

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 933**

51 Int. Cl.:

B29B 11/16 (2006.01)

D06M 15/55 (2006.01)

D06M 15/59 (2006.01)

B29B 15/10 (2006.01)

B29L 9/00 (2006.01)

B29L 12/00 (2006.01)

B29K 307/04 (2006.01)

B29K 101/12 (2006.01)

B29K 101/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.07.2002 E 10003836 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015 EP 2208595**

54 Título: **Preforma reforzada de fibra de carbono y material compuesto que comprende la misma**

30 Prioridad:

04.07.2001 JP 2001203263

26.04.2002 JP 2002126065

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

30.04.2015

73 Titular/es:

TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)

1-1, NIHONBASHI-MUROMACHI 2-CHOME CHUO-KU

TOKYO, 103-8666, JP

72 Inventor/es:

WADAHARA, EISUKE;

NISHIMURA, AKIRA y

HORIBE, IKUO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 534 933 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 reforzada de fibra de carbono y material compuesto que comprende la misma

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una preforma que comprende un sustrato reforzado de fibra de carbono, y a un material compuesto que comprende la preforma.

10 La presente invención se refiere a una preforma conformada a partir de un sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene unas propiedades de manipulación excelentes. Por propiedades de manipulación se quiere decir al menos una propiedad cualquiera seleccionada entre rigidez, estabilidad de forma, capacidad de drapeado y adhesividad en la laminación del sustrato reforzado de fibra de carbono.

15 La invención también se refiere a una preforma que tiene una permeabilidad excelente a la resina durante la formación de un material compuesto a partir del sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene dichas propiedades de manipulación excelentes.

20 Por otra parte, la invención se refiere a un material compuesto que tiene unas propiedades mecánicas excelentes, que se forma a partir de la preforma que tiene una permeabilidad excelente a la resina. Por propiedades de mecánicas se quiere decir al menos una propiedad seleccionada entre resistencia a la compresión después del impacto y resistencia a la compresión después del acondicionamiento húmedo en caliente.

Antecedentes de la técnica

25 Los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono se han usado en aplicaciones aeronáuticas, espaciales y deportivas, debido a sus excelentes cualidades mecánicas y peso ligero.

30 Como método habitual de producción de dicho material compuesto, se conoce el moldeo en autoclave. En el método, un producto preimpregnado que comprende una lámina compuesta de haces de fibra de carbono, cada uno de los cuales está formado por fibras de carbono continuas dispuestas en una dirección y por una resina matriz que está impregnada con ellas. Los productos preimpregnados se apilan en un molde y se calientan y se presurizan en un autoclave, para convertirlos en un material compuesto.

35 El producto preimpregnado usado como sustrato a moldear en un material compuesto tiene ventajas en la producción de material compuesto con una alta fiabilidad. No obstante, también tiene la desventaja de que es demasiado rígido para poderse drapear. Por otra parte, la producción de un material compuesto usando el producto preimpregnado tiene problemas tales como unos costes elevados y una baja productividad.

40 Para el moldeo de un material compuesto con una alta productividad, se conoce el moldeo por inyección o el moldeo por infusión. El moldeo por inyección o por infusión incluye, por ejemplo, el moldeo por transferencia de resina (MTR). En el moldeo por transferencia de resina (MTR), un sustrato compuesto de haces de fibra de carbono no preimpregnado con una resina matriz (haces de fibra de carbono seca) se coloca en un molde con una forma complicada, y se inyecta o se infunde un líquido de resina matriz (de baja viscosidad) en el molde, para impregnar
45 los haces de fibra de carbono con la resina matriz.

No obstante, a pesar de que el moldeo por inyección o infusión es excelente en cuanto a la productividad del material compuesto, el sustrato usado (por ejemplo, una tela entretejida seca) tiene problemas en vista de que es probable que se produzcan propiedades de manipulación tales como el deslizamiento de la textura (inestabilidad de la forma), que el sustrato sea menos rígido como para permitir una flexión sencilla, y que las capas del sustrato no se adhieran entre sí cuando se laminan (ausencia de propiedad adherente). Además, puesto que la resina matriz debe tener baja viscosidad, el material compuesto tiene el problema de presentar bajas propiedades mecánicas, en comparación con el material compuesto formado con una resina matriz que tiene una alta viscosidad como la que se usa en el producto preimpregnado mencionado anteriormente. Estos problemas presentan el inconveniente de que
50 el material compuesto obtenido no puede presentar las suficientes propiedades peculiares de las fibras de carbono y no tiene las propiedades mecánicas esperadas en cuanto a las propiedades de las fibras de carbono usadas.

Para resolver este problema, la patente de Estados Unidos 5.071.711 A propone una técnica, en la que se aplica una resina de tipo termoplástico a una tela compuesta de fibras de refuerzo, para mejorar las propiedades de manipulación de la tela entretejida seca usada como sustrato, y estabilizar la forma de la preforma usada para el
60 moldeo por inyección o infusión.

Por otra parte, en Journal of Advanced Materials, Volumen 32, No. 3, Jul. 2000, P27-34 o Composites Part A, Volumen 32, 2001, P721-729 se informa de que si una tela entretejida se recubre con una resina obtenida mediante
65 la mezcla de una resina epoxi y partículas elastoméricas o poliamida 6, para el moldeo por inyección o infusión, se mejoran las propiedades mecánicas (tales como la tenacidad a la fractura interlaminar de Modo II) de la CFRP

obtenida.

No obstante, la propuesta no puede mejorar, o solo mejora de forma insuficiente, las propiedades mecánicas, aunque puede mejorar las propiedades de manipulación del sustrato. Es decir, por ejemplo, no se pueden conseguir niveles muy elevados de propiedades mecánicas necesarias para los elementos de la estructura primaria o principal de una aeronave, incluso si simplemente se recubre una tela entretejida o similar con una resina, y en el caso en el que las propias fibras de carbono usadas no tienen las propiedades necesarias, el material compuesto obtenido que las usa puede no presentar tampoco las propiedades mecánicas necesarias (en particular la resistencia a la compresión después del impacto).

Además, en los métodos de moldeo por inyección o infusión descritos en las propuestas anteriormente mencionadas, puesto que una lámina compuesta de haces de fibra de carbono dispuestos simplemente en una dirección no se puede manipular con la orientación de la fibra mantenida como está en estado seco, se usa una tela entretejida bidireccional.

No obstante, por ejemplo, los elementos de la estructura primaria o principal de la aeronave requieren propiedades mecánicas muy elevadas, en particular la resistencia a la compresión después del impacto y la resistencia a la compresión después del acondicionamiento húmedo en caliente. En una tela entretejida bidireccional, los haces de fibra de carbono forman una estructura tejida bidireccional. Por lo tanto, la cantidad de fibras de refuerzo en cada dirección es esencialmente la mitad. Además, puesto que la urdimbre y la trama son casi iguales en finura o título, se forman grandes cabos de haces de fibra de carbono en los puntos de entrelazamiento de la urdimbre y la trama. Debido a estos problemas, las propiedades mecánicas de un producto preimpregnado compuesto de fibras de carbono dispuestas en dos direcciones podrían ser solo la mitad de las de un producto preimpregnado compuesto de fibras de carbono dispuestas en una dirección.

Es decir, a pesar de que las propiedades necesarias de las fibras de carbono a usar y en forma de la tela compuesta de las fibras de carbono son factores especialmente importantes para presentar unas altas propiedades mecánicas, las propuestas anteriormente mencionadas no desvelan en absoluto ninguna explicación acerca de dichos factores.

El objeto de la invención es resolver los problemas de la técnica anterior. En particular, el objeto de la invención es proporcionar una preforma que tiene una buena permeabilidad a la resina matriz formada con un sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene unas propiedades de manipulación excelentes tales como la rigidez, estabilidad de forma, capacidad de drapeado y adhesividad, y proporcionar un material compuesto formado con la preforma que tiene unas propiedades mecánicas excelentes tales como la resistencia a la compresión después del impacto o la resistencia a la compresión después del acondicionamiento húmedo en caliente, y que también tiene una buena productividad.

El documento WO 98/50211 A desvela una preforma para procesos de moldeo, la preforma que comprende múltiples capas de material fibroso que además comprende una resina aglutinante de la preforma que contiene una resina termoendurecible y una resina termoplástica. Este documento no dice nada acerca de la tela entretejida unidireccional como material fibroso.

El documento WO 93/083221 A desvela un método para la preparación de una preforma que se produce mediante la pulverización de partículas de aglutinante parcial o completamente fundidas sobre un material de fibra. Este documento tampoco dice nada en cuanto a la tela entretejida unidireccional como material de fibra.

Divulgación de la invención

El objeto se resuelve mediante las características de las reivindicaciones 1 y 8.

Es preferible que la cantidad de la primera resina se encuentre en el intervalo de 1 a 10 partes en peso por 100 partes en peso de la tela.

La primera resina que se adhiere a la tela se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela que en el interior de los haces de fibra de carbono.

Es preferible que el módulo de tracción de los haces de fibra de carbono sea superior a 280 e inferior a 500 GPa, y que la energía de deformación de fractura de los haces de fibra de carbono sea de 53 MJ/m³ o superior.

La tela es una tela entretejida unidireccional, y el peso unitario de la fibra de carbono del sustrato reforzado de fibra de carbono se encuentra en el intervalo de 50 a 500 g/m², y el espesor del sustrato reforzado de fibra de carbono se encuentra en el intervalo de 0,1 a 0,8 mm.

Es preferible que la permeabilidad al aire de los sustratos de fibra de carbono se encuentre en el intervalo de 10 a 200 cm³/cm²·s.

Es preferible que la primera resina se tachone sobre una superficie de la tela, y preferentemente el diámetro de las piezas tachonadas es de 1 mm o inferior.

La primera resina se adhiere de forma discontinua sobre una superficie de la tela.

5 Es preferible que el espesor promedio de la primera resina que se adhiere sobre la superficie se encuentre en el intervalo de 5 a 250 μm .

10 Es preferible que el punto de fusión o la temperatura de iniciación del flujo de la primera resina se encuentren en el intervalo de 50 a 150 $^{\circ}\text{C}$.

Es preferible que el componente principal de la primera resina sea una resina termoendurecible.

15 Es preferible que el componente principal de la primera resina sea una resina termoplástica.

Es preferible que la cantidad de la resina termoplástica se encuentre en el intervalo del 70 al 100 % en peso en base al peso de la primera resina.

20 Es preferible que el componente principal de la primera resina sea al menos uno seleccionado del grupo constituido por resinas epoxi, resinas de poliamida, resinas de polieterimida, resinas de polifeniléneter, resinas de poliéter sulfona y resinas fenoxi.

25 Además se describe una segunda resina, la cantidad de dicha segunda resina superior en punto de fusión o temperatura de iniciación del flujo que la primera resina y que se adhiere a la tela se encuentra en el intervalo de 1 a 10 partes en peso por 100 partes en peso de la tela.

30 Es preferible que la cantidad de una segunda resina ni fundida ni fluidificada al punto de fusión o temperatura de iniciación del flujo de la primera resina y que se adhiere a la tela se encuentre en el intervalo de 1 a 10 partes en peso por 100 partes en peso de la tela.

Es preferible que la segunda resina se adhiera sobre una superficie de la tela por medio de la primera resina.

Es preferible que la segunda resina sea de partículas que tienen un diámetro de partícula promedio de 1 a 500 μm .

35 Es preferible que el componente principal de la segunda resina sea una resina termoplástica.

40 Es preferible que el componente principal de la segunda resina sea al menos una resina termoplástica que tiene una temperatura de transición vítrea de 30 a 280 $^{\circ}\text{C}$ seleccionada del grupo constituido por resinas de poliamida, resinas de poliamidaimida, resinas de polieterimida y resinas de poliéter sulfona.

Una preforma de la invención comprende un laminado de al menos dos o más capas de un sustrato reforzado de fibra de carbono, en el que las capas del sustrato reforzado de fibra de carbono están unidas integralmente entre sí por medio de la primera resina.

45 Un material compuesto de la invención comprende al menos la preforma y una tercera resina, donde la preforma está impregnada con la tercera resina diferente de la primera resina.

Breve descripción de los dibujos

50 La Figura 1 es una vista en planta típica que muestra una modalidad del sustrato reforzado de fibra de carbono de la técnica anterior.

La Figura 2 es una vista en planta típica que muestra una modalidad del sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención.

55 La Figura 3 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad de un sustrato de fibra de carbono de la técnica anterior.

La Figura 4 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad adicional del sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención.

La Figura 5 es una vista en perspectiva que muestra otra modalidad (tela entretejida unidireccional) de la tela usada en el sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención.

60 La Figura 6 es una vista en perspectiva que muestra otra modalidad más (tela entretejida unidireccional) de la tela usada en el sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención.

La Figura 7 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad adicional del sustrato reforzado de fibra de carbono de la técnica anterior.

65 La Figura 8 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad adicional del sustrato reforzado de fibra de carbono.

La Figura 9 es una vista en sección vertical típica que muestra una modalidad de la preforma.

La Figura 10 es una vista en sección vertical típica que muestra una modalidad del material compuesto.

La Figura 11 es una vista esquemática en perspectiva que muestra los elementos de la estructura primaria de una aeronave.

La Figura 12 es una vista esquemática en perspectiva que muestra un ejemplo de un elemento estructural en el que se aplica el material compuesto de la invención.

La Figura 13 es una vista esquemática en perspectiva que muestra otro ejemplo de un elemento estructural en el que se aplica el material compuesto de la invención.

