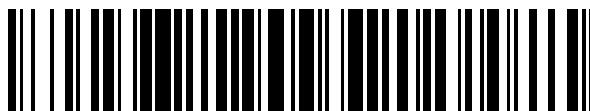


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 972**

51 Int. Cl.:

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/22 (2006.01)

D03D 15/00 (2006.01)

B29C 70/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03257156 .4**

96 Fecha de presentación: **13.11.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1419875**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.05.2004**

54 Título: **Sustrato de fibras de refuerzo y material compuesto obtenido a partir del mismo**

30 Prioridad:
14.11.2002 JP 2002330409
13.06.2003 JP 2003169243
13.06.2003 JP 2003169244

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.08.2012

73 Titular/es:
TORAY INDUSTRIES, INC.
2-1, NIHONBASHI MUROMACHI 2-CHOME
CHUO-KU
TOKYO 103-8666, JP

72 Inventor/es:
Wadahara, Eisuke;
Honma, Kiyoshi;
Horibe, Ikuo y
Nishimura, Akira

74 Agente/Representante:
Zea Checa, Bernabé

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).

ES 2 385 972 T3

DESCRIPCIÓN

Sustrato de fibras de refuerzo y material compuesto obtenido a partir del mismo

5 **[0001]** La presente invención está relacionada con un material compuesto de excelentes propiedades de manipulación, propiedades mecánicas (particularmente, resistencia a compresión) y precisión dimensional, y con un sustrato de fibras de refuerzo capaz de obtener dicho material compuesto con buena productividad.

10 **[0002]** Los materiales compuestos formados impregnando resinas de matriz en fibras de refuerzo se han usado principalmente en los campos aeroespacial y deportivo, por ejemplo, porque pueden satisfacer los requisitos de altas propiedades mecánicas y reducción de peso. Como métodos típicos para producir materiales compuestos, se conocen el moldeo en autoclave, el moldeo por transferencia de resina (RTM) y el moldeo por inyección en vacío. En el moldeo en autoclave, por ejemplo, se apilan prepregs, cada uno de los cuales se prepara de antemano preimpregnando una resina de matriz en un grupo de haces de fibras de refuerzo dispuestas en una dirección, en un
15 molde, se cubren con un material de bolsa según sea necesario, y se calientan y prensan en un autoclave para moldear un material compuesto. En este método de moldeo, como puede obtenerse un material compuesto de alta calidad con pocos huecos y alta fiabilidad, preferentemente se emplean para moldear partes de aviones y similares, pero existe un problema de altos costes de producción.

20 **[0003]** Por otro lado, los métodos típicos para moldear materiales compuestos a alta productividad incluyen el moldeo por transferencia de resina (RTM) y el moldeo por inyección asistido por vacío. En dichos métodos de moldeo, una pluralidad de sustratos en seco, que no están impregnados con resina de matriz, se colocan en un molde, y por inyección de una resina de matriz líquida de baja viscosidad, la resina de matriz se impregna en las fibras de refuerzo para moldear un material compuesto.

25 **[0004]** En dicho método de moldeo por inyección de una resina de matriz, sin embargo, aunque la productividad del material compuesto es generalmente excelente, ya que el sustrato usado está seco, existe el problema de que la capa del sustrato en el material compuesto moldeado es difícil de rectificar, concretamente, que la capa del sustrato tiene probabilidades de ondularse. Esta ondulación de la capa de sustrato es significativa particularmente en casos
30 en que la estructura de laminación de las capas de sustrato incluye capas de sustrato laminadas de modo que las direcciones de extensión de los haces de fibras de refuerzo de las capas respectivas se sitúan oblicuamente entre sí (laminación de estilo oblicuo, por ejemplo, laminado cuasi-isotrópico). Esta ondulación puede reducir las propiedades mecánicas de un material compuesto obtenido a partir de las mismas y, especialmente, reducir remarcablemente su resistencia a compresión. Además, dicho problema es específicamente significativo en un caso en que se usa un
35 molde macho y un molde hembra y un material de bolsa flexible, en lugar de en casos en que se usan tanto moldes macho como moldes hembra.

[0005] Además, en un sustrato de fibras de refuerzo, la masa (grosor) y la planicidad afectan enormemente a la propiedad de manipulación del sustrato y la estabilidad dimensional de un material compuesto a obtener. Aunque es
40 necesario automatizar el apilamiento (laminación) de los sustratos de fibras de refuerzo para aumentar adicionalmente la productividad de un material compuesto, en dicho caso, particularmente la propiedad de manipulación del sustrato llega a ser importante. Así, es necesario que no solamente la textura ondulada del sustrato no cause un mal alineamiento y deslizamiento, sino también que la masa del sustrato sea baja y el sustrato sea plano. Si la masa del sustrato es elevada y el sustrato está en un estado irregular en cuanto a la planicidad, no
45 solamente es difícil automatizar la laminación sino que tampoco puede moldearse un material compuesto en una dimensión deseable.

[0006] Como métodos conocidos, por ejemplo, el documento JP-A-2001-226850 y el documento JP-A-2002-249984 describen un método para suministrar una emulsión de resina y similares a una tela tejida de fibras de refuerzo y prensarla por calor para fijar la estructura de tejido. Sin embargo, esta tecnología sirve simplemente para
50 evitar la reducción de las propiedades mecánicas debido al mal alineamiento y deslizamiento de la textura de tejido de la propia tela tejida, y es insuficiente para resolver el problema descrito anteriormente que existe incluso en un sustrato sin ondulación. Además, no se ha conseguido producir de forma eficaz un material compuesto que tenga una dimensión deseable.

55 **[0007]** Así, no se ha obtenido un sustrato de fibras de refuerzo para el moldeo de un material compuesto que tenga tanto propiedades mecánicas deseables (en particular, resistencia a compresión) como precisión dimensional, y se requiere una tecnología para satisfacer dichos requisitos.

60 **[0008]** Además, en el moldeo por inyección tal como RTM y moldeo por inyección asistido por vacío, aunque la productividad de un material compuesto es excelente, es necesario usar un sustrato de fibras de refuerzo capaz de manipularse incluso en un estado seco, por ejemplo, una tela tejida. En una tela tejida habitual, como las fibras de refuerzo se tejen en dos direcciones, se producen frunces en las fibras de refuerzo en los cruces de las urdimbres y las tramas. Dichas telas tejidas habitualmente tienen malas propiedades mecánicas en comparación con laminados
65 prepeg unidireccionales debido a la reducción en la rectilineidad de las fibras de refuerzo debido a los frunces y la propiedad adhesiva entre las urdimbres y las tramas y la resina de matriz. Así, en una tela tejida habitual, existe el

problema de que no pueden conseguirse las propiedades mecánicas de alto nivel (en particular, resistencia a compresión) tales como las requeridas para elementos estructurales principales de aviones.

[0009] Para este problema, se propone un material de refuerzo de resina en el cual se prepara una tela tejida usando haces de fibras de carbono como una de las urdimbres y las tramas y usando hilos flexibles que tienen un área seccional del 10% o menos de la del haz de fibras de carbono como otra de las urdimbres y las tramas, y se lamina una pluralidad de telas tejidas usando una resina de matriz (por ejemplo, documento JP-A-59-209847).

[0010] Sin embargo, esta tela tejida descrita en el documento JP-A-59-209847 está en un estado en que es imposible usarla sola (en una única lámina de la tela tejida), y existe el problema de que la tela tejida no puede aplicarse a un molde por inyección desde el punto de vista de la manipulación. Además este documento JP-A-59-209847 no describe en absoluto la propiedad adhesiva entre las urdimbres y las tramas y la resina de matriz que afecta a las propiedades mecánicas enormemente.

[0011] Con respecto a dicho problema de la propiedad de manipulación de un sustrato, la patente US 5.071.711 propone una tecnología en la cual se proporciona un material de resina en una tela tejida, la propiedad de manipulación de una tela tejida seca se mejora y se estabiliza una preforma usada para el moldeo por inyección en formación. Además, James C. Seferis, et al. informan de que las propiedades mecánicas de un material compuesto obtenido por moldeo por inyección se mejoran aplicando un material de resina combinado con una resina epoxi y partículas de elastómero sobre una tela tejida (por ejemplo, Journal of Advanced Materials, Volumen 32, Nº 3, julio de 2000, págs. 27-34, y Composites parte A. Volumen 32, 2001, págs. 721-729).

[0012] Sin embargo, en estas propuestas, aunque se mejora la propiedad de manipulación de un sustrato, no se aumentan las propiedades mecánicas, o el aumento es insuficiente. Concretamente, a pesar del hecho de que la rectilineidad de las fibras de refuerzo en un sustrato, y además, las propiedades requeridas para las fibras de refuerzo a usar, son factores particularmente importantes para conseguir elevadas propiedades mecánicas, las propuestas descritas anteriormente no lo describen en absoluto.

[0013] Además, recientemente se ha aplicado RTM para moldear partes de aviones, etc. porque puede posibilitar reducciones de los costes. Específicamente, en partes de aviones, como se requiere un alto contenido en fibras para mostrar un efecto de reducción de peso suficientemente elevado, debe aumentarse la densidad de las fibras del propio sustrato seco colocado en un molde.

[0014] Sin embargo, dicho sustrato seco fuertemente comprimido tiene el problema de que la propiedad de impregnación de una resina disminuye y probablemente se generan partes no impregnadas (existe privación de resina de matriz), y tiene el problema de que es difícil obtener un material compuesto de alta calidad necesario para partes de aviones.

[0015] En un caso en que un sustrato es una tela tejida bidireccional, como se forman aberturas en los cruces de las urdimbres y las tramas, las partes de huecos proporcionan pasos de resina, y por lo tanto, incluso si los sustratos se laminan en un estado denso y se comprimen fuertemente, es posible impregnar la resina fácilmente. Sin embargo, como en una tela tejida bidireccional las fibras de refuerzo se fruncen por cruce de las urdimbres y las tramas, no pueden mostrar una alta resistencia, y es difícil aplicarla a un elemento que requiera elevadas propiedades mecánicas tales como elementos estructurales primarios para aviones.

[0016] Por consiguiente, si un sustrato es un sustrato unidireccional en el que las fibras de refuerzo están dispuestas en paralelo entre sí en una dirección, como casi no se generan frunces en las fibras de refuerzo, puede esperarse que se muestre una alta resistencia.

[0017] Sin embargo, como un elemento estructural primario para aviones frecuentemente requiere anisotropía, puede haber muchas partes en las cuales los sustratos unidireccionales descritos anteriormente se laminan en la misma dirección, y en dicha parte, como las fibras de refuerzo se disponen densamente en la misma dirección, casi no haya huecos para que pase una resina, y llegue a ser difícil impregnar la resina.

[0018] Para el problema descrito anteriormente, el documento JP-A-8-158665 propone proporcionar de antemano huecos entre los hilos de fibras de refuerzo formando un sustrato de fibras de refuerzo. En esta propuesta, aunque la propiedad de impregnación está remarcadamente mejorada al proporcionar huecos entre los hilos, cuando se laminan los sustratos en dirección transversal, las formas cóncavas/convexas atribuidas a una diferencia entre las densidades de las fibras de las partes de hilos de fibras de refuerzo y las partes de hueco se transfieren entre sí entre capas adyacentes de las partes de laminación en dirección transversal, y los hilos de fibras de refuerzo se ondulan y disminuye la propiedad de resistencia.

[0019] Por dichas circunstancias, se requiere en gran medida un sustrato para el moldeo por inyección de resina capaz de conseguir tanto propiedades mecánicas deseables como la propiedad de impregnación de la resina.

