro del área definida por dicha capa de fibras precedente, más preferiblemente las fibras (2) se proporcionan cortando selectivamente y/o iniciando las fibras (2).
- 40 38. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 36, **caracterizado** porque se proporciona una capa de fibras que tiene sustancialmente igual tamaño que una capa de fibras precedente fuera del borde de una capa de fibras precedente, realizando de este modo simultáneamente al menos dos partes afiladas de la preforma.
- 45 39. Un procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado** porque las capas de fibras orientadas comprenden fibras de carbono (60) y además comprende la etapa de proporcionar capas que comprenden fibras de un segundo tipo (62), preferiblemente dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo (62) se extienden desde el interior de la preforma más allá de al menos uno de los lados de la preforma.
- 50 40. Un procedimiento según la reivindicación 39, **caracterizado** porque las capas que comprenden fibras del segundo tipo (2, 62) son preimpregnadas, preferiblemente preimpregnadas biaxiales.
- 55 41. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 40, **caracterizado** porque la distancia de superposición (64) desde el extremo de las capas que comprenden fibras del segundo tipo (62) dentro de la preforma hasta los bordes de las capas adyacentes de fibras orientadas que comprenden fibras de carbono (60) es mayor que la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre dichas capas de fibras de carbono orientadas (60) y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo (62), preferiblemente mayor de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre dichas capas de fibras de carbono orientados (60) y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo (62).
- 60 42. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 39 a 41, **caracterizado** porque la distancia (66) entre el extremo de las capas que comprenden fibras del segundo tipo (62) dentro de la preforma está separado por una distancia mayor de 2 veces la magnitud de la condición final de la resistencia interfacial entre dichas capas de fibras de carbono orientadas (60) y dichas capas que comprenden fibras del segundo tipo (62).
- 65 43. Una preforma obtenible mediante cualquiera de las reivindicaciones 20 a 42.
44. Uso de una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 ó 43 para preparar una preforma precon-solidada.
45. Uso de una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 ó 43 para la preparación de un miembro de material compuesto.
46. Uso de una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 ó 43 en palas de turbinas eólicas.

ES 2 298 632 T3

47. Uso de una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 ó 43 en un mástil para pala de turbina eólica.

48. Un procedimiento para preparar un miembro de material compuesto que comprende las etapas de:

- 5 - conformar plásticamente una preforma según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 según una forma deseada
- colocar opcionalmente una o más preformas adicionales en conexión con dicha preforma
- 10 - colocar opcionalmente la estructura preforma en una cámara de vacío
- curar la estructura preforma.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