Significado de los símbolos en los dibujos:

- 11, 21, 31, 41, 71, 81: una estructura de fibra de carbono
- 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82: un hilo de urdimbre formado por fibras de carbono
- 13, 33, 73: un hilo de trama formado por fibras de carbono
- 14, 24, 34, 44, 74, 84, 93, 103: una primera resina
- 15, 25, 35, 45, 76, 86: un tejido
- 23, 43, 53, 63, 83: un hilo de trama auxiliar formado por fibras auxiliares
- 51, 61: una tela entretejida unidireccional
- 64: un hilo de urdimbre auxiliar formado por fibras auxiliares
- 75, 85, 94, 104: una segunda resina
- 90: un sustrato reforzado de fibra de carbono
- 91: una preforma
- 92: una tela compuesta de fibras continuas de carbono
- 101: un material compuesto
- 102: una tercera resina
- 111: una aeronave
- 112: un ala principal
- 113: una quilla
- 114: un fuselaje
- 115: una aleta vertical
- 116: un estabilizador horizontal
- 121, 131: un elemento estructural
- 122, 132: una cubierta
- 123, 133: un larguero
- 124, 134: un refuerzo

Modos más preferidos para llevar a cabo la invención

Un sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención comprende una tela compuesta de haces de fibra de carbono y una primera resina que se adhiere a la tela. Los haces de fibra de carbono comprenden respectivamente numerosos filamentos continuos de carbono. Los haces de fibra de carbono tienen un módulo de tracción de 210 GPa o superior y una energía de deformación de fractura de 40 MJ/m³ o superior. La cantidad de la primera resina que se adhiere a la tela se encuentra en el intervalo de 1 a 20 partes en peso por 100 partes en peso de la tela.

Los filamentos continuos de carbono significan que los filamentos de carbono son esencialmente continuos en la tela. La expresión de que son esencialmente continuos se usa considerando que existe un caso en el que durante la formación de un haz de fibras de carbono o la formación de una tela se rompe un número muy pequeño de filamentos de carbono.

El haz de fibras de carbono en el sustrato de fibras de carbono de la invención tiene un módulo de tracción de 210 GPa o superior y una energía de deformación de fractura de 40 MJ/m³ o superior.

Es preferible que el módulo de tracción sea superior a 250 e inferior a 600 GPa, más preferentemente superior a 280 e inferior a 500 GPa, e incluso más preferentemente superior a 290 e inferior a 400 GPa.

Si el módulo de tracción es inferior a 210 GPa, las propiedades mecánicas del material compuesto formado usando el sustrato de fibra de carbono no son suficientes.

El módulo de tracción se mide de acuerdo con el método de medición especificado en la norma JIS-R-7601. La unidad es el GPa.

Es preferible que la energía de deformación de fractura sea de 45 MJ/m³ o superior, más preferentemente de 53 MJ/m³ o superior, e incluso más preferentemente de 56 MJ/m³ o superior. No obstante es deseable una mayor energía de deformación de fractura en base a los haces de fibra de carbono disponibles normalmente en ese momento, y en general la energía de deformación de fractura es de 80 MJ/m³ o inferior.

Si la energía de deformación de fractura es inferior a 40 MJ/m³, las propiedades mecánicas del material compuesto formado mediante el sustrato de fibra de carbono no son suficientes. Es decir, cuando el material compuesto recibe un impacto, se da el caso en el que se produce la fractura de los haces de fibra de carbono. Las propiedades mecánicas se pueden evaluar con referencia a la resistencia a la compresión a temperatura ambiente después del impacto (de aquí en lo sucesivo abreviado como CDI).

En particular, si la energía de deformación de fractura es inferior a 40 MJ/m³, el material compuesto que tiene una arquitectura apilada cuasi-isotrópica formada por laminación de varias de las telas unidireccionales que tienen respectivamente haces de fibra de carbono dispuestos en una dirección hace que la CDI sea muy baja.

La CDI de un material compuesto es una propiedad mecánica muy respetada cuando el material compuesto se usa como elemento estructural (en particular como elemento de estructura primaria o principal) de una máquina de transporte (en particular una aeronave). Para el uso de un material compuesto como dicho elemento estructural, últimamente hay mucha demanda para que el material compuesto tenga una CDI excelente.

La energía de deformación de fractura (W) se calcula a partir de la ecuación $W = \sigma^2/2 \times E$ en base a la resistencia a la tracción (σ) y el módulo de tracción (E) medidos de acuerdo con los métodos de medición especificados en la norma JIS-R-7601. La unidad es el MJ/m³ ($10^6 \times \text{J/m}^3$).

La cantidad de la primera resina que se adhiere a la tela en el sustrato de fibra de carbono de la invención se encuentra en el intervalo de 1 a 20 partes en peso por 100 partes en peso de la tela. Es preferible que la cantidad se encuentre en el intervalo de 1 a 10 partes en peso.

La primera resina se encuentra mal distribuida y se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela que en el interior de la tela.

Una mala distribución significa un estado en el que se encuentra la primera resina en un 70 % en volumen o superior, de forma deseable en un 80 % en volumen o superior, de forma más deseable en un 90 % en volumen o superior sobre una superficie de la tela.

La adhesión de la primera resina a la tela en una cantidad de entre 1 y 20 partes en peso por 100 partes en peso del tejido proporciona la propiedad de adherencia (adhesiva) entre sustratos cuando se forma una preforma mediante la laminación entre sí de los sustratos reforzados de fibra de carbono. Por otra parte, se confiere una rigidez moderada a la tela, y se aporta una estabilidad de forma de la tela al prevenir el deslizamiento de la textura de los haces de fibra de carbono en la tela. Como consecuencia, se puede obtener un sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene unas propiedades de manipulación excelentes.

La primera resina en cantidad adhesiva actúa como prevención en la formación de grietas en el material compuesto obtenido mediante la laminación de capas del sustrato reforzado de fibra de carbono y también funciona para relajar la tensión térmica residual cuando se moldea el material compuesto. En particular, cuando el material compuesto recibe un impacto, la primera resina actúa impidiendo el daño interlaminar del sustrato reforzado de fibra de carbono, y proporciona unas propiedades mecánicas excelentes (en particular la CDI, la resistencia a la tracción y la resistencia a la compresión), es decir, un efecto endurecedor para el material compuesto.

El sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención se ha completado en base al hallazgo de que se puede obtener un efecto endurecedor por la primera resina cuando la primera resina se usa en combinación con haces de fibra de carbono que tienen una energía de deformación de fractura de 40 MJ/m³ o superior.

En caso de que no se usen haces de fibra de carbono que tengan una energía de deformación de fractura de 40 MJ/m³ o superior, el efecto endurecedor por la primera resina se reduce a un nivel bajo indetectable. Por el contrario, en caso de que la cantidad depositada de la primera resina que se adhiere a la tela no se encuentre en el intervalo anteriormente mencionado incluso si se usan haces de fibra de carbono, puede no aparecer esencialmente el efecto endurecedor de la primera resina.

Además del efecto endurecedor, si la primera resina se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela, la primera resina que se adhiere sobre la superficie de la tela actúa como espaciador en el caso en el que las capas del sustrato reforzado de fibra de carbono están laminadas entre sí, para formar un espacio entre las capas adyacentes del sustrato reforzado de fibra de carbono. Esto se denomina efecto espaciador por la primera resina.

El efecto espaciador desempeña el papel de formar caminos de flujo para una tercera resina que es una resina matriz explicada más adelante, durante el moldeo de un material compuesto mediante inyección o infusión de la tercera resina en los sustratos de fibra de carbono laminados. El efecto espaciador facilita la permeación de la tercera resina en el sustrato, incrementa la velocidad de permeación, y mejora la productividad del material compuesto.

El efecto espaciador también desempeña el papel de actuar intensamente sobre el efecto endurecedor de la primera resina en la parte interlaminar entre las capas de sustrato del material compuesto. En consecuencia, se puede conseguir un mayor efecto endurecedor. Esto se denomina efecto endurecedor interlaminar mediante la primera resina. Al principio no se esperaba este efecto.

5 El efecto endurecedor, el efecto espaciador y el efecto endurecedor interlaminar mediante la primera resina son promovidos adicionalmente por la mala distribución de la primera resina sobre una superficie de la tela.

10 La primera resina se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de una tela de una sola capa o sobre las dos superficies de la tela. Esto último es preferible para producir un sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene la primera resina que se adhiere de forma relativamente más densa a la tela con un coste inferior. Si no se desea discriminar las superficies anterior y posterior del sustrato de fibra de carbono, es deseable esto último. En una tela multicapa, la primera resina se puede adherir cada una sobre una superficie o cada una a las dos superficies de las capas más externas, pero es preferible que la primera resina se adhiera a las superficies de las
15 respectivas capas, puesto que se pueden conseguir efectos superiores.

En el documento JP 6-94515 B o JP 5-337936 A, se desvela una técnica de deposición de un polvo fino o una tela entretejida sobre una superficie de un producto preimpregnado usado para el moldeo en autoclave. No obstante, para la presente invención destinada al suministro de un material compuesto a una alta productividad, no es
20 adecuado el moldeo en autoclave. En el producto preimpregnado convencional no se pueden conseguir propiedades de manipulación tales como la rigidez y la capacidad de drapeado. Puesto que el producto preimpregnado convencional está impregnado con una resina matriz adherente (correspondiente a la tercera resina descrita posteriormente), es fácil depositar un polvo o similar sobre una tela seca y no adherente.

25 La presente invención se describe a continuación más en particular con referencia a los dibujos.

La Figura 1 es una vista en planta típica que muestra un sustrato reforzado de fibra de carbono de la técnica anterior. En la Figura 1, un sustrato reforzado de fibra de carbono 11 comprende una tela 15 y una primera resina 14 que se adhiere a la tela 15. La tela 15 comprende hilos de urdimbre 12 formados por haces de fibra de carbono e
30 hilos de trama 13 formados por haces de fibra de carbono, y los hilos de urdimbre 12 y los hilos de trama 13 forman la tela 15 en un ligamento tafetán. La tela 15 es un tipo de tela entretejida bidireccional. Cada uno de los haces de fibra de carbono usados como hilos de urdimbre 12 y los hilos de trama 13, respectivamente, comprenden numerosos filamentos continuos de carbono. La primera resina 14 está tachonada sobre una superficie de la tela 15.

35 La Figura 2 es una vista en planta típica que muestra una modalidad del sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención diferente de la modalidad de la Figura 1. En la Figura 2, un sustrato reforzado de fibra de carbono 21 comprende una tela 25 y una primera resina 24 que se adhiere a la tela 25. La tela 25 comprende hilos de urdimbre 22 formados por haces de fibra de carbono e hilos de trama auxiliares 23 formados por hilos auxiliares más delgados que los hilos de urdimbre 22, y los hilos de urdimbre 22 y los hilos de trama auxiliares 23 forman la
40 tela 25 en un ligamento tafetán. Puesto que la tela 25 está compuesta principalmente de hilos de urdimbre 22 formados por haces de fibra de carbono, es un tipo de tela entretejida unidireccional. Cada uno de los haces de fibra de carbono usados como hilos de urdimbre 22 comprende numerosos filamentos continuos de carbono. La primera resina 24 se adhiere a una superficie de la tela 25 de forma discontinua.

45 La Figura 3 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad más de un sustrato reforzado de fibra de carbono de la técnica anterior. En la Figura 3, un sustrato reforzado de fibra de carbono 31 comprende una tela 35 y una primera resina 34 que se adhiere a la tela 35. La tela 35 comprende hilos de urdimbre 32 formados por haces de fibra de carbono e hilos de trama 33 formados por haces de fibra de carbono, y los hilos de urdimbre 32 y los hilos de trama 33 forman la tela 35 en un ligamento tafetán. Esta tela 35 es un tipo de tela entretejida
50 bidireccional. Cada uno de los haces de fibra de carbono usados como hilos de urdimbre 32 e hilos de trama 33, respectivamente, comprenden numerosos filamentos continuos de carbono. La primera resina 34 se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela 35.

55 La Figura 4 es una vista en sección vertical típica que muestra un modo adicional del sustrato reforzado de fibra de carbono usado en la invención diferente de la modalidad de la Figura 3. En la Figura 4, un sustrato reforzado de fibra de carbono 41 comprende una tela 45 y una primera resina 44 que se adhiere a la tela 45. La tela 45 comprende hilos de urdimbre 42 formados por haces de fibra de carbono e hilos de trama 43 formados por haces de fibras auxiliares. Los hilos de urdimbre 42 y los hilos de trama 43 forman la tela 45 en un ligamento tafetán. Puesto que la tela 45 está compuesta principalmente de los hilos de urdimbre 42 formados por haces de fibra de carbono, es un
60 tipo de tela entretejida unidireccional. Cada uno de los haces de fibra de carbono usados como hilos de urdimbre 42 comprende numerosos filamentos continuos de carbono. La primera resina 44 se adhiere de forma relativamente más densa a una superficie de la tela 45.

65 La primera resina se puede adherir como puntos sobre una superficie de la tela 15 como se muestra para la primera resina 14 en la Figura 1, o se puede adherir sobre una superficie de la tela 25 para cubrir más ampliamente la superficie que en la Figura 1, pero de forma discontinua, como se muestra para la primera resina 24 en la Figura 2.

El estado en el que la primera resina 14 se adhiere como puntos sobre una superficie de la tela 15 se explica con respecto a la Figura 1 a continuación. Es decir, en la Figura 1, si una superficie de la tela 15 se considera el mar mientras que la primera resina 14 se consideran islas, entonces se puede decir que la primera resina 14 que existe sobre la superficie de la tela 15 mostrada ilustrativamente en la Figura 1 es un grupo de muchas islas pequeñas. La anchura máxima de las islas pequeñas es más pequeña que las anchuras de los hilos de urdimbre 12 y los hilos de trama 13.

También se explica a continuación el estado en el que la primera resina 24 se adhiere sobre una superficie de la tela 25 de forma discontinua en la Figura 2. Es decir, en la Figura 2, si una superficie de la tela 25 se considera el mar mientras que la primera resina 24 se consideran islas en la Figura 2, entonces se puede decir que la primera resina 24 que existe sobre la superficie de la tela 25 mostrada en la Figura 2 es un grupo de muchas islas grandes dispersas en el mar. Algunas de las islas grandes contienen lagos 26 en ellas. La anchura mínima de las islas grandes es mayor que la anchura de cada hilo de urdimbre 22, y menor que la anchura total de cuatro hilos de urdimbre 22.

Aunque no se ilustra, una figura existente de la primera resina también puede ser un estado mixto de las islas pequeñas mostradas en la Figura 1 y las islas grandes mostradas en la Figura 2.

No es preferible que la primera resina se adhiera a la tela de tal manera que cubra la tela completamente como una película, puesto que la permeación (en particular la permeación en dirección perpendicular a la superficie del laminado) de la tercera resina descrita posteriormente en los sustratos reforzados laminados de fibra de carbono se inhibe de forma notable. Por otra parte, tampoco es preferible que la primera resina pueda absorber agua fácilmente y se adhiera a la tela de tal manera que cubra la tela de forma continua no solamente como película sino también como filamentos o tela no entretejida, puesto que cuando un material compuesto formado se trata en condiciones húmedas en caliente, el efecto de absorción de agua se extiende en un grado amplio a través de la primera resina.