[0020] El documento EP-A-0909845 describe un sustrato de fibras de refuerzo según el preámbulo de la reivindicación 1 y un material compuesto según el preámbulo de la reivindicación 12.

[0021] Por consiguiente, sería deseable proporcionar un material compuesto de excelente propiedad de manipulación, propiedades mecánicas (particularmente, resistencia a compresión) y precisión dimensional, y un sustrato de fibras de refuerzo capaz de obtener dicho material compuesto con buena productividad.

[0022] Además, sería deseable proporcionar un sustrato de fibras de refuerzo, especialmente, un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, que tenga una buena propiedad de impregnado de una resina de matriz, que pueda lograr un material compuesto de excelentes propiedades mecánicas (particularmente, resistencia a compresión después de aplicarlo con un impacto, resistencia a compresión con agujero, resistencia a compresión a 0°, etc.) con una buena productividad y que sea de excelente propiedad de manipulación (particularmente, estabilidad de formación, propiedad adherente cuando se lamina, etc.) y un material compuesto fabricado a partir del mismo y métodos para producirlos.

[0023] Además, sería deseable proporcionar un sustrato de fibras de refuerzo, que pueda mostrar una excelente propiedad de impregnado de resina a pesar de una elevada fracción volumétrica de fibras (una elevada V_f) y pueda mostrar excelentes propiedades mecánicas, cuando se fabrica un material compuesto que requiera alta calidad tal como un elemento estructural para aviones por impregnado de una resina líquida en un sustrato de fibras de refuerzo seco en moldeo por inyección tal como RTM o VaRTM (un RTM asistido por vacío), un laminado del mismo, un material compuesto fabricado a partir del mismo, y métodos para producirlos. La reivindicación 1 describe un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

[0024] Según las realizaciones de la invención, la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir del grosor de dicho sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, está en el intervalo del 40 al 60%.

[0025] Realizaciones adicionales de un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención comprenden un grupo de fibras de refuerzo dispuesto con hilos de fibras de refuerzo en paralelo entre sí en una dirección, y en el que pueden disponerse hilos espaciadores que tienen cada uno una superficie cóncava/convexa entre los hilos de fibras de refuerzo, y se adhiere un material de resina del 2 al 20% en peso a al menos una superficie del grupo de fibras de refuerzo. Un segundo aspecto de la invención proporciona un material compuesto según la reivindicación 12.

[0026] Como sustratos de fibras de refuerzo según el primer aspecto de la invención puede emplearse una estructura en la cual el rendimiento (*yield*) de los hilos de fibras de refuerzo está en el intervalo de 350 a 3.500 tex, la cantidad de filamentos del hilo de fibras de refuerzo está en el intervalo de 6.000 a 50.000, el sustrato está formado por el grupo de hilos de fibras de refuerzo y un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en el que los hilos auxiliares continuos se extienden en una dirección transversal a los hilos de fibras de refuerzo, y el sustrato es un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional cuyo peso por unidad de área de los hilos de fibras de refuerzo está en el intervalo de 120 a 320 g/m².

[0027] Además, puede emplearse una estructura en la cual el sustrato tiene un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre formado por hilos auxiliares que se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, y en este caso, se prefiere que el rendimiento del hilo auxiliar que forma el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama sea del 20% o menos del rendimiento del hilo de fibras de refuerzo.

[0028] Además, también puede emplearse una estructura en la cual se disponen hilos espaciadores como los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre. Puede emplearse una estructura en la cual el hilo espaciador está formado como un hilo en el que al menos dos hebras estén tranzadas de modo que la superficie del hilo tenga una forma cóncava/convexa. Además, puede emplearse una estructura en la cual el hilo espaciador se forma como un hilo recubierto o un hilo de fibra de vidrio. Como hilo espaciador, se prefiere que la proporción de anchura máxima de hilo a anchura mínima de hilo del hilo espaciador sea de 1,2 o más.

[0029] Además, puede emplearse una estructura en la cual la estructura tiene un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre formado por hilos auxiliares que se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, se dispone un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en cada superficie del sustrato, y el sustrato se forma como una tela tejida no fruncida unidireccional cuya estructura de tejido está formada por hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre e hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama.

[0030] En dichas realizaciones, se prefiere que el hueco medio entre los hilos de fibras de refuerzo adyacentes esté en el intervalo de 0,1 a 1 mm.

[0031] Además, puede emplearse una estructura en la cual el sustrato se forma por el grupo de hilos de fibras de refuerzo y el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en la que los hilos auxiliares continuos se extienden en una dirección transversal a los hilos de fibras de refuerzo, y el peso por unidad de área del grupo de hilos de fibras de refuerzo está en el intervalo de 100 a 400 g/m², y el peso por unidad de área del grupo de hilos auxiliares

en la dirección de la trama es del 0,7% o menos del peso por unidad de área del grupo de hilos de fibras de refuerzo.

[0032] Además, puede emplearse una estructura en la cual el sustrato se forma por el grupo de hilos de fibras de refuerzo y el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre en la que los hilos auxiliares continuos se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, y el peso por unidad de área del grupo de hilos de fibras de refuerzo está en el intervalo de 100 a 400 g/m², y el peso por unidad de área del grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es del 12% o menos del peso por unidad de área del grupo de hilos de fibras de refuerzo.

[0033] En realizaciones adicionales de la presente invención, puede emplearse una estructura en la cual el material de resina está tachonado sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, el diámetro medio del material de resina tachonado sobre la superficie del sustrato de fibras de refuerzo, visto en el plano, es de 1 mm o menos, y la altura media del material de resina tachonado desde la superficie de sustrato de fibras de refuerzo está en un intervalo de 5 a 250 µm. Además, puede emplearse una estructura en la cual el material de resina se adhiere al sustrato de fibras de refuerzo en un estado fibroso.

[0034] Además, puede emplearse una estructura en la cual el material de resina se extiende en una dirección casi perpendicular a la dirección de extensión de los hilos de fibras de refuerzo y el material de resina se adhiere con un hueco entre sí.

[0035] Además, se prefiere realizar un tratamiento de dimensionado (recopilación) sobre los hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre.

[0036] En los sustratos de fibras de refuerzo descritos anteriormente según el primer aspecto, el constituyente principal del hilo auxiliar o el material de resina puede ser al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polieterimida, polietersulfona, policetona, polieteretercetona, fenol, polisulfona, polifeniléneter, poliimida, poliamidaimida y fenoxi.

[0037] Además, se prefiere que, cuando se moldea un material compuesto usando el sustrato de fibras de refuerzo y se observa la sección del material compuesto perpendicular a una dirección de extensión de los hilos de fibras de refuerzo, la tasa t_e/t_c del grosor de un hilo de fibras de refuerzo t_e en una parte final en la dirección de la anchura del hilo de fibras de refuerzo a un grosor de un hilo de fibras de refuerzo t_c en una parte central en la dirección de la anchura del hilo de fibras de refuerzo está en un intervalo de 0,3 a 1.

[0038] Además se prefiere que, cuando se moldea un material compuesto que tiene una fracción volumétrica de las fibras de refuerzo del 53 al 65%, el material compuesto satisface al menos dos de las siguientes propiedades (a) a (d):

- (a) una resistencia a compresión a temperatura ambiente después de impacto a una energía de impacto de 6,67 J/mm determinada por un método definido en SACMA-SRM-2R-94 que es de 240 MPa o mayor;
- (b) una resistencia a compresión sin agujero a temperatura ambiente usando un laminado que tiene una estructura de laminación definida en SACMA-SRM-3R-94 que es de 500 MPa o mayor;
- (c) una resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente determinada por un método definido en SACMA-SRM-1R-94 que es de 1.350 MPa o mayor, y una resistencia a compresión a 0° a una temperatura elevada después de acondicionamiento en caliente/húmedo determinado por el método que es de 1.100 MPa o mayor; y (d) una resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente determinada por un método definido en SACMA-SRM-3R-94 que es de 270 MPa o mayor, y una resistencia a compresión con agujero a una temperatura elevada después de acondicionamiento en caliente/húmedo determinado por el método que es de 215 MPa o mayor.

[0039] Los sustratos de fibras de refuerzo descritos anteriormente según el primer aspecto son preferentemente sustratos de fibras de refuerzo usados para el moldeo por inyección asistido por vacío. Concretamente, el sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención es de excelentes propiedades de manipulación en un estado seco, y como puede mostrar propiedades mecánicas elevadas incluso en un material compuesto moldeado por moldeo por inyección asistido por vacío tal como RTM (Moldeo por Transferencia de Resina), RFI (Infusión de Película de Resina), RIM (Moldeo por Inyección de Resina), RTM asistido por vacío, etc. descritos posteriormente, se prefiere moldear un material compuesto a partir del sustrato a través de dicho moldeo por inyección en vacío.

[0040] Además, los sustratos de fibras de refuerzo según la presente invención pueden usarse para la formación de una preforma en la cual se apila e integra una pluralidad de sustratos.

[0041] Además, en el material compuesto según la presente invención, se prefiere que una ondulación máxima en sección transversal de una capa de un sustrato de fibras de refuerzo en una sección del material de compuesto sea de 0,3 mm o menor. La ondulación máxima en sección transversal en la presente invención indica una diferencia entre la posición más elevada y la posición más baja de la capa del sustrato a determinar en la sección del material

compuesto cortado en paralelo a la capa de sustrato a determinar. Donde, en el muestreo para la determinación, se usa un valor medio de cuatro mediciones en la sección de 150 mm de longitud arbitrariamente seleccionada.

[0042] Además, en el material compuesto según la presente invención, se prefiere que se proporcionen hilos auxiliares en la dirección de la trama que se extienden en una dirección transversal a los hilos de fibras de refuerzo, y el área en sección transversal de los hilos auxiliares en la dirección de la trama sea de 1/50 o menos del área en sección transversal de los hilos de fibras de refuerzo. Concretamente, para mostrar elevadas propiedades mecánicas, el área en sección transversal de los hilos auxiliares en la dirección de la trama sea de 1/50 o menos del área en sección transversal de los hilos de fibras de refuerzo. Si el área seccionada es mayor que el valor descrito anteriormente, es de temer que se induzcan frunces de los hilos de fibras de refuerzo y no se muestren propiedades mecánicas elevadas. Donde el área en sección transversal indica un área seccionada de un hilo observado en una sección perpendicular a la dirección de disposición del hilo, y en un caso en que el hilo está formado por tres o más fibras individuales, indica un área de una región formada por la conexión de los centros de las fibras individuales más externas del hilo por líneas rectas. En un caso en que el hilo se forma por dos o menos fibras individuales, indica la suma de las áreas seccionadas de las fibras individuales.

[0043] El material compuesto según la presente invención se usa, por ejemplo, como elemento estructural para aviones, vehículos o barcos.

[0044] En un método para producir un sustrato de fibras de refuerzo, el sustrato de fibras de refuerzo se forma por al menos hilos de fibras de refuerzo dispuestos en paralelo entre sí en una dirección e incluye un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, proporcionada del 2 al 15% en peso al menos en una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, comprendiendo el método las etapas de:

- (A) una etapa de estirado para estirar los hilos de fibras de refuerzo;
- (B) una etapa de formación de sustrato para formar una forma de sustrato;
- (C) una etapa de prensado para prensar el sustrato y controlar el grosor del sustrato de modo que la fracción volumétrica V_{pf} de las fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, esté en el intervalo del 40 al 60%;
- (D) una etapa de enfriamiento para enfriar el sustrato y fijar el material de resina; y
- (E) una etapa de bobinado para bobinar el sustrato.