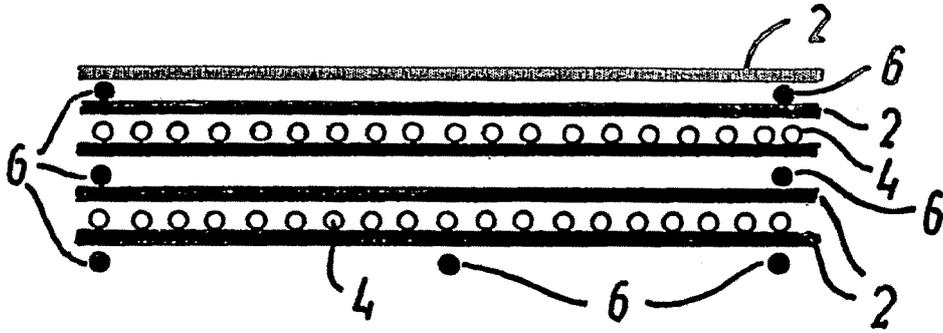


Fig. 1

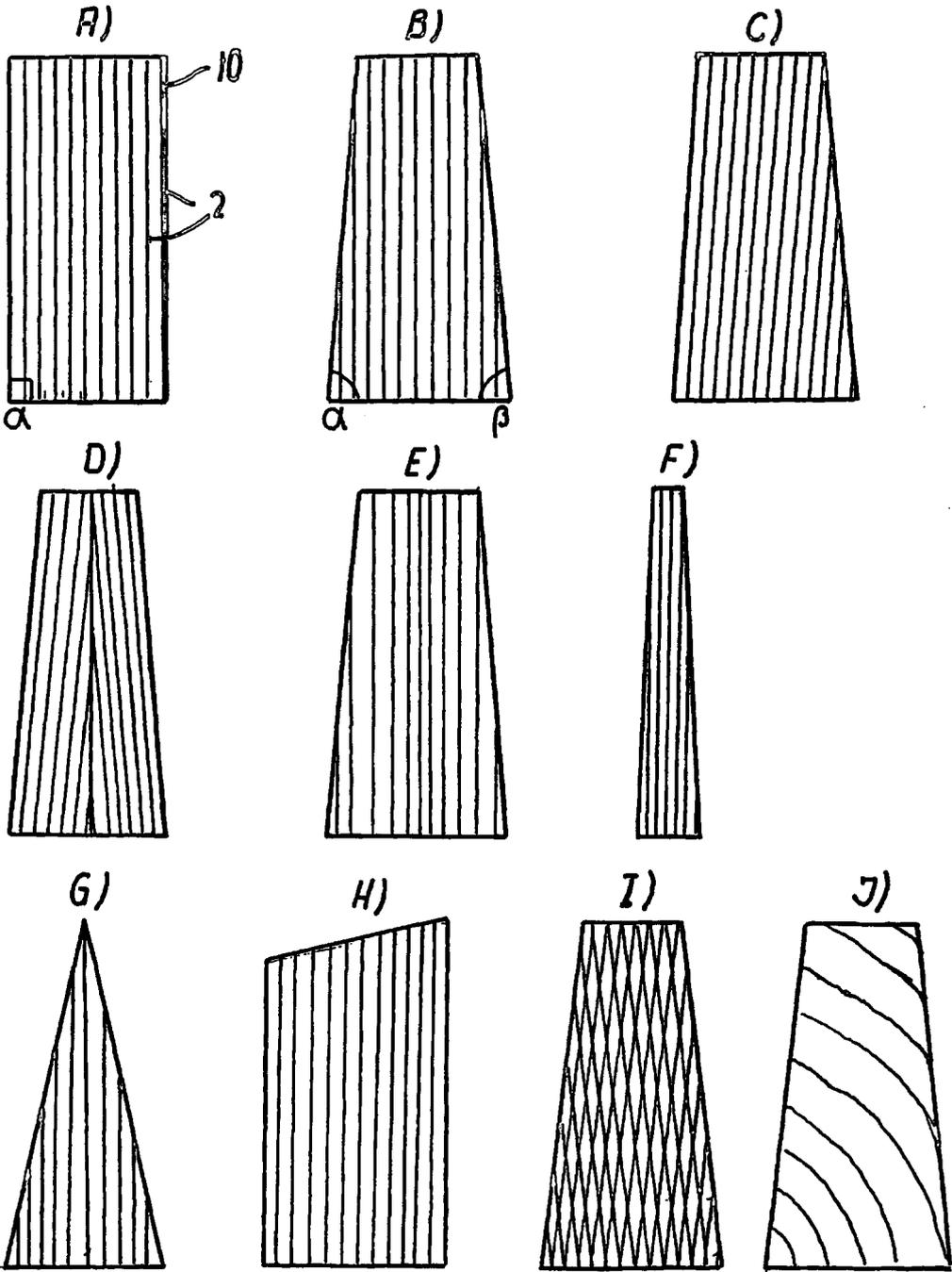


Fig. 2