Por tanto, la primera resina se adhiere en forma de puntos o discontinua. En el caso en el que la primera resina se adhiera sobre una superficie de la tela 15 como puntos como se muestra en la Figura 1, si el diámetro promedio de los puntos (islas) (el eje menor promedio si los puntos son ovalados) es más pequeño, los puntos se pueden dispersar más uniformemente sobre la superficie de la tela 15. Así, es deseable que el diámetro promedio sea de 1 mm o inferior, de forma más deseable de 250 μm o inferior, e incluso más deseable de 50 μm o inferior.

En el caso en el que se laminan varias capas del sustrato reforzado de fibra de carbono que tiene la primera resina adherida de forma relativamente más densa a las superficies de las capas de la tela, si la primera resina adherida de forma relativamente más densa sobre las superficies de las capas de la tela es excesivamente rugosa en dirección perpendicular a las superficies del sustrato, los haces de fibra de carbono localizados en contacto con la primera resina se desvían enormemente. En este caso, las propiedades de compresión del material compuesto tales como la resistencia a la compresión a temperatura ambiente (de aquí en adelante abreviado como RC) y la resistencia a la compresión alta temperatura después del acondicionamiento húmedo en caliente (de aquí en adelante abreviado como CHC) se pueden ver perjudicadas. Por otra parte, si la cantidad de la primera resina es demasiado baja, el material compuesto no puede tener las propiedades deseadas.

En vista de lo anterior, se prefiere que el espesor promedio de la primera resina sobre la superficie de la tela se encuentre en el intervalo de 5 a 250 μm . Un intervalo más preferido se encuentra entre 10 y 100 μm , y un intervalo incluso más preferido se encuentra entre 15 y 60 μm .

La cantidad de la primera resina depositada sobre la tela se encuentra en el intervalo de 1 a 20 partes en peso por 100 partes en peso de la tela. Un intervalo de cantidad depositada preferida se encuentra entre 1 y 10 partes en peso, y un intervalo más preferido se encuentra entre 3 y 7 partes en peso. Un intervalo más preferido adicional se encuentra entre 4 y 6 partes en peso.

Si la cantidad depositada de la primera resina es inferior a 1 parte en peso, las propiedades de manipulación del sustrato reforzado de fibra de carbono tales como la rigidez, estabilidad de forma, capacidad de drapeado y adhesividad en la laminación se empobrecen, y el efecto de mejora de las propiedades mecánicas del material compuesto también es bajo.

Si la cantidad depositada de la primera resina es superior a 20 partes en peso, el material compuesto obtenido no puede ser excelente en cuanto a las propiedades mecánicas, especialmente en la CHC, y el contenido de fibra de carbono del material compuesto se vuelve demasiado bajo. Por otra parte, puede suceder que cuando se produce el material compuesto se puede impedir la permeación de la tercera resina como resina matriz descrita posteriormente en el sustrato reforzado de fibra de carbono o en la preforma. En el caso en el que la cantidad depositada de la primera resina es de 10 partes en peso o inferior, puesto que la preforma en el material compuesto se puede estrechar en el espacio entre capas y se puede suavizar, se pueden mejorar adicionalmente propiedades de compresión tales como la CHC y la RC.

La tela está compuesta de haces de fibra de carbono. La tela se encuentra en forma de tela entretejida unidireccional. La tela también puede ser un producto integral que comprende varias telas unidas mediante cualquiera de diversos medios de unión tales como hilos de punto, hilos trenzados o resina (película porosa, tela no entretejida, aglutinante, etc.).

5 En el caso en el que se use el material compuesto como elemento estructural de una máquina de transporte, la tela del sustrato reforzado de fibra de carbono es una tela entretejida unidireccional.

10 Es necesario que un elemento estructural primario o principal de una aeronave tenga propiedades mecánicas muy altas (en particular la CDI y la CHC). En una tela entretejida bidireccional, puesto que los haces de fibra de carbono forman una estructura tejida bidireccional, puede suceder que los cabos de los haces de fibra de carbono se agranden en los puntos de entrelazamiento entre los hilos de urdimbre y los hilos de trama. En este caso, puede suceder que la primera resina 34 no aparezca en los puntos de entrelazamiento entre los hilos de urdimbre 32 y los hilos de trama 33, aunque aparezca en la Figura 3. En este caso, las propiedades mecánicas pueden no cumplir con los requerimientos.

20 Por tanto, para obtener propiedades mecánicas más preferidas, la tela usada de acuerdo con la presente invención es una tela entretejida unidireccional, también cuando se considera la permeación de la resina matriz, puesto que en una tela entretejida unidireccional se forman pequeños cabos mediante los hilos auxiliares de trama que se encuentran entre los hilos de urdimbre (haces de fibra de carbono). Los cabos son útiles para formar los pasos para permitir la permeación de la resina matriz, y mejorar notablemente la permeabilidad de la preforma a la resina matriz.

25 La Figura 5 es una vista en perspectiva que muestra otra modalidad (tela entretejida unidireccional) de la tela usada en el sustrato reforzado de fibra de carbono de la invención. En la Figura 5, una tela entretejida unidireccional 51 es un ligamento tafetán, en la que los hilos de urdimbre 52 dispuestos en paralelo entre sí en una dirección y los hilos de trama auxiliares 53 perpendiculares a los hilos de urdimbre 52 se entrelazan entre sí. Los hilos de urdimbre 52 están formados por haces de fibra de carbono, y los hilos de trama auxiliares 53 están formados por haces de fibras auxiliares.

30 Cada uno de los haces de fibra de carbono que forman los hilos de urdimbre 52 de la tela entretejida unidireccional 51 comprende de 5000 a 50.000 filamentos continuos de carbono. Un número más preferido de filamentos de carbono en cada haz de fibra de carbono es de 10.000 a 25.000.

35 La finura o título de los hilos de urdimbre 52 de la tela entretejida unidireccional 51 se encuentra en el intervalo de 300 a 5000 tex. Si la finura es inferior a 300 tex, el número de puntos de entrelazamiento entre los hilos de urdimbre 52 y los hilos de trama auxiliares 53 es demasiado grande. Como consecuencia, los cabos en los puntos de entrelazamiento se vuelven grandes, y el número de cabos también se vuelve grande. En este caso, puede suceder que las propiedades mecánicas del material compuesto obtenido se empobrezcan. Si la finura es superior a 5000 tex, el número de puntos de entrelazamiento es demasiado bajo, y la estabilidad de forma del sustrato reforzado de fibra de carbono se puede reducir.

45 Se prefiere que los haces de fibras auxiliares que forman los hilos de trama auxiliares 53 se seleccionen para garantizar que los cabos de los hilos de urdimbre 52 en los puntos de entrelazamiento entre los hilos de urdimbre 52 y los hilos de trama auxiliares 53 se vuelan pequeños. En este caso, las propiedades de los haces de fibra de carbono usados como hilos de urdimbre 52 se pueden presentar en su máximo grado posible.

50 La finura de los haces de fibras auxiliares que forman los hilos de urdimbre auxiliares 53 es no superior a 1/5 de la finura de los haces de fibra de carbono que forman los hilos de urdimbre 52, preferentemente de 1/10 o inferior. La finura particular depende de los tipos de haces de fibra de carbono y los haces de fibras auxiliares usados y el peso unitario de la tela entretejida. Por ejemplo, en el caso en el que se usan haces de fibra de carbono de 800 tex para formar una tela entretejida con un peso unitario de 200 g/m², se prefiere que la finura de los haces de fibras auxiliares se encuentre en el intervalo de 10 a 100 tex, más preferentemente de 20 a 50 tex.

55 El número de extremos de trama de los hilos de trama auxiliares 23 (Figura 2) o de los hilos de trama auxiliares 53 (Figura 5) se encuentra en un intervalo de 0,3 a 6 extremos/cm para estabilizar la forma de la tela y para minimizar la influencia de los cabos de los hilos de urdimbre, preferentemente de 1 a 4 extremos/cm.

60 Para los haces de fibras auxiliares, se puede usar cualquier material deseado. No obstante, en vista de la estabilidad de los extremos de urdimbre y los extremos de trama, se prefiere un material que es improbable que se contraiga, por ejemplo, por el calentamiento durante el moldeo. Por ejemplo, se pueden usar fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras orgánicas tales como fibras de aramida, fibras de poliamida (en particular POY), fibras de PBO, fibras de PVA o fibras de PE, o una de sus combinaciones. También se pueden usar fibras sometidas en segunda instancia a hilado, por ejemplo, doblado, trenzado, tratamiento con lana o cardado.

65 De acuerdo con la presente invención, los hilos de urdimbre y los hilos de trama auxiliares también se pueden usar en combinación con un componente adhesivo para fijar la estructura tejida. Ejemplos del componente adhesivo

incluyen resinas termoplásticas tales como resinas de nailon y resinas de poliéster, resinas termoendurecibles tales como resinas epoxi, resinas insaturadas de poliéster y resinas fenólicas, etc. La forma del componente adhesivo puede ser de fibras, partículas, emulsión o dispersión, etc. El componente adhesivo en cualquiera de estas formas se puede combinar con hilos de urdimbre o hilos de trama auxiliares. Sobre todo, si el componente adhesivo en

forma de fibras se trenza junto con los haces de fibras auxiliares o se usa como hilos de cobertura para cubrir los haces de fibras auxiliares, para su uso como hilos de trama auxiliares, el efecto de fijación de la estructura tejida es elevado.

La tela entretejida unidireccional usada en la preforma de la invención es un ligamento tafetán mostrado en la Figura 5. Por otra parte, también se puede usar un tejido entretejido con una estructura no cardada como se muestra en la Figura 6 en lugar de la tela entretejida mostrada en la Figura 5.

La Figura 6 es una vista en perspectiva que muestra otra modalidad adicional (tela entretejida unidireccional) de la tela usada en el sustrato reforzado de fibra de carbono de la técnica anterior. En la Figura 6, una tela entretejida unidireccional 61 comprende hilos de urdimbre 62 formados por haces de fibra de carbono, hilos de urdimbre auxiliares 64 formados por haces de fibras auxiliares dispuestos en paralelo con los hilos de urdimbre 62, e hilos de trama auxiliares 63 formados por haces de fibras auxiliares dispuestos en dirección perpendicular a los hilos 62 y 64. Los hilos de urdimbre auxiliares 64 y los hilos de trama auxiliares 63 están entrelazados entre sí, para albergar integralmente los hilos de urdimbre 62 formados por los haces de fibra de carbono, para formar la tela entretejida (tela entretejida que tiene una estructura no cardada) 61.

La tela entretejida (tela entretejida que tiene una estructura no cardada) 61 además tiene cabos más pequeños que la tela entretejida unidireccional 51 con un ligamento tafetán mostrado en la Figura 5. Así, el material compuesto producido mediante la tela entretejida puede presentar más claramente las propiedades de los haces de fibra de carbono. Por otra parte, también en vista de la permeación de la resina matriz, puesto que los haces de fibras auxiliares proporcionan pasos de permeación de la resina, la permeabilidad es excelente.

En el caso en el que la tela es una tela entretejida unidireccional, en vista de la permeación de la tercera resina descrita posteriormente en el sustrato reforzado de fibra de carbono o en la preforma y las propiedades mecánicas del material compuesto, el peso unitario de la fibra de carbono del sustrato reforzado de fibra de carbono, es decir, el peso unitario de la fibra de carbono de la tela se encuentra en el intervalo de 50 a 500 g/m², preferentemente de 100 a 350 g/m², y más preferentemente de 150 a 250 g/m². El espesor del sustrato reforzado de fibra de carbono se encuentra en el intervalo de 0,1 a 0,8 mm, preferentemente de 0,15 a 0,7 mm, y más preferentemente de 0,2 a 0,6 mm.

En vista de la permeabilidad de la resina, se prefiere que la permeabilidad al aire del sustrato reforzado de fibra de carbono se encuentre en el intervalo de 10 a 200 cm³/cm²·s, preferentemente de 12 a 120 cm³/cm²·s, y más preferentemente de 15 a 100 cm³/cm²·s.

Si la permeabilidad al aire es inferior a 10 cm³/cm²·s, la permeabilidad de la resina es demasiado baja. No es preferible una permeabilidad al aire superior a 200 cm³/cm²·s, puesto que los huecos en la tela se vuelven demasiado grandes a pesar de que la permeabilidad de la resina sea excelente, y puesto que el material compuesto obtenido tiene muchas porciones formadas ricas en resinas, se produce una disminución de las propiedades mecánicas, fractura térmica y similares.

La permeabilidad al aire se expresa como cantidad de aire que permea la tela medida de acuerdo con el método A descrito en la norma JIS-L-1096 (tipo Frazier). El valor de permeabilidad al aire en la especificación se mide mediante AP-360 producido por K.K. Daiei Kagakuseiki Seisakusho.

Para minimizar la salida de la primera resina de la tela cuando la tela se recubre con la primera resina y también para presentar las propiedades de los propios haces de fibra de carbono hasta su grado máximo, se prefiere que el factor de cobertura de la tela sea del 90 % o superior. Es más preferible que el factor de cobertura de la tela sea del 97 % o superior, e incluso más preferible del 99 % o superior.

El factor de cobertura se refiere al porcentaje de las partes cerradas (cubiertas) en las que las fibras de carbono (hilos auxiliares, hilos de punto, hilos trenzados y similares según sea el caso) se encuentran en la tela por una unidad de área de 100 mm × 100 mm cuando la tela plana se observa en la dirección perpendicular a ella. El factor de cobertura (%) se calcula a partir de la siguiente ecuación: Factor de cobertura (%) = área total (mm²) de partes cerradas/10.000. En el caso en el que se usa el sustrato reforzado de fibra de carbono para medir el factor de cobertura, las partes cerradas por la primera resina no están incluidas. Es decir, el factor de cobertura de la tela se puede considerar que es idéntico al factor de cobertura del sustrato reforzado de fibras de carbono.