[0045] En la etapa de enfriamiento descrita anteriormente, el sustrato se enfría a una temperatura de un punto de partida de fluidización del material de resina o la temperatura de transición vítrea o inferior. Como el material de resina se solidifica rápidamente a través de dicha etapa de enfriamiento en comparación con un enfriamiento natural, el sustrato prensado en la etapa de prensado se fija por el material de resina, y puede minimizarse el repliegue de los hilos de fibras de refuerzo.

[0046] En el sustrato de fibras de refuerzo formado en la etapa de formación del sustrato descrita anteriormente, se prefiere que la fracción volumétrica V_{pf} de las fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, sea del 40% o menos. Además, la etapa de prensado descrita anteriormente comprende, por ejemplo, una etapa en la que el grosor del sustrato se reduce por aplicación continua de una presión al sustrato mediante un rodillo. Además, en la etapa de prensado, el grosor del sustrato puede reducirse aplicando de forma discontinua una presión al sustrato mediante una placa.

[0047] Además, en la etapa de prensado descrita anteriormente, se prefiere que la superficie de un rodillo o una lámina antiadherente puesta directamente en contacto con el sustrato tenga una forma cóncava/convexa de 5 a 500 μm . Proporcionando dicha forma cóncava/convexa, el sustrato puede transportarse en la dirección del bobinado mientras se prensa el sustrato. Preferentemente puede obtenerse una ventaja inesperada de que la forma cóncava/convexa se transfiera al sustrato y la forma cóncava/convexa transferida se convierta en un paso de resina de una matriz de resina en un moldeo por inyección asistido por vacío descrito posteriormente. Además, mediante dicha forma cóncava/convexa, incluso si hay una ligera diferencia en la longitud de los hilos entre los hilos de fibras de refuerzo respectivos en el sustrato, el sustrato puede enviarse de forma continua a la siguiente etapa mientras se mantiene el estado, y la diferencia en la longitud de los hilos no se acumula en la etapa de prensado. Concretamente, cuando el sustrato se prensa simplemente por un rodillo plano, la diferencia en la longitud de los hilos puede acumularse en la etapa de prensado, finalmente la diferencia acumulada puede formar un mal alineamiento de un hilo, y puede enviarse a la siguiente etapa paso a paso. Este mal alineamiento se convierte en un gran defecto en el sustrato, e induce una gran deficiencia con respecto a las propiedades mecánicas. Aquí, una forma cóncava/convexa preferible está en el intervalo de 10 a 250 μm , más preferentemente en un intervalo de 15 a 100 μm .

[0048] Un método para producir un material compuesto comprende las etapas de:

- preparar un sustrato de fibras de refuerzo, formado por al menos hilos de fibras de refuerzo dispuestos en paralelo entre sí en una dirección e incluyendo un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, proporcionada del 2 al 15% en peso al menos en una superficie del sustrato de fibras de

refuerzo, por un método que comprende las etapas de:

- (A) una etapa de estirado para estirar los hilos de fibras de refuerzo;
- (B) una etapa de formación de sustrato para formar una forma de sustrato;
- (C) una etapa de prensado para prensar el sustrato y controlar el grosor del sustrato de modo que la fracción volumétrica V_{pf} de las fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, esté en el intervalo del 40 al 60%;
- (D) una etapa de enfriamiento para enfriar el sustrato y fijar el material de resina; y
- (E) una etapa de bobinado para bobinar el sustrato;

moldear un material compuesto, cuya fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del material compuesto está en el intervalo del 50 al 65%, colocando el sustrato de fibras de refuerzo preparado en una cavidad formada por un molde y un material de bolsa e impregnando una resina en el sustrato reduciendo la presión en la cavidad.

[0049] En este método, se prefiere que el material compuesto se moldee de modo que la ondulación máxima en sección transversal de una capa de un sustrato de fibras de refuerzo en una sección del material compuesto sea de 0,3 mm o menos.

[0050] En realizaciones de sustrato de fibras de refuerzo, como la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo está controlada a un valor óptimo, puede obtenerse un sustrato de fibras de refuerzo para obtener un material compuesto de excelentes propiedades mecánicas particularmente tales como resistencia a compresión después de impacto a temperatura ambiente (CAI), resistencia a compresión sin agujero a temperatura ambiente (NHC), resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente (CS) y resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente (OHC).

[0051] Además, en el sustrato de fibras de refuerzo según el primer aspecto, la propiedad de impregnado de una resina de matriz es buena, y no solamente puede obtenerse un material compuesto de excelentes propiedades mecánicas particularmente tales como resistencia a compresión después de aplicarse con un impacto o después de un acondicionamiento en caliente/húmedo a una elevada productividad, sino también un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional de excelente estabilidad de formación y propiedad de manipulación tal como la propiedad adherente en el momento de depositarla (laminación), y puede obtenerse un material compuesto moldeado por impregnado de una resina de matriz en dicho sustrato de fibras de refuerzo unidireccional.

[0052] En el sustrato de fibras de refuerzo según algunas realizaciones, se disponen hilos espaciadores que tienen superficies cóncavas/convexas entre los hilos de fibras de refuerzo, se forma un paso para una resina líquida en la dirección del grosor del sustrato mediante la parte cóncava de la superficie del hilo espaciador, e incluso si los sustratos se laminan a un grosor mayor, se muestra una excelente propiedad de impregnado de resina, y por lo tanto, puede obtenerse un material compuesto de alta calidad. Además, como existen hilos espaciadores entre los hilos de fibras de refuerzo, casi no hay diferencia en el grosor entre la parte del hilo de fibras de refuerzo y la parte entre los hilos de fibras de refuerzo y el sustrato puede tener un grosor uniforme, e incluso en laminación, las capas respectivas no se doblan (ondulan), y por lo tanto, puede obtenerse un material compuesto que muestra elevadas propiedades mecánicas. Además, como el material de resina se adhiere al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, el sustrato puede estabilizarse mediante el efecto de unión debido al material de resina, y puede realizarse fácilmente una integración para formar una preforma. Además, la parte entre las capas en la preforma pueden llenarse con el material de resina, y puede obtenerse un material compuesto que tenga una elevada dureza entre las láminas.

[0053] El material compuesto obtenido de este modo es adecuado para diversos campos amplios incluyendo elementos estructurales, partes interiores o partes exteriores para equipos de transporte tales como aviones, vehículos y barcos y otros diversos cuerpos, y en particular, adecuado para elementos estructurales para aviones.

[0054] Se comprenderán objetos, características y ventajas adicionales de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a las figuras adjuntas.

[0055] Se describen ahora las realizaciones de la invención con referencia a las figuras adjuntas, que se dan solamente a modo de ejemplo, y no pretenden limitar la presente invención.

La Fig. 1 es una vista en sección de un material compuesto para explicar una ondulación máxima de sección transversal de un sustrato en una sección del material compuesto usado en la presente invención.

La Fig. 2 es una vista esquemática en planta de un sustrato de fibras de refuerzo según una realización de la presente invención.

La Fig. 3 es una vista esquemática en sección vertical de un sustrato de fibras de refuerzo según otra realización de la presente invención.

La Fig. 4 es una vista esquemática en perspectiva de un ejemplo de una tela usada para un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 5 es una vista esquemática en perspectiva de otro ejemplo de una tela usada para un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 6 es una vista esquemática en perspectiva de un aeroplano que muestra un ejemplo de partes a aplicar con un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 7 es una vista esquemática en perspectiva de un elemento estructural que muestra otro ejemplo a aplicar con un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 8 es una vista esquemática en planta de un sustrato de fibras de refuerzo según una realización adicional de la presente invención.

La Fig. 9 es una vista esquemática en planta de un sustrato de fibras de refuerzo según otra realización adicional de la presente invención.

La Fig. 10 es una vista esquemática en planta de un sustrato de fibras de refuerzo que no menciona la presente invención.

La Fig. 11 es una vista esquemática en planta de un sustrato de fibras de refuerzo que no menciona la presente invención.

La Fig. 12 es una vista en planta de un ejemplo de un hilo espaciador usado para un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 13 es una vista en planta de un ejemplo de un laminado de sustratos de fibras de refuerzo según la presente invención.

La Fig. 14 es una vista esquemática en sección vertical de un ejemplo de un aparato para moldear un material compuesto usando un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención.

[0056] A partir de ahora en la presente memoria, se explicará en mayor detalle la presente invención junto con las realizaciones deseables.

[0057] Primero, se explicará un ejemplo de un sustrato de fibras de refuerzo y de un compuesto fabricado a partir del mismo. El sustrato de fibras de refuerzo según este ejemplo es un sustrato de fibras de refuerzo formado por al menos un grupo de hilos de fibras de refuerzo dispuesto con hilos de fibras de refuerzo continuos en paralelo entre sí en una dirección, y en el sustrato, un material de resina cuyo principal constituyente es una resina termoplástica que se proporciona del 2 al 15% en peso al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, y la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, está en el intervalo del 40 al 60%.

[0058] Aquí, el grosor del sustrato de fibras de refuerzo determinado en base a JIS-R7602 indica un grosor determinado basado en los "Métodos de Ensayo para Telas Tejidas de Fibra de Carbono" descritos en JIS-R7602. Concretamente, se coloca un sustrato en un bloque a nivel, y sobre el mismo, se aplica una carga de 510 gf (50 kPa) mediante una placa circular de 1 cm² (placa de prensado) y ese estado se mantiene durante al menos 20 segundos, se mide el hueco entre el bloque a nivel y la placa circular con un comparador de cuadrante hasta dos unidades desde un punto decimal con una unidad de milímetros. Como sustrato que sirve para la determinación, se usa un sustrato que expira al menos 24 horas después de la producción y cuya cantidad de repliegue está sustancialmente saturada.

[0059] El sustrato de fibras de refuerzo descrito anteriormente tiene un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, del 2 al 15% en peso al menos sobre una superficie del sustrato, preferentemente del 6 a 14% en peso, más preferentemente del 8 al 13% en peso. Proporcionando el material de resina en dicho intervalo, puede obtenerse una elevada estabilidad de formación adicional del sustrato. Además, cuando se apilan los sustratos, se proporciona una propiedad adherente (propiedad adhesiva) entre los sustratos y una rigidez apropiada del sustrato. Como resultado, puede obtenerse un sustrato de fibras de refuerzo de excelente estabilidad de formación, fácil de laminar y capaz de automatizarse. Dichas propiedades son difíciles de mostrar en una cantidad menor del 2% en peso.

[0060] Además, el material de resina que se adhiere a al menos una superficie del sustrato con la cantidad descrita anteriormente funciona como tope de agrietamiento en un material compuesto que se obtiene por laminado de los sustratos de fibras de refuerzo. En particular, cuando el material compuesto se aplica con un impacto, el material de resina funciona suprimiendo los daños, y proporciona excelentes propiedades mecánicas (particularmente, resistencia a compresión después de impacto) al material compuesto, y puede mostrar el llamado efecto de endurecimiento entre láminas. Incluso si el material de resina se adhiere a una parte salvo la superficie, funciona liberando la tensión residual interior en el material compuesto, y contribuye a aumentar las propiedades mecánicas.

[0061] Cuando se laminan los sustratos, además de dicho efecto de aumento de la rigidez, el material de resina adherido sobre la superficie se convierte en un espaciador, y se forma un espacio entre las capas de sustrato adyacentes en la dirección del grosor. Cuando se moldea un material compuesto por moldeado por inyección de resina, dicho espacio funciona como un paso de flujo de una resina de matriz, y muestra un efecto de formación de paso de flujo en una parte entre las capas. Mediante este efecto, no solamente se facilita el impregnado de la matriz

sino que también la velocidad de impregnado llega a ser elevada.