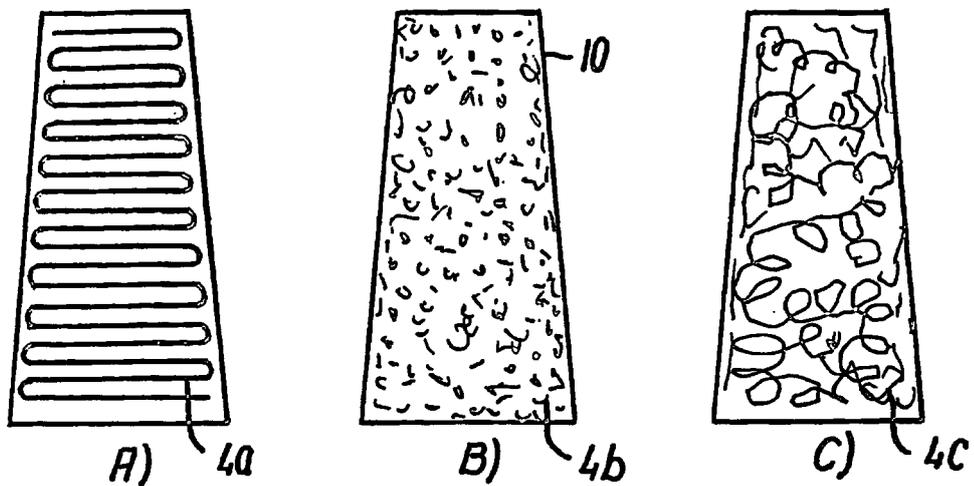


Fig. 3

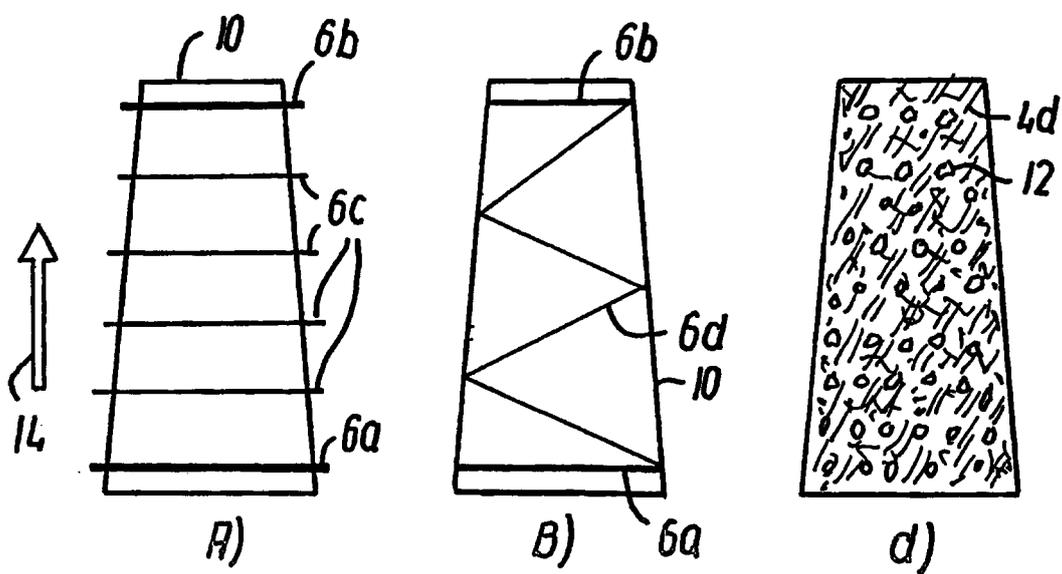


Fig. 4

Fig. 3

Fig. 5