Esta medición se lleva a cabo al menos cinco veces en posiciones opcionales de la tela. El valor del factor de cobertura es el valor promedio de estos valores medidos. El área total de las partes cerradas se calcula por medio de procesamiento de imágenes en base a la imagen obtenida ópticamente con una cámara CCD o un escáner, etc.

Una tela que tiene un factor de cobertura del 90 % o superior, por ejemplo, es una tela formada mediante haces de fibra de carbono que tienen respectivamente una anchura de 4 mm o superior y es plana en la forma de sección transversal (una tela que comprende haces de fibra de carbono plana). Se prefiere que la anchura de cada haz de fibras carbono sea de 5 mm o superior, más preferentemente de 6 mm o superior.

5 Se prefiere que la tela de fibra de carbono plana se extienda por medio de aire comprimido, un rodillo o un indentador, etc. La razón es que la extensión puede reducir el espesor de la tela y puede mejorar el contenido de fibra de carbono en el material compuesto. La propia tela de fibra de carbono plana (tela entretejida) se desvela con mayor detalle en el documento JP 2955145 y JP 11-1840 A. Se prefiere que los haces de fibra de carbono
10 esencialmente estén sin trenzar en vista de la permeabilidad de la resina matriz y la exhibición de propiedades mecánicas.

Se prefiere que la primera resina tenga un punto de fusión o una temperatura de iniciación del flujo de 50 a 150 °C en vista de la temperatura usada para obtener la adhesividad necesaria para laminar capas del sustrato reforzado de fibra de carbono. Es más preferible que el punto de fusión o temperatura de iniciación del flujo se encuentre en el intervalo de 70 a 140 °C, incluso más preferentemente de 90 a 120 °C.

Para una resina que presenta un punto de fusión, el punto de fusión se refiere a la temperatura medida usando un calorímetro de barrido diferencial (DSC), en el que se funde la resina. Para una resina que no presenta punto de fusión, la temperatura de iniciación de flujo se refiere a la temperatura medida por medio de la viscoelasticidad (Flow Tester CFT 500D producido por Shimadzu Corp, velocidad de calentamiento de 1,5 °C/min), a la cual la resina comienza a fluidificar.

25 Se prefiere que el coeficiente de absorción de agua (coeficiente de absorción de agua en equilibrio) de la primera resina a 23 °C y a una humedad relativa del 50 % sea del 3 % en peso o inferior. Es más preferible que la absorción de agua sea del 2,2 % en peso o inferior, incluso más preferentemente del 1,8 % en peso o inferior, aún más preferentemente del 1,4 % en peso o inferior.

30 Si el coeficiente de absorción de agua en equilibrio es superior al 3 % en peso, puede que no se obtenga un material compuesto con unas propiedades mecánicas excelentes (en particular la CHC). El coeficiente de absorción de agua en equilibrio se mide de acuerdo con el método descrito en la norma ASTM D 570.

La primera resina no está limitada en particular, si puede mejorar las propiedades de manipulación del sustrato reforzado de fibra de carbono y mejorar las propiedades mecánicas del material compuesto obtenido al usar el sustrato reforzado de fibra de carbono. Como primera resina, de forma adecuada se puede usar selectivamente una resina termoendurecible y/o una resina termoplástica.

40 Ejemplos de la resina termoendurecible incluyen resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de polibenzoimidazol, resinas de benzoxazina, resinas de éster de cianato, resinas insaturadas de poliéster, resinas de éster de vinilo, resinas de urea, resinas de melamina, resinas de bismaleimida, resinas de poliimida y resinas de poliamidaimida, sus copolímeros y productos de modificación, resinas obtenidas mezclando dos o más de las anteriores, y resinas que contienen un elastómero, un componente de caucho, un agente de curación, un acelerador de curación, un catalizador o similares.

45 Ejemplos de la resina termoplástica incluyen resinas de poliéster, resinas de poliolefina, resinas a base de estireno, resina de polioximetileno, resinas de poliamida, resinas de poliuretano, resinas de poliurea, resina polidiciclopentadieno, resinas de policarbonato, resina de metacrilato de polimetileno, resinas de polieterimida, resinas de polisulfona, resinas de polialilato, resinas de poliéter sulfona, resinas de policetona, resinas de poliéter cetona, resinas de poliéter éter cetona, resinas de poliéter cetona cetona, resinas de poliarilato, resinas de poliéter nitrilo, resinas de poliimida, resinas de poliamidaimida, resinas fenólicas, resinas fenoxi, resinas a base de flúor tales como resina de politetrafluoroetileno, elastómeros (preferentemente butadienacrilonitrilo, sus ácidos carboxílicos o productos de modificación amina, fluoroelastómeros, elastómeros de polisiloxano), cauchos (butadieno, estireno butadieno, estireno butadieno estireno, estireno isopreno estireno, caucho natural, etc.), resinas de RIM (por ejemplo, las que contienen un catalizador o similar capaz de formar poliamida 6, poliamida 12, poliuretano, poliurea o polidiciclopentadieno), oligómeros cíclicos (los que contienen un catalizador o similar capaz de formar una resina de policarbonato, resina de tereftalato de polibutileno, etc.), los copolímeros y sus productos de modificación, resinas obtenidas mezclando dos o más de las anteriores, etc.

60 En caso de que se utilice una resina termoendurecible como componente principal de la primera resina, se prefiere al menos una seleccionada del grupo constituido por resinas epoxi, resinas insaturadas de poliéster y resinas fenólicas. Sobre todo, es especialmente preferida una resina epoxi. Si se usa una resina epoxi, las propiedades de manipulación del sustrato son excelentes puesto que la adhesividad es elevada, en particular en caso de que se use una resina epoxi como tercera resina descrita posteriormente, preferentemente puede presentar altas propiedades mecánicas.

65

En caso de que se use una resina epoxi como componente principal de la primera resina, puede ser necesario o no, que contenga un agente de curación, un catalizador de curación o similar. En vista de la vida de la primera resina, se prefiere esto último. Incluso en el primer caso, un agente de curación o catalizador de curación no supone un gran problema.

En caso de que se use una resina termoplástica como componente principal de la primera resina, se prefiere al menos una seleccionada del grupo constituido por resinas de poliamida, resinas de polisulfona, resinas de poliéter sulfona, resinas de polieterimida, resinas de polifeniléneter, resinas de poliimida, resinas de poliamidaimida y resinas fenoxi. Entre ellas se prefieren en particular las resinas de poliamida, resinas de polieterimida, resinas de polifeniléneter, resinas de poliéter sulfona, y resinas fenoxi.

Se prefiere que la resina termoplástica sea el componente principal de la primera resina, y que su contenido se encuentre en un intervalo del 70 al 100 % en peso. Un intervalo más preferido es del 75 al 97 % en peso y un intervalo aún más preferido es del 80 al 95 % en peso. Si el contenido es inferior al 60 % en peso, puede ser difícil de obtener un material compuesto con unas propiedades mecánicas excelentes. En caso de que se use una resina termoplástica como componente principal, puede suceder que la adhesividad de la primera resina a la tela o la posibilidad de hacer que la primera resina sea adhesiva a la tela se vuelva baja. En este caso, es deseable añadir una pequeña cantidad de un agente adherente, plastificante o similar a la primera resina.

Además se describe, pero no forma parte de la presente invención, un sustrato reforzado de fibra de carbono que comprende una segunda resina mayor que la primera resina en el punto de fusión o la temperatura de iniciación del flujo que se adhiere a la tela, además de a la primera resina. Se prefiere que la cantidad de la segunda resina que se adhiere a la tela se encuentre en el intervalo de 1 a 10 partes en peso por 100 partes en peso de la tela. En este caso, se pueden presentar más claramente las propiedades mecánicas (en particular la CDI y la CHC). Se prefiere que la segunda resina tenga un punto de fusión o una temperatura de iniciación del flujo de 150 °C o superior. Es más preferible que el punto de fusión o la temperatura de iniciación del flujo sea de 180 °C o superior, e incluso es más preferible que sea de 210 °C o superior.

Solo se requiere que la segunda resina no se funda o no fluidifique al punto de fusión o a la temperatura de iniciación del flujo de la primera resina. Como segunda resina también se puede usar una resina que no tenga punto de fusión ni temperatura de iniciación del flujo, es decir, una resina capaz de descomponerse antes de fundirse o antes de comenzar a fluidificar.

Si la segunda resina se adhiere a la tela además de a la primera resina, preferentemente si estas resinas se adhieren de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela, el efecto endurecedor y el efecto endurecedor interlaminar se pueden mostrar más claramente en comparación con el caso en el que la primera resina solo se adhiere a la tela, y como consecuencia, se pueden mejorar notablemente las propiedades mecánicas (en particular la CDI) del material compuesto obtenido mediante capas de laminación del sustrato reforzado de fibra de carbono.

La razón por la cual la segunda resina puede presentar más claramente los efectos que la primera resina es que la segunda resina tiene un punto de fusión o una temperatura de iniciación del flujo superior a la de la primera resina, o que la segunda resina no se funde o no fluidifica a la temperatura a la cual se funde o comienza a fluidificar la primera resina. Además, puesto que la primera resina adhesiva ya existe, no es absolutamente necesario que la segunda resina sea adhesiva *per se*, y también se puede usar una resina muy dura pero no adhesiva o una resina incapaz de contribuir a la mejora de las propiedades de manipulación del sustrato. Así, la segunda resina se puede seleccionar dentro de un espectro más amplio de resinas en términos de material y forma que la primera resina.

Considerando los mecanismos anteriormente mencionados, si como primera resina se usa una resina que se puede volver adhesiva a una temperatura relativamente baja y que no reduce las propiedades mecánicas (preferentemente mejora las propiedades mecánicas) al tiempo que como segunda resina que se adhiere a la tela seca se usa una resina capaz de presentar más claramente las propiedades mecánicas, se puede obtener un sustrato de fibra de carbono adicional.

La segunda resina se puede adherir en el interior de la tela o se puede adherir de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela, pero para presentar eficazmente los efectos, se prefiere que la segunda resina se adhiera de forma relativamente más densa esencialmente sobre una superficie de la tela como la primera resina.

Se prefiere que la cantidad de la segunda resina depositada sobre la tela se encuentre en el intervalo de 1 a 10 partes en peso por 100 partes en peso de la tela. Es más preferible que la cantidad depositada se encuentre en el intervalo de 2 a 9 partes en peso por 100 partes en peso de la tela. Un intervalo más preferible se encuentra entre 3 y 7 partes en peso, y un intervalo más preferible en particular se encuentra entre 4 y 6 partes en peso.

Si la cantidad depositada de la segunda resina es inferior a 1 parte en peso, el efecto de mejora de las propiedades mecánicas puede ser pequeño. Si la cantidad depositada de la segunda resina es superior a 10 partes en peso, puede suceder que el material compuesto obtenido no sea particularmente excelente en cuanto a la CHC después

del acondicionamiento húmedo en caliente, y que el contenido de fibra de carbono del material compuesto sea demasiado bajo. Además, cuando se obtiene el material compuesto, se puede evitar la permeación de la tercera resina descrita posteriormente como matriz de resina en el sustrato reforzado de fibra de carbono.

- 5 El significado del uso de la segunda resina se explica más en particular con referencia a los dibujos.

La Figura 7 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad más del sustrato reforzado de fibra de carbono que no forma parte de la invención. En la Figura 7, un sustrato reforzado de fibra de carbono 71 comprende una tela (tela entretejida bidireccional) 76 que comprende hilos de urdimbre 72 formados por haces de fibra de carbono e hilos de trama 73 formados por haces de fibra de carbono, y una primera resina 74 y una segunda resina 75 que se adhieren respectivamente a la tela 76. En el sustrato reforzado de fibra de carbono 71, la segunda resina 75 se adhiere a la tela además de la primera resina 74, a diferencia del sustrato reforzado de fibra de carbono 31 de la Figura 3. La segunda resina 75 se adhiere en forma de partículas de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela 76.

La Figura 8 es una vista en sección vertical típica que muestra otra modalidad más del sustrato reforzado de fibra de carbono diferente de la modalidad de la Figura 7. En la Figura 8, un sustrato reforzado de fibra de carbono 81 comprende una tela (tela entretejida unidireccional) 86 constituida por hilos de urdimbre 82 formados por haces de fibra de carbono e hilos de trama auxiliares 83 formados por haces de fibras auxiliares, y una primera resina 84 y una segunda resina 85 que se adhieren respectivamente a la tela 86. En el sustrato reforzado de fibra de carbono 81, la segunda resina 85 se adhiere a la tela además de a la primera resina 84, a diferencia del sustrato reforzado de fibra de carbono 41 de la Figura 4. La segunda resina 85 se adhiere en forma de partículas de forma relativamente más densa sobre una superficie de la tela 86.

La segunda resina se puede adherir a la tela por medio de la primera resina o se puede adherir independientemente a la tela, pero se prefiere que la segunda resina se adhiera a la tela por medio de la primera resina. Es decir, la segunda resina se puede adherir a la tela integrada con la primera resina o se puede adherir independientemente a la tela sin integrarse con la primera resina. No obstante, se prefiere que la segunda resina esté integrada con la primera resina como en el primer caso.

Si la segunda resina está integrada con la primera resina, se puede adherir de forma fiable sobre una superficie de la tela. Además, si se hace que la segunda resina se adhiera directamente por sí misma a la tela, es necesaria una temperatura mayor que la temperatura usada para hacer que se adhiera la primera resina. Por el contrario, si se hace que la segunda resina se adhiera a la tela por medio de la primera resina, se puede hacer que la segunda resina se adhiera a la tela a una temperatura inferior.

Como consecuencia, se puede mejorar la eficacia de producción del sustrato reforzado de fibra de carbono. Por otra parte, no es necesario que la segunda resina sea adhesiva. Así, la segunda resina se puede seleccionar entre un espectro de resinas más amplio, y se puede seleccionar una resina capaz de presentar más claramente las propiedades mecánicas.

Que está integrado significa que las dos resinas no están separadas la una de la otra. Por ejemplo, una mezcla seca simple constituida por partículas de la primera resina y partículas de la segunda resina no se puede denominar en estado integrado, puesto que las respectivas resinas están separadas la una de la otra.