[0062] Si la cantidad de material de resina es de más del 15% en peso, no solamente es difícil controlar la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo descrita posteriormente en el intervalo del 40 al 60%, sino que también llega a ser demasiado baja la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo, cuando se moldea un material compuesto. Además, el material de resina probablemente rompa el paso de flujo de resina, y puede darse el caso de obstrucción del impregnado de resina.

[0063] Aunque dicho material de resina se adhiere a al menos una superficie del sustrato, puede adherirse a ambas superficies del sustrato. El primer estilo es preferible para producir el sustrato de fibras de refuerzo de forma más barata. En un caso en que se pretenda que el sustrato de fibras de refuerzo se use sin discriminar la superficie y la superficie posterior del sustrato, se prefiere el segundo estilo. Ambos estilos pueden seleccionarse dependiendo del uso. Además, aunque el material de resina puede adherirse en el interior del hilo de fibras de refuerzo (entre las fibras individuales de refuerzo), como el efecto descrito anteriormente para reforzar una parte entre las capas y el efecto para formar un paso de flujo en una parte entre las capas se muestra de forma remarcada particularmente por adhesión de la resina sobre la superficie, se prefiere que el material de resina exista sustancialmente sólo sobre la superficie del sustrato. Mediante dicha adhesión solamente en la superficie del sustrato, puede minimizarse la cantidad de adhesión del material de resina.

[0064] Otra característica del sustrato de fibras de refuerzo según realizaciones de la presente invención es que la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del sustrato de fibras de refuerzo, que se determina en base a JIS-R7602, está en el intervalo del 40 al 60%, preferentemente en el intervalo del 43 al 58%, más preferentemente en el intervalo del 52 al 56%.

[0065] Si la fracción volumétrica V_{pf} de las fibras de refuerzo es menor del 40%, particularmente en moldeo por inyección asistido por vacío donde se impregna una resina de matriz por una presión de vacío, como no se aplica una presión mayor de la presión atmosférica en el momento del moldeo, la masa del sustrato de fibras de refuerzo, es decir, la fracción volumétrica V_{pf} de las fibras de refuerzo no puede controlarse dentro de un intervalo deseable, y por lo tanto, no solamente la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo de un material compuesto a obtener tampoco puede controlarse en un intervalo del 50 al 65% óptimo para las propiedades mecánicas, sino que tampoco puede obtenerse un material compuesto que tenga una dimensión deseable. Además, la capa del sustrato en el material compuesto se ondula, y las propiedades mecánicas del material compuesto obtenido, particularmente, la resistencia a compresión, está remarcadamente reducida. Dichos problemas son particularmente remarcables un caso de laminación en estilo oblicuo (por ejemplo, laminado cuasi-isotrópico) en cuanto a la estructura de laminación del sustrato, y en cuanto al moldeo, son particularmente remarcables en un caso en el que se usa uno de un molde macho y un molde hembra y se usa una material de bolsa flexible como el otro. Concretamente, no puede obtenerse un material compuesto de excelentes propiedades mecánicas y capaz de mostrar un elevado efecto de reducción de peso. Además, como la masa del sustrato es elevada y la planicidad es mala, cuando se automatiza la laminación de los sustratos, tanto el grosor como la dirección de la superficie plana no pueden situarse de forma precisa, y llega a ser difícil la laminación estable automática.

[0066] Por otro lado, si la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo es mayor del 60%, en un caso de moldeo por inyección, como resultado de una carga demasiado densa de las fibras de refuerzo se obstruye el flujo de una resina de matriz, la propiedad de impregnado se deteriora, y solamente puede obtenerse un material compuesto que tiene una parte no impregnada (causando privación de resina de matriz) y malas propiedades mecánicas.

[0067] Controlando la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo dentro del intervalo del 40 al 60%, llega a ser posible controlar la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo y la dimensión de un material compuesto a obtener estrictamente en intervalos deseables y mostrar elevadas propiedades mecánicas. Concretamente, el objeto de la presente invención puede conseguirse solamente cuando la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo, que tiene un material de resina cuyo principal constituyente es una resina termoplástica del 2 al 15% en peso al menos sobre una superficie del sustrato, está en el intervalo del 40 al 60%. En la presente invención, como el material de resina es una resina termoplástica, la retención de las fibras de refuerzo debido al material de resina puede liberarse una vez se calienta el sustrato de fibras de refuerzo, los hilos de fibras de refuerzo y finalmente las fibras individuales de las fibras de refuerzo pueden cargarse en un intervalo deseable, y pueden restringirse a dicho nivel de carga por enfriamiento. Mediante este mecanismo, la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo en el sustrato de fibras de refuerzo puede controlarse dentro del intervalo descrito anteriormente.

[0068] En la presente invención, la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo en un sustrato de fibras de refuerzo indica un valor calculado a partir de la siguiente ecuación (unidad: %). Donde un sustrato de fibras de refuerzo que sirve para la determinación es un sustrato que expira a las 24 horas después de su producción y cuya cantidad de pliegue está sustancialmente saturada.

$$V_{pf} = W1 / (\rho \times T1 \times 10) \quad (\%)$$

W1: peso por unidad de área de las fibras de refuerzo por 1 m² de sustrato de fibras de refuerzo (g/m²)

p: densidad de las fibras de refuerzo (g/cm^3)

T1: grosor del sustrato de fibras de refuerzo determinado en base a JIS-R7602 (mm)

[0069] Aquí, como material de resina, por ejemplo, es preferible un material que tenga una forma tal como un material tipo polvo y que no cubra la superficie completa del sustrato. En particular, se prefiere una formación tachonada desde el punto de vista de que la propiedad de impregnado de una resina de matriz es excelente, que la fracción volumétrica de las fibras de refuerzo de un material compuesto a moldear puede aumentarse, y que la dispersión del componente húmedo del material de resina puede minimizarse.

[0070] En el material de resina que tiene dicha formación tachonada, se prefiere que el diámetro medio de los puntos (diámetro corto medio en el caso de un óvalo) observado desde la superficie del sustrato sea de 1 mm (1.000 μm) o menos, particularmente en un intervalo de 10 a 1.000 μm , más preferentemente en un intervalo de 20 a 500 μm , y aún más preferentemente en un intervalo de 50 a 250 μm . Si es menor de 10 μm , puede darse el caso de que la propiedad de impregnado se dañe tal como un caso en que el material de resina con forma tachonada entra en una parte entre las fibras individuales. Si es mayor a 1.000 μm , puede darse el caso en que se reduzca la uniformidad del estado de dispersión del material de resina. Además, si la cantidad de forma cóncava/convexa del material de resina adherido a la superficie del sustrato en una dirección perpendicular a la superficie del sustrato es demasiado grande, probablemente se ondula el hilo de fibras de refuerzo adyacente en la dirección del grosor. Desde dicho punto de vista, el grosor medio (una altura media) del material de resina tachonado desde la superficie del sustrato está preferentemente en un intervalo de 5 a 250 μm , más preferentemente en un intervalo de 5 a 100 μm , y aún más preferentemente en un intervalo de 10 a 80 μm .

[0071] El principal constituyente del material de resina, concretamente, el constituyente de más del 50% en peso del material de resina (preferentemente, del 60 al 100% en peso) es una resina termoplástica que muestra el efecto descrito anteriormente para reforzar una parte entre las capas. Según sea necesario, puede combinarse una pequeña cantidad de sub-componente tal como un espesante o plastificante, y puede controlarse la temperatura de transición vítrea a una temperatura en un intervalo de 0 a 150°C, preferentemente en un intervalo de 30 a 100°C. Si dicho sub-componente es uno similar a o que se parece a una resina de matriz, existe la ventaja de que la propiedad adhesiva y la compatibilidad con la resina de matriz sean excelentes. Dicha resina termoplástica es preferentemente al menos un compuesto seleccionado entre el grupo que consiste en, por ejemplo, poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polieterimida, polietersulfona, policetona, polieteretercetona, fenol, polisulfona, polifeniléneter, poliimida, poliamidaimida y fenoxi. Entre estos compuesto, es particularmente preferido al menos un compuesto seleccionado entre poliamida, polieterimida, polifeniléneter y polietersulfona.

[0072] En el sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención, se disponen hilos de fibras de refuerzo continuas en paralelo entre sí y se disponen al menos en una dirección para formar un grupo de hilos de fibras de refuerzo. Según sea necesario, la disposición de los hilos de fibras de refuerzo puede ser en dos o más direcciones. Concretamente, puede estar disponible cualquiera de un sustrato unidireccional, sustrato bidireccional y sustrato multidireccional. El estilo de estos sustratos de fibras de refuerzo puede ser cualquiera de, por ejemplo, una estructura tejida, una estructura tricotada o una lámina no tejida, y una combinación de las mismas. Entre éstos, para obtener un material compuesto capaz de aplicarse a un elemento estructural primario de aviones, etc. que requiera un excelente efecto de reducción de peso y propiedades mecánicas remarcadamente elevadas, el sustrato es preferentemente un sustrato unidireccional en el que los hilos de fibras de refuerzo están dispuestos solamente en una dirección.

[0073] Como dicho sustrato unidireccional, se prefiere un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional en el cual el rendimiento del hilo de fibras de refuerzo está en un intervalo de 350 a 3.500 tex, la cantidad de filamentos del hilo de fibras de refuerzo está en un intervalo de 6.000 a 50.000, el sustrato está formado por el grupo de hilos de fibras de refuerzo y un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en la que los hilos auxiliares continuos se extienden en una dirección transversal a los hilos de fibras de refuerzo, y el peso por unidad de área de los hilos de fibras de refuerzo está en un intervalo de 120 a 320 g/m^2 . Si el peso por unidad de área es menor de 120 g/m^2 , como los hilos de fibras de refuerzo en el sustrato son demasiado gruesos y se forman muchas partes ricas en resina, no solamente las propiedades mecánicas son malas, sino que también puede darse el caso de una mala propiedad de manipulación para el sustrato. Por otro lado, si el peso por unidad de área es mayor de 320 g/m^2 , como los hilos de fibras de refuerzo están dispuestos demasiado densamente, no solamente la propiedad de impregnado de la resina llega a ser mala, sino que también en un material compuesto formado por laminado de una pluralidad de sustratos, puede darse el caso en que una capa llegue a ser demasiado espesa (el espacio entre las capas llega a ser demasiado pequeño y la cantidad de espacio entre láminas llega a ser demasiado pequeño), existe una concentración destacada entre las láminas y las propiedades mecánicas del material compuesto llegan a ser malas.

[0074] Además, los hilos auxiliares continuos forman un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama extendiéndose a través los hilos de fibras de refuerzo, concretamente, extendiéndose en una dirección perpendicular a los hilos de fibras de refuerzo, o extendiéndose en una dirección a través de la dirección oblicua con relación a los hilos de fibras de refuerzo. La estabilidad de formación del sustrato de fibras de refuerzo se mejora por un estado en que los hilos auxiliares cruzan los hilos de fibras de refuerzo y mantienen el sustrato en una dirección excepto en la dirección dispuesta con los hilos de fibras de refuerzo.