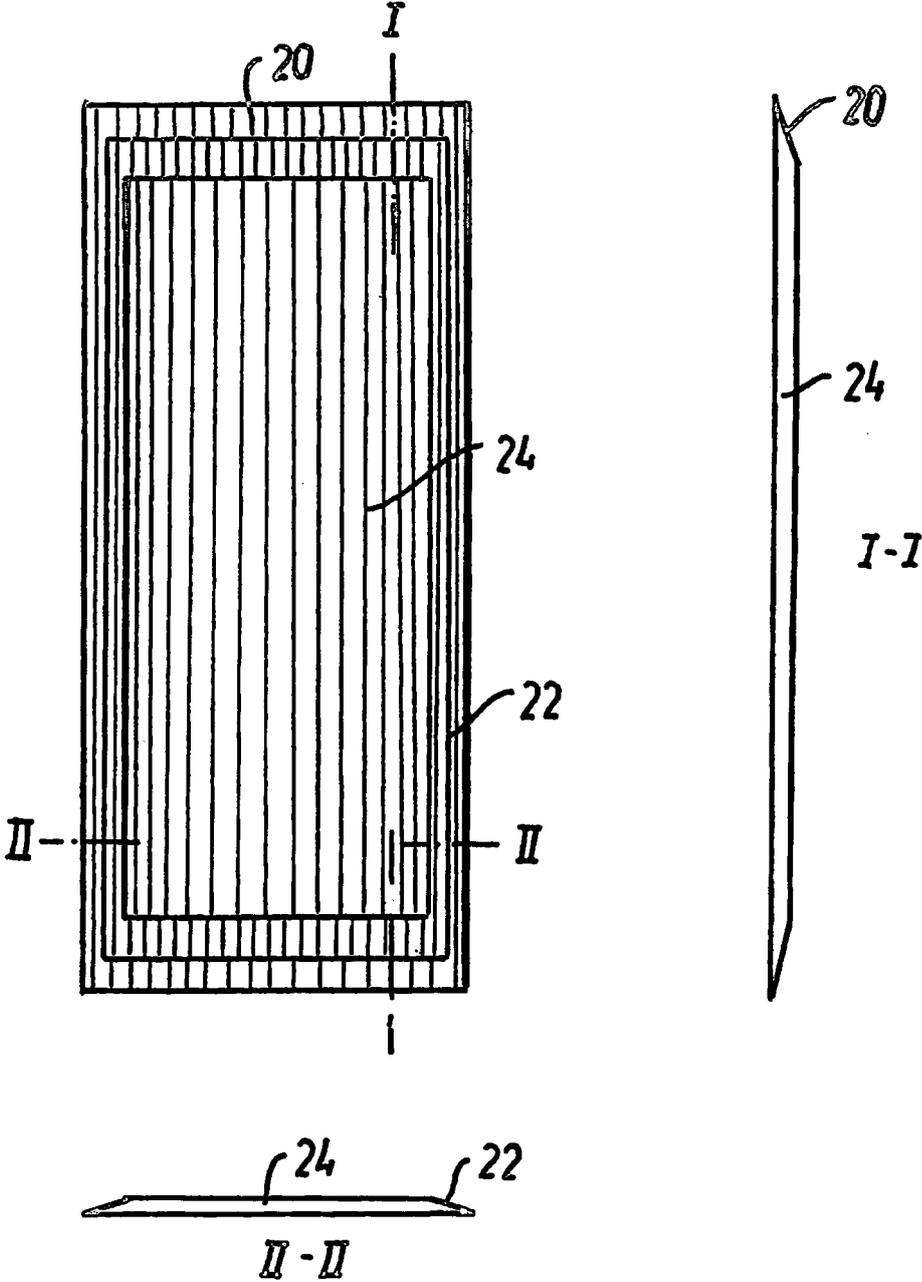


Fig. 6

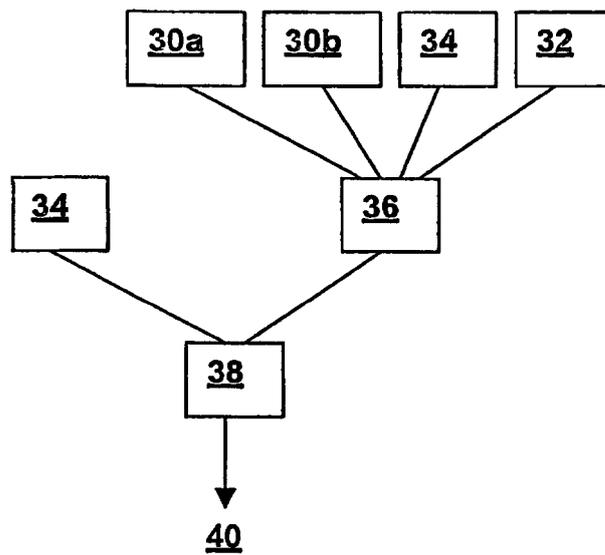
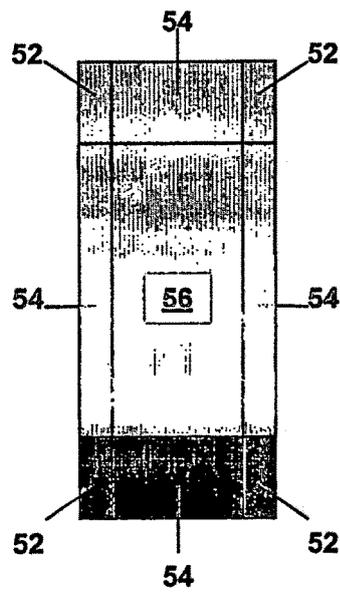