En el caso en el que se adhiera la segunda resina integrada con la primera resina, si la segunda resina no es esencialmente compatible con la primera resina, se puede minimizar la reactividad química entre la primera resina y la segunda resina. Así, incluso si la primera resina y la segunda resina se funden y se mezclan para su integración, se puede evitar el incremento de la viscosidad en su grado máximo. Por otra parte, puesto que el intervalo de resinas que se puede seleccionar en términos de material y forma para la segunda resina es menos limitado, se puede ampliar el rango seleccionable, y las propiedades mecánicas (en particular la CDI) del material compuesto obtenido se pueden mejorar adicionalmente de forma ventajosa. Desde este punto de vista, se prefiere que la segunda resina sea esencialmente no compatible con la primera resina.

En caso de que la primera resina y la segunda resina estén integradas la una con la otra, se prefiere que las superficies de las partículas de la segunda resina estén parcialmente cubiertas (preferentemente el 50 % o superior del área superficial total, más preferentemente el 90 % o superior) con la primera resina. Si la primera resina y la segunda resina en este estado se adhieren a la tela, se puede hacer que la segunda resina se adhiera a la tela por medio de la primera resina de forma más fiable en comparación con el caso en el que se usa una simple mezcla seca constituida por la primera resina y la segunda resina (no integradas).

Para la integración de la primera resina y la segunda resina, las dos resinas se pueden fundir y mezclar para obtener una mezcla con una modalidad deseada. Como método adicional, las dos resinas se pueden mezclar usando un disolvente capaz de disolverlas, y el disolvente se puede eliminar para obtener una mezcla con una modalidad deseada. En vista del entorno de trabajo, se prefiere la mezcla en estado fundido. Para la mezcla en estado fundido, se puede usar de forma selectiva un aparato adecuado tal como un extrusor de un solo tornillo, un extrusor de doble

tornillo, una mezcladora Banbury, una amasadora o un molino de tres rodillos.

La forma de la segunda resina no está limitada en particular, y se puede emplear cualquier forma deseada, por ejemplo, una tela tal como una tela entretejida, una tela tricotada, una tela o estera no entretejida, partículas, piezas discontinuas o cualquier combinación de los anteriores. Para el material compuesto se prefiere la selección de una forma adecuada, pero en vista de su homogeneidad microscópica, efecto de mejora de las propiedades mecánicas e inhibición de la absorción de agua, es más preferida una forma de partículas (preferentemente esféricas) o piezas discontinuas.

En el caso en el que la segunda resina tiene forma de partículas, se prefiere que el diámetro medio de partículas se encuentre en el intervalo de 1 a 500 μm , para dispersar uniformemente las partículas sobre una superficie de la tela. Un intervalo de diámetros de partícula promedio más preferido se encuentra entre 1 y 150 μm , y un intervalo aún más preferido se encuentra entre 3 y 100 μm . Si el diámetro de partícula promedio es inferior a 1 μm , se introducen más partículas en los espacios entre los filamentos de carbono de los haces de fibra de carbono que constituyen la tela, y la cantidad de las partículas que se adhieren sobre la superficie se reduce. Si el diámetro de partícula promedio es superior a 150 μm , el número de partículas que se logra adherir por peso predeterminado de partículas dispersas se reduce puesto que el diámetro de partículas se vuelve grande, y puede ser difícil dispersarlas uniformemente. El diámetro de partícula promedio se refiere al D_{50} medido mediante el método de dispersión por difracción láser. Para la medición, se usa LMS-24 producido por Seishin Enterprise Co., Ltd.

Se prefiere que el coeficiente de absorción de agua de la segunda resina a 23 °C y a una humedad relativa del 50 % sea del 2,5 % en peso o inferior. Un coeficiente de absorción de agua más preferido es del 1,8 % en peso, y un coeficiente de absorción de agua incluso más preferido es del 1,5 % en peso o inferior. Un coeficiente de absorción de agua preferido en particular es del 1,1 % en peso o inferior. Si el coeficiente de absorción de agua es superior al 2,5 % en peso, el material compuesto obtenido puede no ser excelente en cuanto a las propiedades mecánicas (en particular la CHC). El coeficiente de absorción de agua se refiere al valor medido de acuerdo con la norma ASTM D 570.

La segunda resina no está limitada en particular. Se prefiere que el componente principal de la segunda resina sea una resina termoplástica muy dura, y se puede seleccionar entre los ejemplos de la primera resina enumerados anteriormente. Sobre todo, es deseable el uso de al menos una seleccionada del grupo constituido por resinas de poliamida, resinas de poliimida, resinas de poliamidaimida, resinas de polieterimida, resinas de polisulfona, resinas de poliéter sulfona, resinas de polifeniléneter, resinas de poliéter éter cetona y resinas de poliéter cetona cetona. En particular al menos una seleccionada del grupo constituido por resinas de poliamida, resinas de poliamidaimida, resinas de polieterimida y resinas de poliéter sulfona puede presentar fácilmente los efectos mencionados anteriormente.

En caso de que se use una poliamida como componente principal de la segunda resina, se prefiere el uso de una homopoliamida tal como poliamida 6, poliamida 66, poliamida 12, poliamida 610, poliamida 612, ácido dicarboxílico aromático o diamina tal como ácido isoftálico, ácido tereftálico, paraxilendiamina o metaxilendiamina, ácido dicarboxílico alicíclico o diamina tal como dimetilbis(p-aminociclohexil)metano, o una copoliamida constituida por dos o más de los anteriores.

Poliamidas disponibles en el mercado adecuadas para la segunda resina incluyen Transparent Nylon T-714E, T-714H y T-600 producidas respectivamente por Toyobo Co., Ltd., Trogamid T5000 y CX7323 producidas respectivamente por Daicelhuls Ltd., Grilamid TR55 y TR90 producidas respectivamente por EMS-Chemie, SP500 (partículas) producida por Toray Industries, Inc., Genestar PA-9T producida por Kuraray Co., Ltd., etc.

Se prefiere que la temperatura de transición vítrea de la poliamida medida mediante DSC sea de 100 °C o superior. Es más preferible que sea de 125 °C o superior, e incluso es más preferible que sea de 150 °C o superior. La poliamida preferida tiene una resistencia térmica suficiente cuando el material compuesto se produce por moldeo, y puede mejorar adicionalmente los efectos (en particular la CDI) de uso de la segunda resina. Entretanto, por ejemplo, la poliamida 12 presenta un gran efecto de mejora de la CDI, aunque tiene una temperatura de transición vítrea inferior a 100 °C. Es decir, se prefiere que una poliamida que tiene un punto de fusión tenga una temperatura de transición vítrea en el intervalo de 30 °C a 280 °C.

En caso de que se use una resina termoplástica como segunda resina, si se usa una resina termoendurecible tal como una resina epoxi como primera resina para hacer que tanto la primera resina como la segunda resina se adhieran integralmente, tanto la CDI como la CHC se pueden potenciar a niveles elevados. Por otra parte, si como primera resina se usa una resina termoplástica con un bajo punto de fusión tal como una resina de poliamida con un bajo punto de fusión para hacer que ambas resinas se adhieran integralmente, la CDI se puede potenciar hasta un nivel especialmente elevado.

Se prefiere que la segunda resina contenga una resina termoendurecible como componente subsidiario que se puede seleccionar entre los ejemplos de la primera resina enumerados anteriormente. Entre ellos, se prefiere una resina epoxi o una resina fenólica. Si el componente subsidiario cubre el componente principal de la segunda resina

o se convierte al menos parcialmente (preferentemente en su totalidad) para formar una aleación polimérica [preferentemente una red polimérica de penetración mutua (RPPM)], se puede controlar la interacción química con la tercera resina descrita a continuación. En consecuencia, los efectos anteriormente mencionados (en particular la CDI) de uso de la segunda resina se pueden potenciar adicionalmente. También presenta efectos preferidos en la mejora de la resistencia química y la resistencia térmica de la segunda resina y en la inhibición de la absorción de agua.

Estos efectos se pueden presentar de forma muy notable en particular en caso de que se use una resina termoplástica (en particular una resina de poliamida) como segunda resina. En caso de que una resina termoendurecible esté contenida como componente subsidiario (en particular cuando se forma una RPPM), puede suceder que la segunda resina no tenga ni punto de fusión ni temperatura de iniciación del flujo, sino que solo es necesario que la segunda resina no se funda ni se fluidifique al punto de fusión o a la temperatura de iniciación del flujo de la primera resina.

La preforma de la invención tiene al menos dos capas del sustrato laminado reforzado de fibra de carbono anteriormente mencionado, en la que las capas del sustrato reforzado de fibra de carbono están unidas integralmente por medio de la primera resina.

Si la unión prevalece sobre todas las superficies de las capas de sustrato reforzado de fibra de carbono, puede suceder que las propiedades de manipulación de la preforma se empobrezcan, y que se impida la permeación de la resina matriz. Solo es necesario que la unión sea tal que las diversas capas de sustrato laminado reforzado de fibra de carbono se puedan manejar integralmente, y se prefiere que las capas de sustrato estén unidas parcialmente entre sí.

En lugar de laminar capas de un sustrato reforzado de fibra de carbono, también se pueden laminar sustratos reforzados de fibra de carbono diferentes en la cantidad de la primera resina o de la segunda resina que se adhiere a la tela. En particular en el caso de una preforma producida mediante el proceso de MTR usando medio molde macho y medio molde hembra, o en el caso de una preforma usada para el moldeo al vacío, en el que se reduce la presión de la cavidad formada por medio molde macho o medio molde hembra y un material de bolsa para permitir la inyección de resina usando la diferencia de presión entre la presión reducida y la presión atmosférica, si se usan positivamente sustratos de fibra de carbono diferentes en la cantidad de la primera resina o la segunda resina que se adhiere a la tela, se pueden asegurar y controlar los pasos de la tercera resina descrita posteriormente.

Esto se explica más en particular con referencia a un dibujo. La Figura 9 es una vista en sección vertical típica que muestra un modo de la preforma. En la Figura 9, un sustrato reforzado de fibra de carbono 90, en el que una primera resina 93 y una segunda resina 94 se adhiere de forma relativamente más densa sobre las superficies de las respectivas de las 92 constituidas por haces de fibra de carbono, es un laminado constituido por cuatro capas. Las cuatro capas del sustrato reforzado de fibra de carbono 90 están unidas entre sí por medio de la primera resina 93 o la segunda resina 94, para formar una preforma 91. La preforma 91 es una preforma seca, en la que están integradas las cuatro capas del sustrato reforzado de fibra de carbono 90, y la fracción volumétrica aparente de las fibras se minimiza debido a la unión interlaminar por medio de la primera resina 93 o la segunda resina 94. Por tanto, la preforma 91 es excelente en cuanto a las propiedades de manipulación.

El material compuesto de la invención se obtiene mediante un método de impregnación de la preforma conformada con una tercera resina usada como resina matriz diferente de la primera resina, y posteriormente la solidificación de la resina. La tercera resina permeada en la preforma se solidifica (se cura o polimeriza). La solidificación de la tercera resina da lugar a la formación del material compuesto.

Esto se explica más en particular con referencia a un dibujo. La Figura 10 es una vista en sección vertical típica que muestra una modalidad de un material compuesto. En la Figura 10, los espacios entre las capas del sustrato reforzado de fibra de carbono 90 laminado en la preforma 91 mostrado en la Figura 9 se impregnan con una tercera resina 102 que a continuación se cura o se polimeriza por solidificación para formar un material compuesto 101.

La tercera resina 102 no está limitada en particular como la primera resina 93, si es una resina capaz de resolver los problemas de la invención, pero en vista de la moldeabilidad y las propiedades mecánicas se prefiere una resina termoendurecible. Se puede seleccionar entre los ejemplos enumerados anteriormente de la primera resina. No obstante, a diferencia de la primera resina, en el caso en el que se use moldeo por inyección, la tercera resina debe ser líquida a la temperatura de inyección.

Se prefiere que la resina termoendurecible como tercera resina sea al menos una seleccionada del grupo constituido por resinas epoxi, resinas fenólicas, resinas de éster de vinilo, resinas insaturadas de poliéster, resinas de éster de cianato, resinas de bismaleimida, y resinas de benzoxazina, puesto que los problemas de esta invención se pueden resolver fácilmente. Por otra parte, también se pueden usar resinas que contienen un elastómero, un caucho, un agente de curación, un acelerador de curación, un catalizador o similar. Sobre todo, para conseguir, por ejemplo, propiedades mecánicas muy elevadas (en particular la CDI y la CHC) necesarias para los elementos de la estructura primaria o principal de una aeronave, se prefiere una resina epoxi o una resina de bismaleimida. En particular se

prefiere una resina epoxi.

Puesto que la tercera resina y la primera resina se usan respectivamente para funciones diferentes, es deseable el uso de resinas al menos parcialmente diferentes entre sí. Es decir, se prefiere el uso de una resina excelente en cuanto a la permeabilidad (que tiene una baja viscosidad a la temperatura de inyección y un tiempo de gelificación prolongado) y excelente en cuanto a las propiedades mecánicas como tercera resina, y el uso de una resina capaz de mejorar las propiedades de manipulación de la tela y conferir altas propiedades mecánicas como la primera resina. Naturalmente, la primera resina y la tercera resina pueden contener sin problema un componente común a ellas, y puede ser preferible en vista de la compatibilidad entre ambas.

En caso de que la tercera resina 102 se impregne en la preforma 91 en el moldeo por inyección o fusión descrito a continuación, si la tercera resina tiene una baja viscosidad, el ciclo de moldeo se puede acortar puesto que la resina se puede impregnar fácilmente. Se prefiere que la viscosidad a la temperatura de inyección sea de 400 mPa·s o inferior. Es más preferible que sea de 200 mPa·s o inferior. Se prefiere que la temperatura de inyección sea de 100 °C o inferior, puesto que se puede usar un equipo sencillo.

El material compuesto se puede obtener mediante cualquiera de diversos métodos de moldeo tal como moldeo por inyección o infusión (TRM, RFI, RIM, moldeo al vacío, etc.) y moldeo por prensado, o una combinación de dichos métodos de moldeo.