[0075] El estilo de dicho sustrato de fibras de refuerzo unidireccional puede ser, por ejemplo, una estructura tejida o estructura no tejida en la cual los hilos auxiliares continuos están dispuestos en paralelo entre sí y dispuestos en una dirección, o puede ser una estructura tricotada en la cual los hilos auxiliares están dispuestos en un estilo de tricotado de la urdimbre (por ejemplo, estructura de tricotado de hilo tricot 1/1, un tricotado en estilo hueco de una estructura de tricotado en cadena e hilos de inserción, etc.) o un estilo de tricotado en la trama. Además, puede emplearse una lámina en la cual se une un material tipo lámina de fibras auxiliares continuas o discontinuas (una tela no tejida, una estera, un sustrato formado por hilados, malla, etc.) y se integra por puntadas o pegado (químico, térmico, etc.). Entre estos, una tela tejida unidireccional, que es una estructura de tejido, es de excelente en la rectilineidad del hilo de fibras de refuerzo, en la propiedad de impregnado de la resina de matriz, en la estabilidad de producción del sustrato y en la estabilidad dimensional del sustrato, y es una formación de sustrato preferida en la presente invención.

[0076] Aquí, el rendimiento de los hilos auxiliares afecta enormemente a las propiedades mecánicas, particularmente, la propiedad de compresión, inesperadamente. Así, el rendimiento de los hilos auxiliares ($Ta1$) que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en la presente invención es del 1% o menos del rendimiento de los hilos de fibras de refuerzo (Tc), es decir, $(Ta1 \times 100)/Tc \leq 1$. Más preferentemente es del 0,7% o menos, y aun más preferentemente es del 0,5% o menos. Aunque dicha proporción no tiene particularmente un límite inferior, es generalmente del 0,01% o más desde el punto de vista de la estabilidad de formación o la producción estable del sustrato.

[0077] Como dichos hilos auxiliares están dispuestos a través de los hilos de fibras de refuerzo, inevitablemente se forman cruces. Si $Ta1$ es mayor del 1% de Tc , en dichos cruces, los hilos auxiliares fruncen los hilos de fibras de refuerzo en la dirección del grosor, y la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo puede dañarse, además, mediante la formación de dichos frunces, difícilmente se obtiene un material compuesto excelente en propiedades mecánicas, particularmente en la propiedad de compresión. Si $Ta1$ está dentro del intervalo descrito anteriormente, aunque se formen ligeramente frunces en los hilos de fibras de refuerzo, no aumentan a un grado que afecte a la rectilineidad, se suprime la reducción de las propiedades mecánicas aun nivel desechable, y puede obtenerse un material compuesto que muestre propiedades mecánicas extremadamente elevadas teniendo al mismo tiempo una elevada fracción volumétrica de fibras de refuerzo.

[0078] Como dicha tela tejida unidireccional, puede plantearse una tela tejida, en la cual un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama está dispuesto sobre cada superficie del sustrato, formando los hilos auxiliares el grupo de hilos auxiliares y formando los hilos de fibras de refuerzo el grupo de hilos de fibras de refuerzo que forman una estructura de tejido (un tejido liso, un tejido asargado, un tejido satinado, etc.).

[0079] En este caso, para minimizar el efecto debido a los cruces con los hilos de fibras de refuerzo, el valor de los extremos de los hilos auxiliares continuos en la dirección de la trama está preferentemente en un intervalo de 0,3 a 6 hilos/cm, más preferentemente en un intervalo de 1 a 4 hilos/cm.

[0080] Como realización más preferible, se plantea una tela tejida sin frunces en la cual se proporciona un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre formado por hilos auxiliares continuos que se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, se dispone un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama en cada superficie del sustrato, formando los hilos auxiliares el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre y formando los hilos auxiliares el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama que forman una estructura de tejido y sostienen los hilos de fibras de refuerzo de forma integral.

[0081] En una tela tejida sin frunces usando dicho grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, como los huecos entre los hilos de fibras de refuerzo se entierran con los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre y la formación cóncava/convexa del sustrato puede aplanarse, se suprime la ondulación de las capas de sustrato laminadas en un material compuesto, y pueden mostrarse propiedades mecánicas más elevadas. Además, puede suprimirse la alteración de los hilos de fibras de refuerzo en los cruces con los hilos auxiliares, y puede esperarse una función tipo guía para mantener la rectilineidad de las mismas. Mediante dicho efecto, puede obtenerse un material compuesto extremadamente excelente en propiedades mecánicas, por ejemplo, a un nivel necesario para un elemento estructural primario de aviones.

[0082] Aquí, como hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, pueden usarse preferentemente fibras de carbono o fibras de vidrio, con una elevada elongación por tensión a rotura, sustancialmente sin contracción térmica, y de excelente rendimiento en la alineación de los hilos, resistencia contra la absorción de humedad y equilibrio de costes.

[0083] Como hilo de fibras de refuerzo usado en la presente invención, como se ha mencionado anteriormente, el rendimiento está preferentemente en un intervalo de 350 a 3.500 tex, y la cantidad de filamentos está preferentemente en un intervalo de 6.000 a 50.000. Más preferentemente, el rendimiento está en un intervalo de 400 a 1.800 tex, y la cantidad de filamentos está en un intervalo de 12.000 a 38.000. Si el rendimiento es menor de 350 tex o la cantidad de filamentos es menor de 6.000, el hilo de fibras de refuerzo llega a ser caro, y puede atenuarse el

significado de la presente invención de mostrar ventajas por moldeo por inyección de excelente productividad. Por otro lado, si el rendimiento es mayor de 3.500 tex o la cantidad de filamentos es mayor de 50.000, la mala alineación de las fibras individuales (filamentos) en el hilo de fibras de refuerzo llega a ser muy grande, y puede darse el caso de una mala propiedad de impregnado. Además, dicho hilo de fibras de refuerzo es preferentemente un hilo no retorcido para mostrar una elevada fracción volumétrica de fibras de refuerzo y elevadas propiedades mecánicas de un material compuesto.

[0084] Aunque el tipo de hilo de fibras de refuerzo usado en la presente invención no está particularmente restringido, pueden emplearse, por ejemplo, fibra de carbono, fibra de vidrio, fibra orgánica (por ejemplo, fibra de aramida, fibra de poliparafenilen-benzo-bisoxazol, fibra de fenol, fibra de polietileno, fibra de poli(alcohol vinílico), etc.), fibra metálica o fibra cerámica, o una combinación de las mismas. Como la fibra de carbono es de excelente resistencia específica y modulo elástico específico y de excelente resistencia contra la absorción de humedad, puede usarse preferentemente como hilo de fibras de refuerzo para elementos estructurales de aviones y vehículos.

[0085] En el sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención se prefiere que, cuando se moldea un material compuesto y se observa la sección del material compuesto perpendicular a una dirección de extensión de los hilos de fibras de refuerzo, la tasa t_e/t_c de un grosor de un hilo de fibras de refuerzo t_e a una parte final de la dirección de la anchura del hilo de fibras de refuerzo t_c en una parte central en la dirección de la anchura del hilo de fibras de refuerzo esté en un intervalo de 0,3 a 1. Si la tasa está fuera del intervalo, la situación indica que el sustrato de fibras de refuerzo es sustancialmente no plano, y puede darse el caso en que el objeto de la presente invención, que es una ondulación de la capa de sustrato en un material compuesto que causa la reducción de las propiedades mecánicas, no se resuelva. Cuando la anchura del hilo de fibras de refuerzo se menciona como W y un cabo del hilo de fibras de refuerzo se menciona como O , la "parte central" descrita anteriormente indica una posición de $0,5W$ en la dirección de la anchura. La "parte final" descrita anteriormente indica posiciones tanto de $0,1W$ y $0,9W$, y el "grosor de un hilo de fibras de refuerzo t_e a una parte final" es un valor promedio del grosor a $0,1W$ y el grosor a $0,9W$.

[0086] En el sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención, para obtener un material compuesto que tenga elevadas propiedades mecánicas, es extremadamente importante la propiedad adhesiva entre los hilos auxiliares en la dirección de la trama y la resina de matriz, y cuanto mayor sea la propiedad adhesiva, contribuirá a mostrar excelentes propiedades mecánicas. Como índices que afectan directamente a dicha propiedad adhesiva, se prefiere que, en un compuesto obtenido por un método de moldeo descrito en los ejemplos de la presente invención, la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo esté en un intervalo del 53 al 65%, y la propiedad del material compuesto satisfaga al menos dos de los siguientes factores (a) a (d). Más preferentemente, se satisfacen todos los factores (a) a (d). En dicho caso, puede conseguirse una excelente propiedad adhesiva. Concretamente, estos factores son las propiedades más importantes entre las propiedades mecánicas en la presente invención. Donde SACMA es una abreviatura de Asociación de Suministradores de Materiales Compuestos Avanzados.

Factor (a): una resistencia a compresión a temperatura ambiente después de impacto a una energía de impacto de 6,67 J/mm (CAI) que es de 240 MPa o mayor. Esta CAI se determina en estado seco en base a SACMA-SRM-2R-94.

Factor (b): una resistencia a compresión sin agujero a temperatura ambiente (NHC/RT) que es de 500 MPa o mayor. Esta NHC/RT usa un laminado que tiene una estructura de laminación definida en SACMA-SRM-3R-94 que está cortado a una anchura de 25,4 mm y una longitud de 105,4 mm para preparar una muestra y las partes superior e inferior de la muestra están fijadas por portapiezas, respectivamente, en 40 mm.

Factor (c): una resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente (CS/RT) que es de 1.350 MPa o mayor, y una resistencia a compresión a 0° a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo (CS/HW) que es de 1.100 MPa o mayor. La CS/RT se determina en un estado seco en base a SACMA-SRM-1R-94. La CS/HW se determina en una atmósfera que tiene una temperatura de 82°C inmediatamente después de sumergir la misma muestra en agua caliente a 72°C durante 14 días.

Factor (d): una resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente (OHC/RT) que es de 275 MPa o mayor, y una resistencia a compresión con agujero a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo (OHC/HW) de 215 MPa o mayor. La OHC/RT se determina en un estado seco en base a SACMA-SRM-3R-94. La OHC/HW se determina en una atmósfera que tiene una temperatura de 82°C inmediatamente después de sumergir la misma muestra en agua caliente a 72°C durante 14 días.

[0087] Más concretamente, la resistencia a compresión descrita anteriormente después de aplicarse con un impacto (CAI) se determina en base a un método descrito en SACMA-SRM-2R-94 "Método de ensayo recomendado por SACMA para PROPIEDADES DE COMPRESIÓN DESPUÉS DE IMPACTO DE COMPUESTOS DE RESINA DE FIBRAS ORIENTADAS". Concretamente, se corta un sustrato, los sustratos cortados se apilan de modo que se repita una estructura de laminación de $-45^\circ/0^\circ/+45^\circ/90^\circ$ tres veces, se preparan dos laminados contruidos de este modo, y se moldea una placa lisa con un grosor de 4 a 5 mm uniendo los dos laminados de modo que las capas a 90° respectivas se confronten entre sí en una disposición de capa simétrica (en el caso de un peso por unidad de área del sustrato de 190 g/m^2). Se corta una muestra con una longitud de 150 mm y una anchura de 100 mm de la placa lisa laminada usando un cortador con punta de diamante, y después de un impacto por un peso de gravedad de 6,67 J/mm (1.500 pulgadas · libras/pulgada) usando un portapiezas exclusivo y una caída de peso de 5,6 kg (12 libras) en el centro de la muestra, la resistencia a compresión en una dirección de 0° de la muestra se determina

usando un portapiezas exclusivo. La cantidad de muestras es de al menos $n=4$, y se emplea el valor promedio de las mismas. El portapiezas exclusivo usado en el ensayo de CAI se describe en detalle en SACMA-SRM-2R-94.