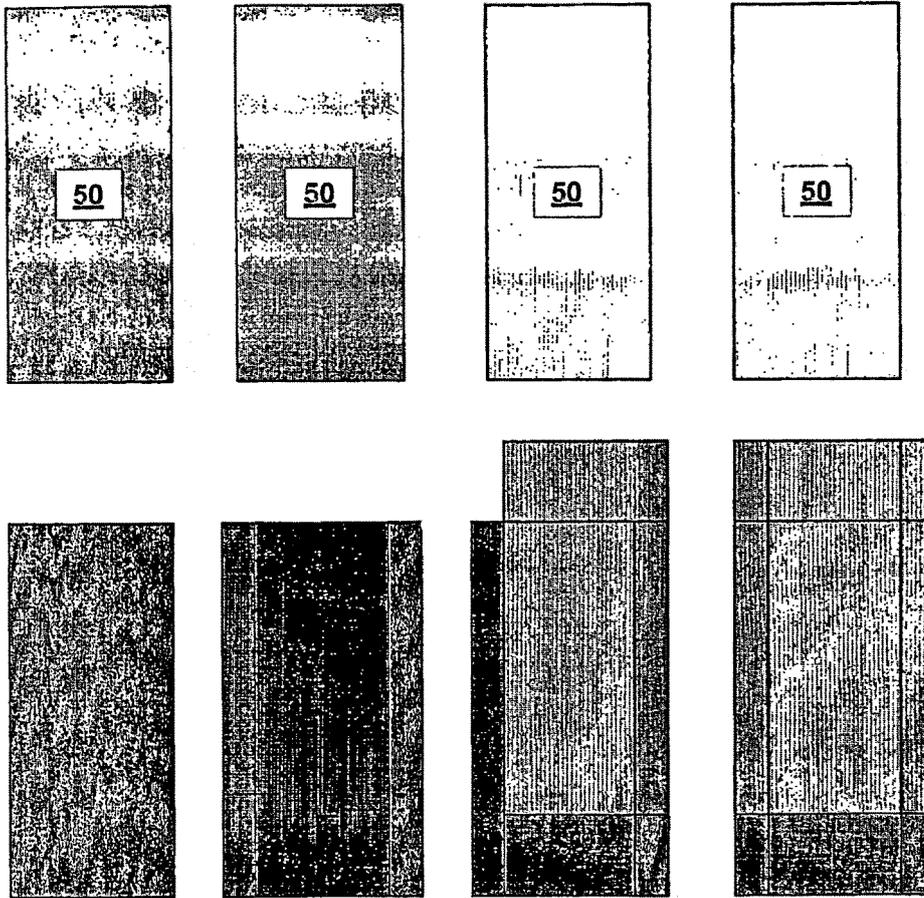


Fig. 7



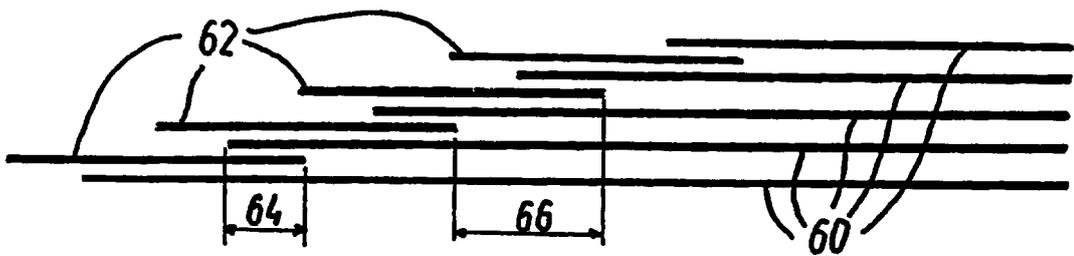


Fig. 8