Un método de moldeo más preferido para la obtención del material compuesto es un método de moldeo por inyección con una alta productividad tal como MTR. En uno de los métodos de MTR, se inyecta una resina por presurización en una cavidad formada por medio molde macho y medio molde hembra. En este caso, se prefiere que la cavidad se encuentre a presión reducida para la inyección de la resina. Otro método de moldeo preferido es un método de moldeo al vacío. En el moldeo al vacío, por ejemplo, se reduce la presión de una cavidad formada bien por medio molde macho o bien medio molde hembra y un material de bolsa tal como una película, en particular, una película de nailon, caucho de silicona o similar, y se usa la diferencia de presión entre la presión reducida y la presión atmosférica para inyectar una resina. En este caso, se prefiere disponer de un medio de distribución de la resina sobre la preforma en la cavidad para acelerar la permeación de la resina, y separar el medio del material compuesto después de completar el moldeo. En vista de los costes del moldeo se pueden usar estos métodos de moldeo particulares.

Las aplicaciones del material compuesto de la invención no están limitadas en particular. Puesto que el material compuesto tiene unas propiedades mecánicas excelentes (en particular la CDI y la CHC), presenta sus efectos en su grado máximo, si se usa como elemento estructural primario o principal, elemento estructural secundario, elemento exterior, elemento interior o cualquiera de sus partes en máquinas de transporte tales como aeronaves, vehículos a motor y barcos.

La Figura 11 es una vista esquemática en perspectiva que muestra los elementos estructurales primarios de una aeronave. En la Figura 11, un avión 111 está constituido por diversos elementos estructurales tales como las alas principales 112, las quillas 113, el fuselaje 114, la aleta vertical 115 y los estabilizadores horizontales 116. Si se usa el material compuesto obtenido mediante el método de impregnación de una preforma compuesta del sustrato reforzado de fibra de carbono de la invención con una resina matriz y moldeo, se puede producir un elemento estructural que tiene unas propiedades mecánicas excelentes (en particular la CDI y la CHC) con una alta productividad.

La Figura 12 es una vista esquemática en perspectiva que muestra un ejemplo de un elemento estructural en el que se aplica el material compuesto de la invención. La Figura 13 es una vista esquemática en perspectiva que muestra otro ejemplo de un elemento estructural en el que se aplica el material compuesto de la invención. En la Figura 12, un elemento estructural 121 está compuesto de cubiertas 122, quillas 123 y nervaduras 124. En la Figura 13, un elemento estructural 131 está compuesto de cubiertas 132, quillas 133 y nervaduras 134. En los elementos estructurales convencionales, las cubiertas 122 y 132, los largueros 123 y 133 y los refuerzos 124 y 134 se moldean respectivamente por separado, y se unen por medio de remaches o adhesivo, para producir los elementos estructurales previstos. No obstante, en el material compuesto de la invención, las cubiertas, quillas y nervaduras se pueden moldear integralmente, para reducir enormemente los costes de moldeo de los elementos estructurales.

La invención se explicará en profundidad con los ejemplos. En los ejemplos, se usaron las siguientes materias primas.

Haces de fibra de carbono A: fibra de carbono de sistema PAN, cada haz que consiste en 24.000 filamentos, y que tiene una finura de 1000 tex, una resistencia a la tracción de 5830 MPa, un módulo de tracción de 294 GPa y una energía de deformación de fractura de 58 MJ/m³.

Haces de fibra de carbono B: fibras de carbono de sistema PAN, cada haz que consiste en 12.000 filamentos, y que tiene una finura de 800 tex, una resistencia a la tracción de 4900 MPa, un módulo de tracción de 235 GPa y una energía de deformación de fractura de 52 MJ/m³.

Haces de fibra de carbono C: fibras de carbono de sistema PAN, cada haz que consiste en 6006 filamentos, y

que tiene una finura de 396 tex, una resistencia a la tracción de 3530 MPa, un módulo de tracción de 235 GPa y una energía de deformación de fractura de 27 MJ/m³.

Haces de fibra de vidrio: ECE225 1/0 1Z, cada haz que tiene una finura de 22,5 tex y que usa aglutinante de tipo "DP" (producido por Nitto Bouseki Co., Ltd.).

Primera resina A: Una composición de resina obtenida por amasado en caliente en estado fundido del 60 % en peso de una resina de poliéter sulfona ("Sumika Excel" 5003P finamente molida producida por Sumitomo Chemical Co., Ltd.) y el 40 % en peso de una resina epoxi (AK-601 producida por Nippon Kayaku Co., Ltd.) utilizando un extrusor de doble tornillo, que tiene una temperatura de transición vítrea de 75 °C.

Primera resina B: Una resina epoxi ("Epikote" 1004AF producida por Japan Epoxy Resin Co., Ltd.), que tiene una temperatura de iniciación del flujo de 100 °C.

Primera resina C: Una resina epoxi (PT500 producida por 3M).

Además se describe una segunda resina: partículas esféricas obtenidas al convertir el 90 % de una resina de poliamida ("Grilamide" TR55 producida por EMS-Showa Denko K.K., que tiene una temperatura de transición vítrea de 162 °C) y el 10 % en peso de una resina epoxi y un agente de curación en una aleación de polímero (RPPM). El tamaño de partícula promedio (D_{50}) medido por el método de dispersión de difracción láser es de 13 μm .

Tercera resina: Una composición líquida de resina epoxi obtenida mediante la adición de 32 partes en peso de la siguiente solución de curación a 100 partes en peso de la siguiente solución principal precalentada a 70 °C y con agitación hasta que la mezcla se volvió homogénea. La viscosidad a 70 °C medida usando el viscosímetro Modelo E es de 250 mPa.s.

Solución principal: 30 partes en peso de "Araldite (R)" MI-721 producida por Vantico Inc., 20 partes en peso de "Epikote" 825 producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd., 20 partes en peso de AK-601 producida por Nippon Kayaku Co., Ltd., 30 partes en peso de "Epiclon (R)" HP-7200L producido por Dainippon Ink and Chemicals, Inc., y 1,4 partes en peso de p-toluenosulfonato de n-propilo como acelerador de curación, respectivamente, se pesaron y se agitó a 100 °C, hasta que la mezcla se volvió homogénea.

Solución de curación: 18,1 partes en peso de "Epikure" W producido por Japan Epoxy Resins Co., Ltd. como poliamina aromática, 7,2 partes en peso de 3,3'-diaminodifenilsulfona producida por Mitsui Kagaku Fine Chemicals, Inc. y 7,2 partes en peso de S "Sumicure" producido por Sumitomo Chemical Co., Ltd., respectivamente, se pesaron y se agitó a 90 °C, hasta que la mezcla se volvió homogénea.

Ejemplo de referencia 1

La primera resina A se trituró congelada en partículas. El tamaño de partícula promedio D_{50} de las partículas era de 124 μm .

Usando los haces de fibra de carbono A como hilos de urdimbre y los haces de fibra de vidrio como hilos de trama auxiliares, se formó una tela entretejida unidireccional A. La tela entretejida A era un ligamento tafetán, y tenía un espesor de 0,3 mm, un peso unitario de fibra de carbono de 295 g/m², 2,8 extremos de urdimbre/cm y 3 extremos de trama/cm. La tela entretejida unidireccional A obtenida tenía 3,5 mm de anchura de cada haz de fibras de carbono usado como hilo de urdimbre y más de 10 en la relación de la anchura a espesor del haz de fibras de carbono, y era una tela entretejida plana. Antes de tejer, cada uno de los haces de fibra de carbono A tenía una anchura de 5,8 mm y un espesor de 0,15 mm.

Las partículas de la primera resina A se dejaron caer naturalmente para recubrir la tela entretejida unidireccional A obtenida a través de una red de vibración para su dispersión uniforme, mientras se pesaban usando un rodillo de estampación y una rasqueta. En este recubrimiento, 100 partes en peso de la tela entretejida se recubrieron con 10 partes en peso de la primera resina. Por otra parte, aunque la tela recubierta se calentó en un intervalo de 180 a 200 °C usando un calentador del infrarrojo lejano, para presurizar la tela se usaron rodillos de contacto metálicos tratados para permitir la liberación, para permitir que las partículas de la primera resina A se adhiciesen a la tela entretejida unidireccional A, que a continuación se enfrió y se recogió en forma de sustrato reforzado de fibra de carbono A. En este ejemplo, el proceso desde la etapa de tejido que incluye una máquina tejedora hasta la etapa de enfriamiento se llevó a cabo en la misma línea de forma continua. El sustrato reforzado de fibra de carbono A obtenido tenía un espesor de 0,36 mm, una permeabilidad al aire de 23,7 cm³/cm²·s, y un factor de cobertura del 99 %.

Ejemplo de referencia 2

Se amasaron 50 partes en peso de la primera resina B y 50 partes en peso de la segunda resina en estado fundido a 170 °C usando una amasadora, y se molieron congelados para obtener partículas constituidas por las dos resinas integradas. El diámetro de partícula promedio D_{50} de las partículas era de 38 μm . La segunda resina no se fundió ni fluidificó a la temperatura de iniciación del flujo de la primera resina B, y las dos resinas no eran compatibles entre sí.

Las partículas obtenidas se cargaron eléctricamente usando un sistema de recubrimiento en polvo "Tricomat (R)" producido por Nordson Corporation, mientras se dispersa de manera uniforme por medio de aire comprimido, para su aplicación a la tela entretejida unidireccional A obtenida como se describe en el Ejemplo de referencia 1. En este

recubrimiento, 100 partes en peso de la tela entretejida se recubrieron con 14 partes en peso de las partículas. Por otra parte, la tela recubierta se calentó a un intervalo de 140 a 160 °C usando un rodillo de prensa caliente, para permitir que las partículas se adhiriesen a la tela entretejida unidireccional A, que a continuación se enfriaron y se recogieron como sustrato reforzado de fibra de carbono B. En este ejemplo, el proceso desde la etapa de tejido hasta las etapas de recubrimiento, unión y enfriamiento se llevó a cabo en líneas diferentes de forma discontinua. Las partículas se dispersaron de manera más uniforme sobre la tela entretejida unidireccional A que las del Ejemplo de referencia 1, que muestra que los métodos de recubrimiento y unión del Ejemplo de referencia 2 eran mucho mejores que los del Ejemplo de referencia 1.

10 Ejemplo de referencia 3

Se utilizaron haces de fibra de carbono A como hilos de urdimbre, y se cubrieron haces de fibra de vidrio respectivamente con un hilo de nailon con un bajo punto de fusión ("Elder" producido por Toray Industries, Inc., 6 tex) para su uso como hilos de trama auxiliares, para formar una tela entretejida unidireccional C. La tela entretejida C era un ligamento tafetán, y tenía un espesor de 0,26 mm, un peso unitario de fibra de carbono de 193 g/m², 1,8 extremos de urdimbre/cm y 3 extremos de trama/cm. La tela entretejida C tenía 5,5 mm de anchura de cada haz de fibras de carbono usado como hilo de urdimbre y más de 20 en la relación de la anchura a espesor del haz de fibras de carbono, y era una tela entretejida más plana que la tela entretejida unidireccional A del Ejemplo de referencia 1. Se obtuvo un sustrato reforzado de fibra de carbono C como se describe para el Ejemplo de referencia 1, excepto por que se usó la tela entretejida C y porque 100 partes en peso de la tela entretejida C se recubrieron con 14 partes en peso de la primera resina A. El sustrato reforzado de fibra de carbono C obtenido tenía un espesor de 0,37 mm, una permeabilidad al aire de 72,0 cm³/cm²-s, y un factor de cobertura del 93 %.

25 Ejemplo de referencia 4

Una tela entretejida bidireccional D se tejió usando haces de fibra de carbono B como hilos de urdimbre e hilos de la trama. La tela entretejida D era un ligamento tafetán, y tenía un espesor de 0,19 mm, un peso unitario de fibra de carbono de 19,3 g/m², 1,21 extremos de urdimbre/cm, y 1,21 extremos de urdimbre/cm. Se obtuvo un sustrato reforzado de fibra de carbono D como se describe para el Ejemplo de referencia 1, excepto por que se usó la tela entretejida D y porque 100 partes en peso de la tela entretejida D se recubrieron con 5 partes en peso de la primera resina A. El sustrato reforzado de fibra de carbono D obtenido tenía un espesor de 0,24 mm, una permeabilidad al aire de 15,6 cm³/cm²-s, y un factor de cobertura del 99 %.

35 Ejemplo 1 y Ejemplo de referencia 5

El sustrato reforzado de fibra de carbono A (en el Ejemplo 1) y el sustrato reforzado de fibra de carbono D (en el Ejemplo de referencia 5) se cortaron respectivamente para que tuviesen una longitud de 380 mm y una anchura de 340 mm. Para cada sustrato, una arquitectura apilada de [-45°/0°/+45°/90°] se repitió dos veces para formar un grupo, y también se fabricó otro grupo idéntico. Los dos grupos se pegaron el uno al otro con las capas a 90 °C orientadas frente a sí, para proporcionar un laminado simétrico de capas cruzadas de cada sustrato. El laminado se puso en un molde de placa, y se usó un sellante y un material de bolsa (película de poliamida) para sellar y formar una cavidad. La calidad estaba provista de un puerto de succión para su evacuación. Se usó una bomba de vacío para evacuar la cavidad por el puerto de succión, para reducir la presión al vacío en la cavidad, y el molde de la preforma se ajustó a 80 °C. El laminado se mantuvo en este estado durante 1 hora y se enfrió a temperatura ambiente, y se detuvo la succión. De esta forma, se obtuvo una preforma A cuasi-isotrópica (en el Ejemplo 3) y una preforma B cuasi-isotrópica (en el Ejemplo de referencia 5).

Ejemplo 2 y Ejemplo de referencia 6

Se usó el sustrato reforzado de fibra de carbono C (en el Ejemplo 2) y el sustrato reforzado de fibra de carbono D (en el Ejemplo de referencia 6). Una arquitectura apilada como se indica en el Ejemplo 2 se repitió tres veces para formar un grupo. También se fabricó otro grupo idéntico. Los dos grupos se pegaron el uno al otro para proporcionar un laminado simétrico de capas cruzadas. Se aplicó una presión de 150 kPa al laminado a 130 °C usando una máquina de prensado que contiene un molde de preforma durante 5 minutos, y a continuación la presión se mantuvo tal y como estaba, el laminado se enfrió a temperatura ambiente y se despresurizó. De esta forma, se obtuvo una preforma C cuasi-isotrópica (en el Ejemplo 2) y una preforma D cuasi-isotrópica (en el Ejemplo de referencia 6).