[0088] La resistencia a compresión sin agujero descrita anteriormente en un ensayo de compresión sin agujero (NHC) se determina usando un laminado que tiene una estructura de laminación similar a una estructura de laminación empleada en un método para determinar la resistencia a compresión con agujero (OHC) descrito en SACMA-SRM-3R-94 "Método de ensayo recomendado por SACMA para PROPIEDADES DE COMPRESIÓN CON AGUJERO DE COMPUESTOS DE RESINA DE FIBRAS ORIENTADAS". Concretamente, se corta un sustrato, se apilan los sustratos cortados de modo que se repita una estructura de laminación de $-45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}/90^{\circ}$ dos veces, se preparan dos laminados contruidos de este modo, y se moldea una placa lisa con un grosor de 3 mm uniendo los dos laminados de modo que las capas de 90° respectivas se confronten entre sí en una disposición de capas simétricas (en el caso de un peso por unidad de área de 190 g/m^2). Se corta una muestra con una anchura de 25,4 mm y una longitud de 105,4 mm de la placa lisa, y se realiza un ensayo de compresión en condiciones en que las partes superior e inferior de la muestra se fijan por portapiezas, respectivamente, en 40 mm. La NHC se determina como resistencia de compresión de la muestra en la dirección de 0° usando un portapiezas exclusivo. La cantidad de muestras es de al menos $n=4$, y se emplea el valor promedio de las mismas.

[0089] La resistencia a compresión a 0° descrita anteriormente (CS) se determina por el método definido en SACMA-SRM-1R-94 "Método de ensayo recomendado por SACMA para PROPIEDADES DE COMPRESIÓN DE COMPUESTOS DE RESINA DE FIBRAS ORIENTADAS". Concretamente, se corta un sustrato, y se moldea una placa lisa con un grosor de 1 mm laminando seis capas de sustratos teniendo cada una una estructura de laminación de 0° (en el caso de un peso por unidad de área de 190 g/m^2). Las proyecciones (se usa preferentemente la misma placa lisa) se unen en ambas superficies de la placa lisa laminada en sus posiciones excepto la parte central de la placa lisa laminada de modo que se forme un hueco a lo largo de la dirección de 90° en la parte central de la placa lisa laminada (concretamente, sólo se forma esta parte de hueco de 4,75 mm como una parte hecha de solamente la placa lisa laminada de 1 mm de grosor descrita anteriormente sin proyecciones, y esta parte de hueco se forma como una parte del ensayo de compresión). Se corta una muestra con una longitud de 80 mm y una anchura de 15 mm de la placa lisa laminada con proyecciones usando un cortador con punta de diamante. La resistencia a compresión CS en la dirección de 0° de la muestra se determina usando un portapiezas exclusivo. La cantidad de muestras es de al menos $n=4$, y se emplea el valor promedio de las mismas. El portapiezas exclusivo usado en el ensayo CS se describe en detalle en SACMA-SRM-1R-94.

[0090] La resistencia a compresión con agujero descrita anteriormente (OHC) se determina junto con un método descrito en SACMA-SRM-3R-94 "Método de ensayo recomendado por SACMA para PROPIEDADES DE COMPRESIÓN CON AGUJERO DE COMPUESTOS DE RESINA DE FIBRAS ORIENTADAS". Concretamente, se corta un sustrato, se apilan los sustratos cortados de modo que se repita una estructura de laminación de $-45^{\circ}/0^{\circ}/+45^{\circ}/90^{\circ}$ dos veces, se preparan dos laminados contruidos de este modo, y se moldea una placa lisa con un grosor de 3 mm uniendo los dos laminados de modo que las capas de 90° respectivas se confronten entre sí en una disposición de capas simétricas (en el caso de un peso por unidad de área de 190 g/m^2). Se corta una muestra de la placa lisa laminada descrita anteriormente a una longitud de 305 mm y una anchura de 38 mm usando un cortador con punta de diamante, después se abre un agujero que tiene un diámetro de 6,35 mm en el centro de la muestra, la resistencia a compresión de la muestra en la dirección de 0° se determina usando un portapiezas exclusivo. La cantidad de muestras es de al menos $n=4$, y se emplea el valor promedio de las mismas. El portapiezas exclusivo usado en el ensayo OHC se describe en detalle en SACMA-SRM-3R-94. Cuando el agujero se abre para el ensayo OHC, se une una placa de plástico reforzada con fibra de vidrio (GFRP) en cada superficie de la muestra por un agente adhesivo instantáneo de modo que las fibras de carbono alrededor del agujero no se dañen, y se usa un taladro y un escariador. Después de abrir el agujero, se retira la GFRP y se usa la muestra para la determinación.

[0091] Además, "temperatura ambiente" indica en la presente invención una condición de ensayo en la que se realiza un ensayo a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad del $50\% \pm 10\%$. El "acondicionamiento en caliente/húmedo" indica en la presente invención una condición de ensayo en la que se sumerge una muestra en agua caliente a 72°C durante 14 días (acondicionamiento en caliente/húmedo) e inmediatamente después de ello se determina a una elevada temperatura (82°C).

[0092] Por ejemplo, en un caso en que la resina de matriz es epoxi, se prefiere usar hilos auxiliares que forman un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama que son de excelente propiedad adhesiva con epoxi excepto en resistencia térmica, resistencia contra la absorción de humedad y rendimiento en la alineación de los hilos. Como materiales preferibles de los hilos auxiliares para satisfacer dicho requisitos, se considera la poliamida (6, 66, 9, 12, 610, 612, de grupo aromático, copolímero de las mismas, etc.), poli(sulfuro de fenileno), polieterimida, polietersulfona, policetona, fenol y poliimida, y entre estos, se prefiere particularmente la poliamida 66.

[0093] El material compuesto según la presente invención se forma impregnando una resina de matriz en el sustrato de fibras de refuerzo descrito anteriormente, preferentemente en un laminado de una pluralidad de los sustratos de fibras de refuerzo descritos anteriormente, y tiene una fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo calculada a partir de un grosor del material compuesto en un intervalo del 50 al 65%. Se solidifica una resina de matriz impregnada en el sustrato de fibras de refuerzo (curado o polimerizado) después del impregnado, y se forma

un material compuesto.

[0094] En el material compuesto según la presente invención, para mostrar lo máximo posible excelentes propiedades mecánicas, la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo del material compuesto calculada a partir de un grosor del material compuesto se controla en un intervalo del 50 al 65%. Si es menor del 50%, el material compuesto tiene un mal efecto de aligeramiento, y si es de más del 65%, llega a ser difícil el moldeo por inyección descrito posteriormente, y el material compuesto no puede obtenerse a elevada productividad. Donde la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo en un material compuesto indica un valor calculado a partir de la siguiente ecuación (unidad: %).

$$V_f = (W_2 \times \text{Ply}) / (\rho \times T_2 \times 10) \quad (\%)$$

W_2 : peso por unidad de área de las fibras de refuerzo por 1 m² de sustrato de fibras de refuerzo (g/m²)

T_2 : grosor del material compuesto (mm)

Ply: número de capas laminadas en el sustrato de fibras de refuerzo.

[0095] Se prefiere que la ondulación máxima en sección transversal de una capa de sustrato en una sección de un material compuesto en la presente invención sea de 0,3 mm o menos. Que dicha ondulación sea grande significa que una onda de una capa de sustrato es grande, concretamente, que las fibras de refuerzo tienen mala rectilineidad, y si es de más de 0,3 mm, puede darse el caso en que se genere una gran reducción de las propiedades mecánicas, particularmente, una gran reducción de la resistencia a compresión. Cuanto menor sea dicha ondulación máxima en sección transversal, mejor será, pero si es de 0,1 mm o menor, es suficiente en la mayoría de los casos para el propósito de la presente invención.

[0096] La ondulación máxima en la sección transversal descrita anteriormente está representada por un valor máximo de una onda de una capa de sustrato determinada en el intervalo de muestreo descrito a continuación de la capa de sustrato después de reconocer una capa de sustrato arbitraria en una sección de un material compuesto. Por ejemplo, la Fig. 1 muestra una sección de un material compuesto según una realización de la presente invención. Como se muestra en la Fig. 1, en la sección del material compuesto 100, la capa de 90° 101 que lamina un sustrato de fibras de refuerzo en la dirección de 90°, la capa de +45° 102, la capa de 0° 103, la capa de -45° 104 y la capa de 90° 105 están dispuestas para formar el lado superior, y la resina de matriz 106 está impregnada. La ondulación máxima en la sección transversal en la presente invención indica una diferencia entre la posición más alta y la posición más baja 107 de una capa a determinar (en la Fig. 1, la capa a 0° 103 es una capa a determinar) en una sección de un material compuesto cortado en paralelo a la capa a determinar. Donde, para el muestreo, se usó un valor promedio de cuatro mediciones en una sección con una longitud de 150 mm seleccionada arbitrariamente.

[0097] Aunque pueden usarse tanto resinas termoplásticas como termoestables como resina de matriz para el material compuesto según la presente invención, la resina de matriz es preferentemente una resina termoestable desde el punto de vista de la moldeabilidad y las propiedades mecánicas. Como resina termoestable, por ejemplo, se prefiere una seleccionada entre el grupo que consiste en epoxi, fenol, viniléster, poliéster insaturado, éster de cianato, bismaleimida, benzooxadina y acrílico. Además, también puede usarse una resina con adición de un elastómero, una goma, un agente de curado, un agente de aceleración del curado, un catalizador, etc.

[0098] El método para producir un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención es un método para producir un sustrato de fibras de refuerzo formado por al menos hilos de fibras de refuerzo dispuestos en paralelo entre sí en una dirección e incluyendo un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, proporcionada del 2 al 15% en peso al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, y el método comprende las siguientes etapas (A) a (E).

(A) Etapa de estirado:

[0099] Primero, se estiran los hilos de fibras de refuerzo, por ejemplo, estirando los hilos de fibras de refuerzo directamente desde bobinas instaladas en un soporte de fileta, o estirándolos desde un haz preparado por urdido seccional.

(B) Etapa de formación del sustrato:

[0100] Los hilos de fibras de refuerzo se disponen en paralelo entre sí en una dirección para formar una formación de un sustrato. Puede adherirse un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica sobre al menos una superficie del sustrato del 2 al 15% en peso en esta etapa, o puede adherirse simultáneamente con o después de la etapa de prensado descrita posteriormente. En consideración de la eficacia de la etapa de prensado, se prefiere adherir el material de resina simultáneamente con la etapa de prensado.

[0101] Como formación de sustrato formada en esta etapa, puede emplearse una tela tejida, una tela tricotada, un sustrato cosido, una tela no tejida, y una combinación de las mismas. Entre éstas, se prefiere una tela tejida

unidireccional formada por el uso de al menos hilos de fibras de refuerzo como urdimbres y el uso de hilos auxiliares como tramas, o una lámina unidireccional formada con una estructura no tejida por hilos auxiliares, porque son de excelente rectilineidad en los hilos de fibras de refuerzo, estabilidad de producción del sustrato y estabilidad dimensional del sustrato. Más preferentemente, se emplea una tela tejida unidireccional de excelente propiedad de impregnado de la resina de matriz.

(C) Etapa de prensado:

[0102] El sustrato de fibras de refuerzo se prensa de modo que el grosor del sustrato sea un grosor que corresponda a una condición en que la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato esté en un intervalo del 40 al 60%, preferentemente en un intervalo del 43 al 58%, más preferentemente en un intervalo del 52 al 56%. Como se ha descrito anteriormente, controlando la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo en dicho intervalo del 40 al 60%, llega a ser posible controlar la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo y la dimensión de un material compuesto a obtener en intervalos deseables estrictamente, y mostrar elevadas propiedades mecánicas. Si la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo formado en la etapa de formación de sustrato descrita anteriormente es menor del 40%, puede mostrarse lo máximo posible un efecto en esta etapa de prensado.

[0103] Como método de prensado, puede plantearse un método para aplicar una presión de forma continua mediante un rodillo o un método para aplicar una presión de forma discontinua mediante una placa. En un caso en que el sustrato se prensa después o mientras se adhiere un material de resina, se prefiere aplicar una presión mientras se calienta el sustrato a una temperatura en un intervalo de 40 a 370°C porque el sustrato puede controlarse fácilmente en el intervalo descrito anteriormente de V_{pf} . Por otro lado, en un caso en que el sustrato se prensa antes de adherir un material de resina, no siempre es necesario el calentamiento, e incluso aplicando una presión al sustrato a temperatura ambiente, el sustrato puede controlarse fácilmente en el intervalo descrito anteriormente de V_{pf} .

(D) Etapa de enfriamiento:

[0104] Esta etapa una etapa para enfriar el sustrato y fijar el material de resina, y aunque es posible omitir esta etapa o enfriar de forma natural el sustrato, se prefiere realizar esta etapa para formar un material compuesto deseable rápidamente.

(E) Etapa de bobinado:

[0105] En esta etapa, se enrolla el sustrato de fibras de refuerzo. Dicho sustrato es preferentemente un sustrato de fibras de refuerzo que tiene un material de resina, cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, del 2 al 15% en peso. Como se ha descrito anteriormente, mediante dicho material de resina, puede obtenerse una excelente estabilidad de formación y propiedad de manipulación del sustrato, un efecto para reforzar una parte entre las capas en un material compuesto y un efecto para formar pasos de resina entre las capas en el momento del moldeo de un material compuesto.

[0106] En el método para producir un sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención, pueden proporcionarse las siguientes etapas (B1) y (B2) entre la etapa de formación de sustrato (B) y la etapa de prensado (C).

(B1) Etapa de bobinado temporal para enrollar un sustrato.

(B2) Etapa de estirado temporal para estirar un sustrato.

[0107] Cuando el procedimiento se concibe de este modo como un procedimiento fuera de línea, porque no es necesario ajustar una diferencia entre las velocidades de procesamiento de la etapa de formación de sustrato (B) y la etapa de prensado (C), las etapas respectivas tienen un aumento de libertad y puede aumentarse la productividad.

[0108] En el método para producir un material compuesto según la presente invención, el sustrato de fibras de refuerzo producido por el método descrito anteriormente se moldea, por ejemplo, por un método de moldeo seleccionado entre diversos métodos de moldeo tales como moldeo por inyección (RTM (del inglés Resin Transfer Molding (Moldeo por Transferencia de Resina)), RFI (del inglés Resin Film Infusion (Infusión de Película de Resina)), RIM (del inglés Resin Injection Molding (Moldeo por Inyección de Resina)), RTM asistido por vacío, etc.) y un moldeo por prensado, o un método de moldeo que combina cualquiera de ellos, de modo que la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo calculada a partir del grosor del material compuesto esté en un intervalo del 50 al 65%.

[0109] Como método de moldeo más preferible, puede plantearse un moldeo por inyección de alta productividad. Como dicho moldeo por inyección, puede plantearse preferentemente RTM. En RTM, hay un método de moldeo para inyectar una resina de matriz presurizándola en una cavidad formada por un molde macho y un molde hembra. Como método de moldeo más preferible, puede plantearse un RTM asistido por vacío. En el RTM asistido por vacío,

como se ha descrito anteriormente, por ejemplo, se reduce la presión de una cavidad, que está formada por uno cualquiera de un molde macho y un molde hembra y un material de bolsa (por ejemplo, un material flexible tal como una película de nylon o una goma de silicona), y se inyecta una resina de matriz en la cavidad por una diferencia de presión con la presión atmosférica. En este caso, se prefiere colocar un medio de distribución de resina sobre el sustrato de fibras de refuerzo en la cavidad y acelerar la distribución e impregnado de la resina de matriz mediante el medio. Después del moldeo, se prefiere retirar el medio del material compuesto. Dichos métodos de moldeo por inyección se aplican preferentemente desde el punto de vista de costes de moldeo.

[0110] Además, se prefiere moldear un material compuesto de modo que la ondulación máxima en sección transversal de una capa de sustrato en una sección del material compuesto sea de 0,3 mm o menor, ya que puede aumentarse particularmente la resistencia a compresión, como se ha mencionado anteriormente.

[0111] Se explicarán realizaciones adicionales de un sustrato de fibras de refuerzo según el primer aspecto y un compuesto fabricado a partir del mismo en la presente invención. El sustrato de fibras de refuerzo según la presente invención es un sustrato de fibras de refuerzo que incluye un grupo de hilos de fibras de refuerzo dispuestos con hilos de fibras de refuerzo en paralelo entre sí en una dirección y un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama formado por hilos auxiliares que se extienden en una dirección a través de los hilos de fibras de refuerzo y que tiene un rendimiento (Ta1) del 1% o menos del rendimiento (Tc) del hilo de fibras de refuerzo, y se proporciona un material de resina dentro de un intervalo del 0,5 al 20% en peso al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo.

[0112] El sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención se forma a partir de al menos el grupo de hilos de fibras de refuerzo, el grupo de hilos auxiliares y el material de resina, y en el sustrato, un propósito mínimo es mantener los hilos de fibras de refuerzo mediante los hilos auxiliares y/o el material de resina. Concretamente, es posible manipularlo como un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional.

[0113] Los hilos de fibras de refuerzo se disponen en paralelo entre sí y en una dirección. Además, los hilos auxiliares se disponen en una dirección perpendicular a los hilos de fibras de refuerzo, o en una dirección oblicua a través de los hilos de fibras de refuerzo. Para proporcionar una excelente estabilidad de formación al sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, es necesario que los hilos auxiliares continuos crucen los hilos de fibras de refuerzo y mantengan los hilos de fibras de refuerzo en una dirección excepto la dirección de disposición de los hilos de fibras de refuerzo.

[0114] El estilo del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional puede ser un estilo de textura arbitrario siempre que pueda resolverse el objeto de la presente invención. Por ejemplo, puede ser una estructura de tejido o una estructura no tejida en la cual los hilos auxiliares estén dispuestos en paralelo entre sí en una dirección, o puede ser una estructura tricotada en la cual los hilos auxiliares estén dispuestos en un estilo de tricotado de la urdimbre (por ejemplo, estructura de tricotado de hilo tricot 1/1, etc.) o en un estilo de tricotado de la trama, o puede ser una combinación de los mismos. Entre estos, se prefiere una tela tejida unidireccional. En dicha tela tejida unidireccional, no solamente puede mostrarse la facilidad de producción y la estabilidad de formación de la tela tejida unidireccional lo máximo posible, sino que también son excelentes la propiedad de impregnado de la resina de matriz y la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo.

[0115] A partir de ahora en la presente memoria, se explicará la presente invención más concretamente con referencia a los dibujos.

[0116] La Fig. 2 es una vista en planta esquemática de un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según una realización de la presente invención. En la Fig. 2, un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional 11 comprende una tela 15, y un material de resina 14 adherido a la tela 15. La tela 15 está formada de hilos de fibras de refuerzo 12 y hilos auxiliares 13, y los hilos de fibras de refuerzo 12 y los hilos auxiliares 13 forman la tela 15 en una estructura de un estilo no tejido. Esta tela 15 es un tipo de tela no tejida unidireccional porque los hilos de fibras de refuerzo 12 forman un cuerpo principal. El material de resina 14 se adhiere a la superficie de la tela 15 en un estado que se dispersa en una forma tachonada, y fija los hilos auxiliares 13 a la tela 15. Además, aunque no se representa, el material de resina 14 también se adhiere a la superficie posterior de la tela 15 en una forma tachonada, y fija los hilos auxiliares 13 a la tela 15 de forma similar.

[0117] La Fig. 3 es una vista en sección vertical esquemática de un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según otra realización de la presente invención. En la Fig. 3, un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional 21 comprende una tela 25, y un material de resina 24 adherido a la superficie de la tela 25. La tela 25 está formada de urdimbres de hilos de fibras de refuerzo 22 y 26 y tramas de hilos auxiliares 23 y 27. Aunque no se representa, los hilos de fibras de refuerzo 22 y 26 y los hilos auxiliares 23 y 27 se cruzan entre sí para formar la tela 25 en una estructura de tejido liso. Dicha tela 25 es un tipo de tela tejida unidireccional porque los hilos de fibras de refuerzo 22 y 26 forman un cuerpo principal. El material de resina 14 se adhiere a la superficie superior de la tela 25, y fija los hilos auxiliares 23 a la tela 25 en la superficie superior de la misma.

[0118] La Fig. 4 es una vista en perspectiva de un ejemplo de una tela usada para un sustrato de fibras de

refuerzo unidireccional según la presente invención. En la Fig. 4, la tela tejida unidireccional como la tela 31 se forma cruzando hilos de fibras de refuerzo 32 de urdimbres dispuestas en paralelo entre sí en una dirección e hilos auxiliares 33 de tramas perpendicularmente a través de los hilos de fibras de refuerzo 32 entre sí para formar la tela 31 en una estructura de tejido liso. Aunque la estructura de tejido mostrada en la Fig. 4 es un tejido liso, puede emplearse una estructura de tejido arbitrario tal como un tejido de satinado y un tejido asargado.

[0119] En la presente invención, el rendimiento de los hilos auxiliares en la dirección de la trama (Ta1) es del 1% o menos del rendimiento de los hilos de fibras de refuerzo (Tc), es decir, $(Ta1 \times 100)/Tc \leq 1$. Más preferentemente es del 0,7% o menos, y aún más preferentemente es del 0,5% o menos. Aunque dicha proporción no tiene particularmente un límite inferior, es generalmente del 0,01% o más desde el punto de vista de la estabilidad de formación o la producción estable de la tela. Esta relación entre Ta1 y Tc es similar a la existente en el sustrato de fibras de refuerzo mencionado anteriormente según el primer aspecto de la presente invención.

[0120] Aunque es difícil que el rendimiento de los hilos auxiliares en la dirección de la trama llegue a un índice apropiado de forma exclusiva, cuando se considera un hilo de fibra de carbono con un rendimiento en un intervalo de 800 a 1.700 tex como hilo de fibras de refuerzo, el rendimiento de los hilos auxiliares (Ta1) es de 8 tex o menos desde el punto de vista de la reducción del efecto a los frunces, más preferentemente de 5 tex o menos, aún más preferentemente de 2 tex o menos.

[0121] Los hilos auxiliares en la dirección de la trama son preferentemente hilos multifilamento desde el punto de vista de la supresión de los frunces. Preferentemente, la cantidad de filamentos es de más de 5. Si se emplea dicho hilo multifilamento, llega a ser posible reducir adicionalmente el rendimiento (diámetro) de un filamento individual y mejorar la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo reduciendo adicionalmente los frunces. Dicha condición se prefiere también desde el punto de vista de la reducción de la frecuencia de la rotura de hilos de los hilos auxiliares en la dirección de la trama, la propiedad de manipulación y la estabilidad de producción de la tela de fibras de refuerzo unidireccional. Aquí, en el caso de hilos multifilamento, se prefiere usar hilos no retorcidos para conseguir elevadas propiedades mecánicas y una elevada fracción volumétrica de las fibras de refuerzo de un material compuesto a moldear.