Ejemplo 3 y Ejemplo de referencia 7

Se obtuvo una preforma unidireccional A (en el Ejemplo 3), una preforma unidireccional B (en el Ejemplo de referencia 7) y una preforma unidireccional C (en el Ejemplo 3) como se describe para el Ejemplo 1, excepto por que se usaron cuatro capas de una arquitectura apilada de [0°] para el sustrato reforzado de fibra de carbono A (en el Ejemplo 3) y el sustrato reforzado de fibra de carbono D (en el Ejemplo de referencia 7), y se usaron seis capas de una arquitectura apilada de [0°] para el sustrato reforzado de fibra de carbono C (en el Ejemplo 3).

Ejemplo 4 y Ejemplo de referencia 8

Cualquiera de la preforma cuasi-isotrópica A (en el Ejemplo 4), la preforma cuasi-isotrópica B (en el Ejemplo de referencia 8), la preforma cuasi-isotrópica C (en el Ejemplo 4), la preforma cuasi-isotrópica D (en el Ejemplo de referencia 8), la preforma unidireccional A (en el Ejemplo 4), la preforma unidireccional B (en el Ejemplo de referencia 8) y la preforma unidireccional C (en el Ejemplo 4) se puso en un molde a 80 °C, y se colocó un medio de distribución de la resina (red de alambre de malla 34) sobre la preforma. A continuación, se usó un sellante y un material de bolsa (película de poliamida) para sellar y formar una cavidad. La cavidad estaba provista de un puerto de inyección de resina y un puerto de succión para su evacuación. Se usó una bomba de vacío para evacuar la cavidad a través del puerto de succión, para reducir la presión al vacío en la cavidad, y el molde y la preforma se ajustaron a 80 °C. A continuación, la tercera resina, preparada previamente y desgasificada al vacío, se inyectó desde el puerto de inyección de la resina usando la presión atmosférica, mientras se mantenía a 80 °C. Cuando la tercera resina alcanzó el puerto de succión para su evacuación, el puerto de inyección de la resina se cerró para detener la inyección de resina. A continuación, mientras la cavidad se evacuaba de forma continua mediante la bomba de vacío desde el puerto de succión, la tercera resina impregnada en la preforma se curó con la temperatura mantenida a 180 °C durante 2 horas. De esta forma, se obtuvo una placa cuasi-isotrópica A (en el Ejemplo 4), una placa cuasi-isotrópica B (en el Ejemplo de referencia 8), una placa cuasi-isotrópica C (en el Ejemplo 4), una placa cuasi-isotrópica D (en el Ejemplo de referencia 8), una placa unidireccional A (en el Ejemplo 4), una placa unidireccional B (en el Ejemplo de referencia 8), y una placa unidireccional C (en el Ejemplo 4).

La fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica A (en el Ejemplo 4) era del 54 % en volumen; la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica B (en el Ejemplo de referencia 8) era del 56 % en volumen; la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica C (en el Ejemplo 4) era del 55 % en volumen; y la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica D (en el Ejemplo de referencia 8) era del 53 % en volumen.

La fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa unidireccional A (en el Ejemplo 4) era del 55 % en volumen; la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa unidireccional B (en el Ejemplo de referencia 8) era del 56 % en volumen; y la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa unidireccional C (en el Ejemplo 4) era del 56 % en volumen.

Estos materiales compuestos estaban bastante libres de orificios y huecos, y se demostró que se producía un buen moldeo.

A partir de cada una de las placas cuasi-isotrópica A, placa cuasi-isotrópica D, placa cuasi-isotrópica C y placa cuasi-isotrópica D obtenidas, se cortó una placa de 152 mm de largo × 102 mm de ancho en forma de cupón. Se dejó caer un peso de 5,44 kg (12 libras) en el centro del cupón, para dar un impacto de peso en caída de 6,67 kJ/m (1500 in-lb/in), y se midió la resistencia a la compresión después del impacto (CDI).

Por otra parte, a partir de cada una de las placas unidireccional A, placa unidireccional B y placa unidireccional C obtenidas, se obtuvo un cupón de acuerdo con la norma SACMA SRM 1R-94. El cupón se sumergió en agua a 70 °C durante 14 días (acondicionamiento húmedo en caliente), e inmediatamente se midió la resistencia a la compresión a 0° del cupón a la temperatura evaluada (82 °C) (CHC). Por otra parte, también se midió la resistencia a la compresión (RC) a 0° del cupón de la placa unidireccional A o la placa unidireccional C a temperatura ambiente, no sometida a acondicionamiento húmedo en caliente.

Además, a partir de cada una de las placas unidireccional A, placa unidireccional B y placa unidireccional C, se obtuvo un cupón de acuerdo con la norma SACMA SRM 4R-94. Se midió la resistencia a la tracción (RT) a 0° del cupón a temperatura ambiente.

Ejemplo comparativo 1

Se usó la tela entretejida unidireccional A producida como se describe para el Ejemplo de referencia 1, excepto por que no se provocó la adhesión de la primera resina A, como sustrato reforzado de fibra de carbono E.

Ejemplo comparativo 2

Los haces de fibra de carbono C se usaron como hilos de urdimbre y los haces de fibra de vidrio se usaron como hilos de trama auxiliares, para formar una tela entretejida unidireccional F. La tela entretejida F era un ligamento tafetán, y tenía un espesor de 0,2 mm, un peso unitario de fibra de carbono de 193 g/m², 4,87 extremos de urdimbre/cm y 3 extremos de trama/cm. Se obtuvo un sustrato reforzado de fibra de carbono F como se describe para el Ejemplo de referencia 1, excepto por que 100 partes en peso de la tela entretejida F se recubrieron con 5 partes en peso de la primera resina C.

Ejemplo comparativo 3

- Se obtuvieron respectivamente una preforma cuasi-isotrópica E, una preforma cuasi-isotrópica F, una preforma unidireccional E y una preforma unidireccional F, como se describe para el procesamiento del sustrato reforzado de fibra de carbono A y el sustrato reforzado de fibra de carbono C, excepto por que se usaron el sustrato reforzado de fibra de carbono E y el sustrato reforzado de fibra de carbono F.

Ejemplo comparativo 4

- Se moldearon respectivamente una placa cuasi-isotrópica E, una placa cuasi-isotrópica F, una placa unidireccional E y una placa unidireccional F, como se describe para el Ejemplo 4, para su ensayo, excepto por que se usaron la preforma cuasi-isotrópica E, la preforma cuasi-isotrópica F, la preforma unidireccional E y la preforma unidireccional F. La fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica E era del 59 % en volumen y la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa cuasi-isotrópica F era del 56 % en volumen. La fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa unidireccional E era del 60 % en volumen; y la fracción volumétrica de fibras de carbono Vf en la placa unidireccional F era del 56 % en volumen.

Los resultados anteriores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Sustrato	Propiedades de los haces de fibra de carbono	Cantidad depositada de la primera resina (partes en peso)	Cantidad depositada de la segunda resina (partes en peso)
	Módulo de tracción (GPa)		
	Energía de deformación de fractura (MJ/m ³)		
A	294	10	Nula
	58		
B	294	7	7
	58		
C	294	14	Nula
	58		
D	235	5	Nula
	53		
E	294	Nula	Nula
	58		
F	235	5	Nula
	27		

Tabla 1 (continuación)

Sustrato	Propiedades de manipulación del sustrato	CDI	CHC	RC	RT
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
		(ksi)	(ksi)	(ksi)	(ksi)
A	Buenas	248	972	1428	2766
		36	141	207	401
B	Buenas	276	1028	---	2808
		40	149	---	407
C	Buenas	282	952	1421	2966
		41	138	206	430
D	Buenas	232	---	---	---
		34	---	---	---
E	No buenas	165	1041	---	2738
		24	151	---	397
F	Buenas	109	996	---	---
		16	144	---	---

Como se puede ver en la Tabla 1, los sustratos reforzados de fibra de carbono A, B, C y D eran más fáciles de manejar que los sustratos producidos usando productos preimpregnados, debido a la primera resina que se adhiere a cada tela entretejida. Eran excelentes en cuanto a propiedades de manipulación tales como la rigidez, estabilidad de forma de la tela entretejida en términos de deslizamiento de la textura y pérdida de alineamiento, portabilidad y capacidad de drapeado. Cuando se conformaron en preformas, presentaron un espesor excelente, y las láminas de sustrato reforzado de fibra de carbono obtenidas a partir de ellas no se deslaminaron. Así, se pudieron obtener preformas voluminosas fuertes.

Por otro lado, el sustrato reforzado de fibra de carbono E desprovisto de la primera resina era pobre en cuanto a las propiedades de manipulación, y puesto que no era adherente, las respectivas capas se deslaminaron, no permitiendo la obtención de una preforma voluminosa.

En vista de las propiedades mecánicas, los sustratos reforzados de fibra de carbono A y C de acuerdo con la invención tenían una CDI notablemente superior, y aun así no eran inferiores en cuanto a la CHC o la RT que el sustrato reforzado de fibra de carbono E. Por otra parte, el sustrato reforzado de fibra de carbono F no de acuerdo con la invención era muy malo, en particular en cuanto a la CDI, siendo poco adecuado para aplicaciones tales como elementos estructurales que requieren altas propiedades mecánicas, incluso a pesar de que contenía la primera resina.

Aplicabilidad industrial

La invención puede proporcionar un material compuesto con una buena permeabilidad de la resina matriz y propiedades mecánicas excelentes tales como resistencia a la compresión después del impacto y resistencia a la compresión después del acondicionamiento húmedo en caliente con una alta productividad. Además, la invención puede proporcionar una preforma conformada mediante la laminación de capas de un sustrato reforzado de fibra de carbono excelente en cuanto a la rigidez, estabilidad de forma, capacidad de drapeado y adhesividad en la laminación, y un material compuesto obtenido impregnando la preforma con una resina matriz.

El material compuesto obtenido como este es adecuado para cualquiera de diversos elementos tales como un elemento estructural, un elemento interior y un elemento exterior en máquinas de transporte tales como aeronaves, vehículos a motor y barcos y otras áreas amplias. Es adecuado en particular como elemento estructural de una aeronave.

REIVINDICACIONES

1. Una preforma que comprende un laminado que comprende al menos dos o más capas de un sustrato reforzado de fibra de carbono (21, 41), donde el sustrato reforzado de fibra de carbono (21, 41) comprende una tela (25, 45) compuesta de haces de fibra de carbono y una primera resina (24, 44) que se adhiere a dicha tela (25, 45), donde dichos haces de fibra de carbono comprenden respectivamente numerosos filamentos continuos de carbono, el módulo de tracción de dichos haces de fibra de carbono es de 210 GPa o superior, la energía de deformación de fractura de dichos haces de fibra de carbono es de 40 MJ/m³ o superior, y la cantidad de dicha primera resina (24, 44) que se adhiere a dicha tela (25, 45) se encuentra en el intervalo de 1 a 20 partes en peso por 100 partes en peso de dicha tela (25, 45), **caracterizada por que** dicha tela (25, 45) es una tela entretejida unidireccional (51, 61) que se encuentra en forma de ligamento tafetán y dicha primera resina (24, 44) se adhiere de forma relativamente más densa sobre una superficie de dicha tela entretejida unidireccional (51, 61) que en el interior de dichos haces de fibra de carbono, en un estado tal que dicha primera resina (24, 44) está tachonada de forma discontinua sobre la superficie de dicha tela entretejida unidireccional (51, 61) en forma de puntos, donde las capas del sustrato reforzado de fibra de carbono (21, 41) están unidas integralmente entre sí por medio de dicha primera resina (24, 44), y donde dicha tela (25, 45) tiene un peso unitario de fibra de carbono que oscila entre 50 y 500 g/m² y comprende hilos de urdimbre (22, 52) e hilos de trama auxiliares (53), los hilos de urdimbre (22, 52) que tienen una finura que oscila entre 300 y 5000 tex, formados de haces de fibra de carbono que comprenden de 5000 a 50.000 filamentos continuos de carbono donde el número de hilos de trama auxiliares (53) oscila entre 0,3 a 6 extremos/cm y la finura de los hilos de trama auxiliares (53) es no superior a 1/5 de la finura de los hilos de urdimbre (22, 52), y donde el espesor del sustrato de fibra de carbono (21, 41) se encuentra en el intervalo de 0,1 a 0,8 mm.
2. La preforma de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho módulo de tracción de dichos haces de fibra de carbono se encuentra en el intervalo de más de 280 a menos de 500 GPa, y la energía de deformación de fractura de dichos haces de fibra de carbono es de 53 MJ/m³ o superior.
3. La preforma de acuerdo con la reivindicación 1, donde el punto de fusión o la temperatura de iniciación del flujo de dicha primera resina (24, 44) se encuentra en el intervalo de 50 a 150 °C.
4. La preforma de acuerdo con la reivindicación 1, donde el componente principal de dicha primera resina (24, 44) es una resina termoendurecible.
5. La preforma de acuerdo con la reivindicación 1, donde el componente principal de dicha primera resina (24, 44) es una resina termoplástica.
6. La preforma de acuerdo con la reivindicación 5, donde la cantidad de dicha resina termoplástica se encuentra en el intervalo del 70 al 100 % en peso, en base al peso de dicha primera resina (24, 44).
7. La preforma de acuerdo con la reivindicación 1, donde el componente principal de dicha primera resina (24, 44) es al menos uno seleccionado del grupo constituido por resinas epoxi, resinas de poliamida, resinas de polieterimida, resinas de polifenilenéter, resinas de poliéter sulfona y resinas fenoxi.
8. Un material compuesto que comprende al menos la preforma expuesta en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 y una tercera resina, donde dicha preforma está impregnada con la tercera resina diferente de dicha primera resina (24, 44).
9. Uso de un material compuesto de acuerdo con la reivindicación 8, como uno cualquiera de un elemento de estructura primaria, un elemento de estructura secundaria, un elemento exterior, un elemento interior y partes que forman esos elementos en una aeronave, un vehículo a motor o un barco.

Fig. 1

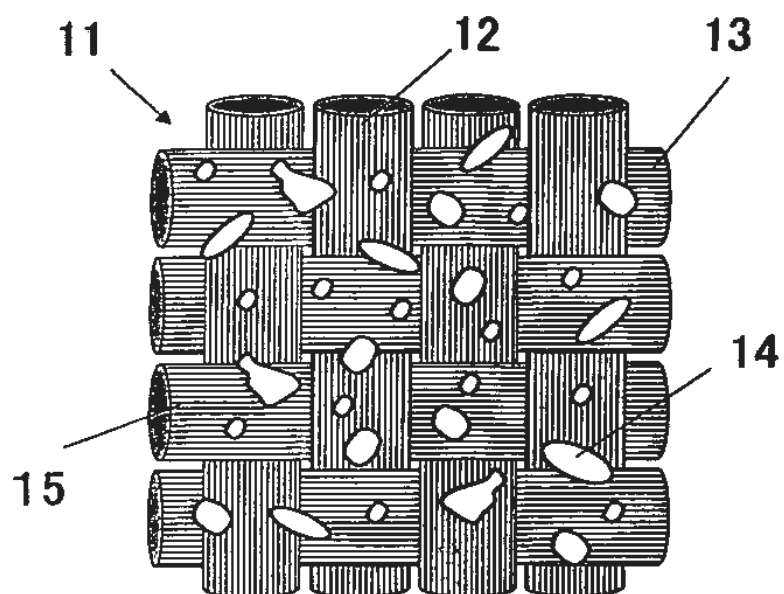


Fig. 2

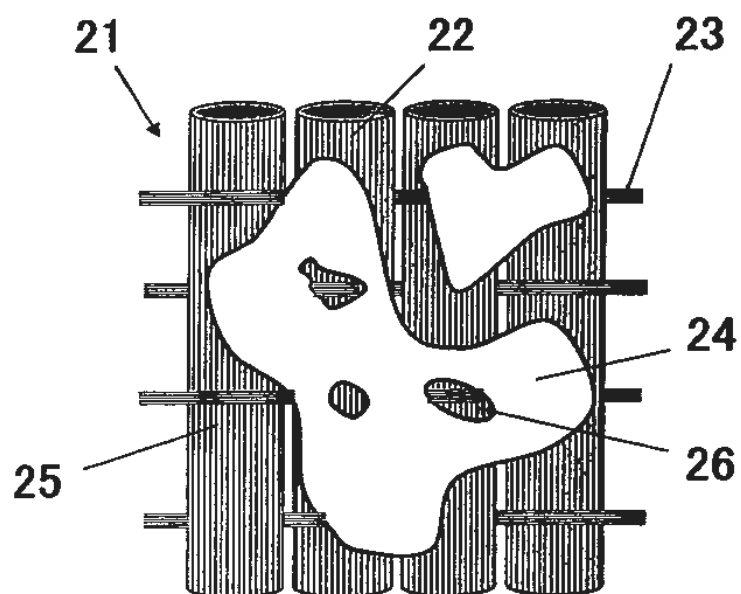


Fig. 3

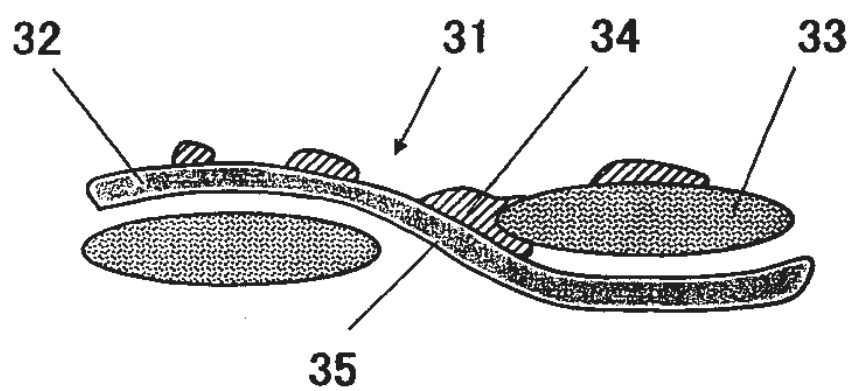


Fig. 4

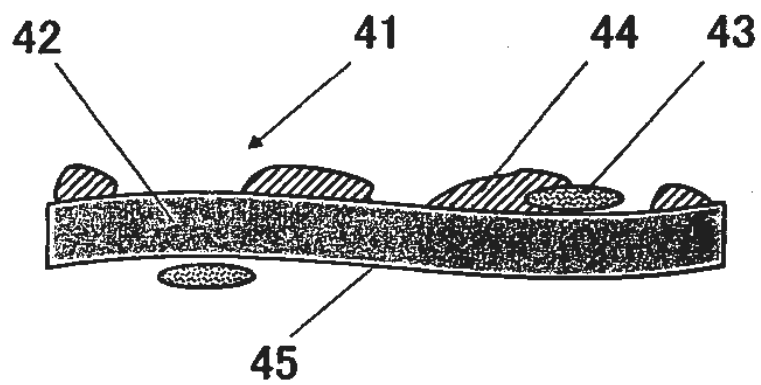


Fig. 5

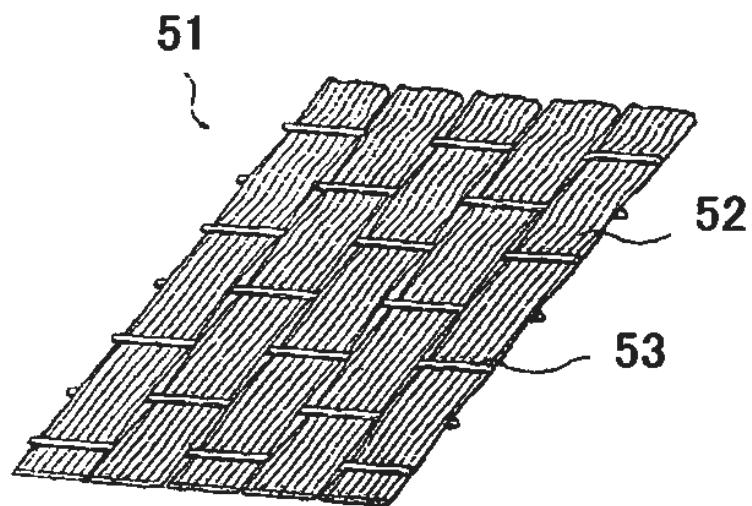


Fig. 6

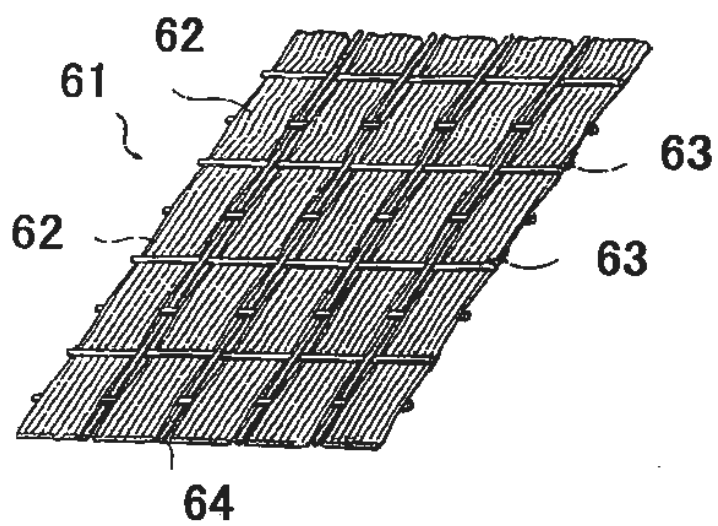


Fig. 7

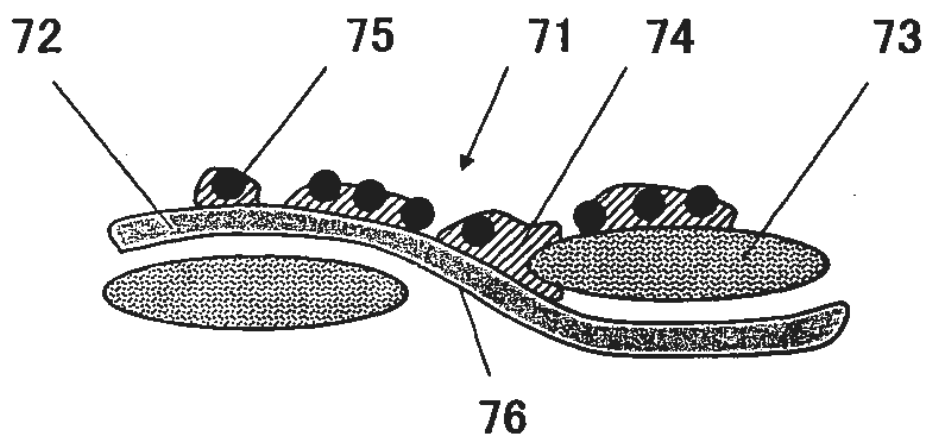


Fig. 8

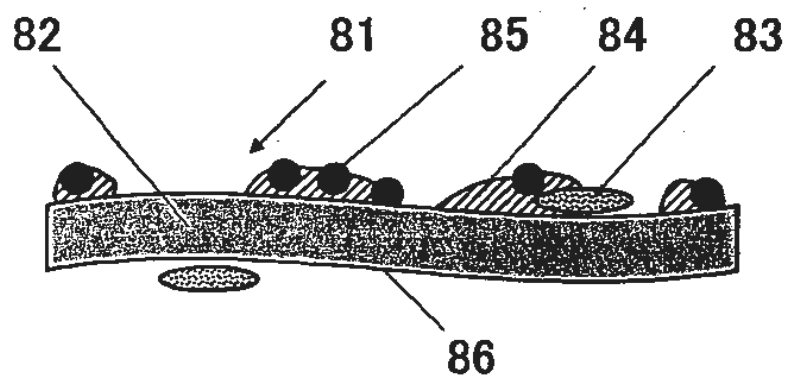


Fig. 9

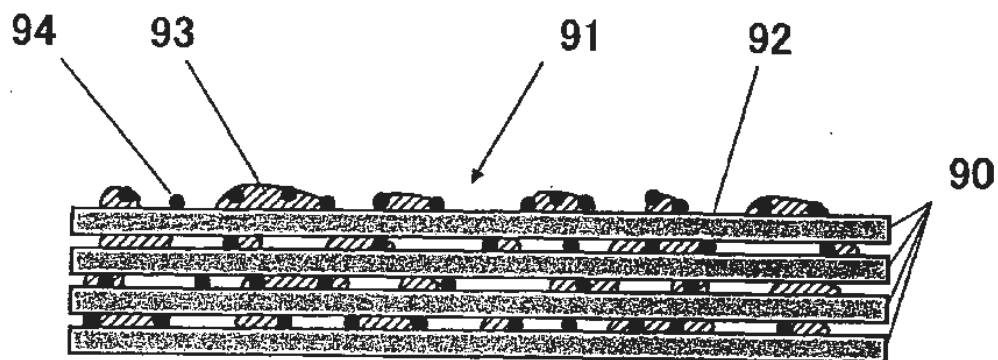


Fig. 10

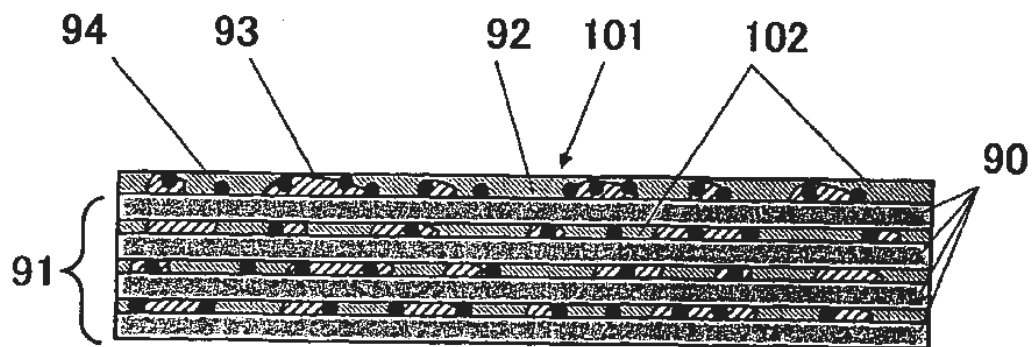


Fig. 11

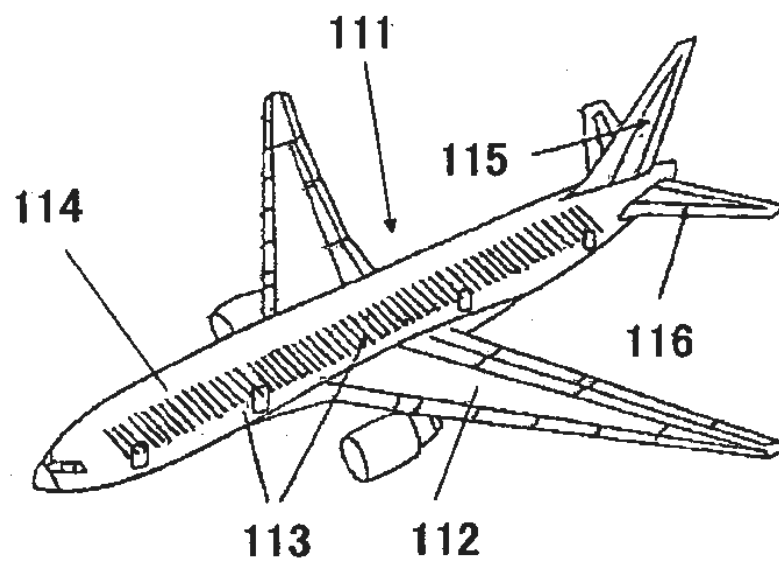


Fig. 12

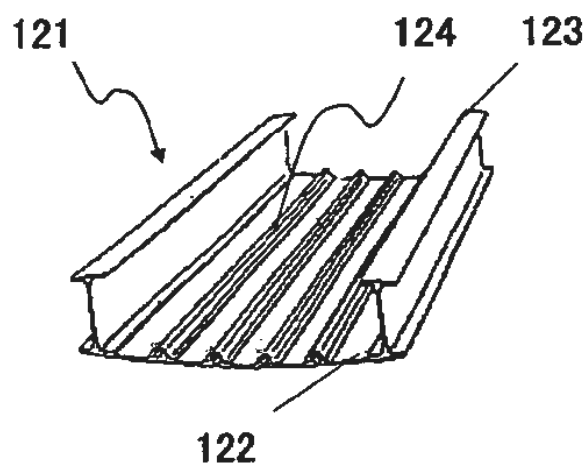


Fig. 13