[0122] Además, se prefiere que la formación seccional del hilo auxiliar en la dirección de la trama sea plana o de tipo cinta lo más posible. Concretamente, la proporción (w/t) de la anchura del hilo (w) al grosor del hilo (t) es preferentemente de 2 o más, más preferentemente de 4 o más. Por ejemplo, cuando la forma seccional de un hilo llega a ser circular o redonda por retorcido, recubrimiento por hilos, agrupamiento de una pluralidad de hilos, aplicación de un aglutinante, etc., puede darse el caso en que los frunces lleguen a ser importantes. En el caso de hilos multifilamento, se prefiere que los hilos multifilamento individuales respectivos no se solapen pero se dispongan en paralelo entre sí en un estilo de placa lisa.

[0123] Se prefiere que los hilos auxiliares en la dirección de la trama no se apliquen con un tratamiento o un procedimiento que cause que los hilos sean más densos (la forma seccional sea mayor). Por ejemplo, cuando se realiza retorcido, recubrimiento por hilos, agrupamiento de una pluralidad de hilos, aplicación de un aglutinante o un adhesivo, etc., se da el caso en que el hilo se vuelve más denso. Además, en un caso en que el hilo auxiliar en la dirección de la trama se procesa de forma secundaria mediante acabado lanoso, acabado fruncido, tratamiento de marañas, etc., se da el caso en que el hilo se vuelve más denso. Un grosor preferible de un hilo auxiliar es de 100 μm o menos, más preferentemente de 50 μm o menos, de forma particularmente preferible de 30 μm o menos. Dicho grosor corresponde a un valor calculado a partir de una diferencia entre el grosor de una parte en la que existe el hilo auxiliar en la dirección de la trama y una parte en la que no existe el hilo auxiliar en la dirección de la trama, determinado en la medición del grosor de una tela de fibras de refuerzo unidireccional en base a JIS-R7602.

[0124] Aunque la estabilidad de formación de una tela de fibras de refuerzo unidireccional llega a ser bastante mala si los hilos auxiliares en la dirección de la trama no se aplican con un tratamiento adhesivo, en la presente invención, como el material de resina se adhiere, puede asegurarse la función de proporcionar la estabilidad de formación incluso en dicho caso.

[0125] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención, el material de resina se proporciona al menos en la superficie de la tela de fibras de refuerzo unidireccional en una cantidad en un intervalo del 0,5 al 20% en peso, preferentemente en un intervalo del 2 al 17% en peso, más preferentemente en un intervalo del 4 al 14% en peso.

[0126] Mediante el material de resina que se adhiere en el intervalo descrito anteriormente, puede evitarse la deformación de los hilos de fibras de refuerzo y los hilos auxiliares en la dirección de la trama y puede proporcionarse la estabilidad de formación del sustrato. Además, cuando se laminan los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales, se proporciona la propiedad adherente (propiedad adhesiva) entre los mismos. Como resultado, llega a ser posible obtener un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional que tiene una excelente propiedad de manipulación. Dicha excelente propiedad de manipulación no se muestra a una cantidad de material de resina menor del 0,5% en peso.

[0127] Además, el material de resina que se adhiere a al menos una superficie del sustrato funciona como tope de agrietamiento en un material compuesto que se obtiene por laminado de las telas de fibras de refuerzo unidireccionales (sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales). En particular, cuando el material compuesto se aplica con un impacto, el material de resina funciona suprimiendo los daños, y proporciona excelentes propiedades mecánicas (particularmente, resistencia a compresión después de impacto) al material compuesto (un efecto para el endurecimiento entre láminas). Incluso si el material de resina se adhiere a una parte diferente a la superficie, funciona liberando la tensión residual interior en el material compuesto, y contribuye a aumentar las propiedades mecánicas. Además de dicho efecto para aumentar la rigidez apropiada, cuando se laminan las telas de fibras de refuerzo unidireccionales, el material de resina que se adhiere a la superficie se convierte en un espaciador, y se forma un espacio entre las capas de las telas de fibras de refuerzo unidireccionales adyacentes entre sí en la dirección del grosor. Cuando se moldea un material compuesto por el moldeo por inyección descrito posteriormente, dicho espacio funciona como paso de flujo de una resina de matriz (un efecto para formar un paso de flujo en una parte entre las capas). Mediante este efecto, no solamente se facilita el impregnado de la resina de matriz sino que también llega a ser elevada la velocidad de impregnación, y puede proporcionarse una excelente productividad de un material compuesto.

[0128] Si la cantidad del material de resina es mayor del 20% en peso, no solamente puede llegar a ser demasiado baja la fracción volumétrica de fibras de refuerzo cuando se fabrican en un material compuesto, sino que también puede darse el caso de malas propiedades mecánicas. Además, cuando las telas de fibras de refuerzo unidireccionales se unen entre sí por calentamiento, puede darse el caso de obstruir el impregnado de la resina de un modo en que el material de resina deforma y rompe el paso de flujo de resina, y dicho modo no es preferible.

[0129] Aunque dicho material de resina se adhiere a al menos la superficie de la tela de fibras de refuerzo unidireccional, excepto la superficie, puede adherirse al interior de la tela de fibras de refuerzo unidireccional, es decir, en el interior de los hilos de fibras de refuerzo (entre los filamentos de fibras de refuerzo). Sin embargo, como el efecto descrito anteriormente para reforzar una parte entre las capas y el efecto para formar un paso de flujo en una parte entre las capas se muestra de forma remarcada particularmente por la adhesión del material de resina sobre la superficie, se prefiere que el material de resina exista sustancialmente sólo en la superficie de la tela de fibras de refuerzo unidireccional. Mediante dicha existencia solamente en la superficie, la cantidad de adhesión del material de resina puede minimizarse, y puede reducirse el volumen de la resina, cuando se moldea el material compuesto, concretamente, puede aumentarse adicionalmente la fracción volumétrica de fibras de refuerzo, y puede mostrarse el efecto de aligeramiento del material compuesto en mayor medida.

[0130] Dicho material de resina puede adherirse en una superficie o en ambas superficies de la tela. El primer estilo es preferible para producir el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional de forma más económica. En un caso en que pretende usarse el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional sin discriminar la superficie y la superficie posterior del sustrato, es preferible el último estilo, y ambos estilos puede seleccionarse dependiendo del uso.

[0131] Aquí, el material de resina tiene una forma de un material tipo polvo de una resina sintética, y no cubre la superficie entera de la tela. En particular, se prefiere una formación tachonada desde el punto de vista de que la propiedad de impregnado de una resina de matriz en el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional (particularmente, el impregnado en una dirección perpendicular a la superficie de laminación) es excelente, que la fracción volumétrica de fibras de refuerzo de un material compuesto a moldear puede aumentarse, y que la dispersión del componente de humedad del material de resina puede minimizarse. La existencia discontinua del material de resina representa una formación en la cual, cuando la superficie del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional se considera un mar y el material de resina se considera una isla, hay muchas islas dispersas en el mar. La anchura máxima de una isla es menor que la anchura completa de la tela. Una parte de estas islas puede formar un lago en la misma.

[0132] En el material de resina que tiene dicha formación tachonada, se prefiere que el diámetro medio de los puntos (el diámetro medio corto en el caso de un óvalo) sea de 1 mm o menos, más preferentemente de 250 µm o menos, aún más preferentemente de 50 µm o menos, ya que el material de resina puede distribuirse uniformemente de la superficie del sustrato según se hace más pequeño el diámetro medio.

[0133] En un caso en que se lamina una pluralidad de sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales, si la forma cóncava/convexa del material de resina adherida a la superficie del sustrato en una dirección perpendicular a la superficie del sustrato es demasiado grande, puede ondularse una tela de fibras de refuerzo unidireccional o los hilos de fibras de refuerzo adyacentes a la misma. En este caso, las propiedades mecánicas de un material compuesto moldeado (particularmente, resistencia a compresión con agujero, resistencia a compresión a 0°, etc.) se deterioran. Desde dicho punto de vista, un grosor medio del material de resina tachonado sobre la superficie de la tela es preferentemente en un intervalo de 5 a 250 µm, más preferentemente en un intervalo de 10 a 100 µm, y aún más preferentemente en un intervalo de 15 a 60 µm.

[0134] En el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención, se prefiere que los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre estén adicionalmente dispuestos sin cruzar los hilos de fibras de refuerzo, preferentemente dispuestos en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, y forman un grupo de hilos

auxiliares en la dirección de la urdimbre. El rendimiento de dichos hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre (Ta2) es preferentemente del 20% o menos del rendimiento de los hilos de fibras de refuerzo (Tc), es decir, $(Ta2 \times 100)/Tc \leq 20$. Más preferentemente es del 12% o menos, y aún más preferentemente es del 5% o menos. Aunque dicha proporción no tiene particularmente un límite inferior, generalmente es del 0,01% o más desde el punto de vista de la estabilidad de formación y la estabilidad de producción de la tela.

[0135] Como los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre están dispuestos en paralelo a los hilos de fibras de refuerzo y no los cruzan, no se forman cruces con los hilos de fibras de refuerzo. Concretamente, los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre no fruncen los hilos de fibras de refuerzo. Por esto, no hay problemas incluso si Ta2 tiene un alto valor de la proporción descrita anteriormente y es mayor de Ta1 en el rendimiento. Si Ta2 es más del 20% de Tc, el peso de un material compuesto a moldear llegar a ser grande, y como el efecto de reducción de peso que es un propósito esencial de un material compuesto se ve perjudicado, no se prefiere dicha condición.

[0136] Sin embargo, no siempre es cierto que los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre no influyen en absoluto en las propiedades mecánicas de un compuesto a moldear. En cuando a las propiedades de tracción de un material compuesto, como se sobrecarga la resistencia a las fibras de refuerzo, no se requiere una elevada resistencia para las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre. Por otro lado, en cuanto a la alargamiento a rotura, en un caso en que el de las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre es menor del de las fibras de refuerzo, puede darse el caso en que las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre se fracturen o rompan antes que las fibras de refuerzo y se produzcan grietas dinas en el material compuesto. Se prefiere que el hilo auxiliar en la dirección de la urdimbre tenga un alargamiento a rotura mayor que el del hilo de fibras de refuerzo.

[0137] Un primer sentido en el uso de dichos hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es acelerar el impregnado de una resina de matriz en el momento de moldear un material compuesto asegurando huecos entre los hilos de fibras de refuerzo adyacentes entre sí o agrandando los huecos, concretamente, para formar un paso de flujo de una resina de matriz en una capa (un efecto para formar un paso de flujo en una capa). Este efecto puede mostrarse suficientemente disponiendo los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre sin cruzar los hilos de fibras de refuerzo y usando los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre que tienen un rendimiento mayor que el de los otros hilos auxiliares. Por otro lado, los hilos auxiliares en la dirección de la trama dispuestos cruzando los hilos de fibras de refuerzo tienen poco de este efecto, ya que no se les pueden aplicar hilos de gran rendimiento a causa de la supresión de frunces de los hilos de fibras de refuerzo.

[0138] Desde dicho punto de vista, se prefiere que un hueco medio entre hilos de fibras de refuerzo adyacentes esté en un intervalo de 0,1 a 1 mm en la anchura completa del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, más preferentemente en un intervalo de 0,2 a 0,8 mm, aún más preferentemente en un intervalo de 0,3 a 0,5 mm. Si está dentro de dicho intervalo, el efecto descrito anteriormente para formar un paso de flujo en una capa puede mostrarse suficientemente. Si está por debajo del intervalo, se da el caso en que dicho efecto no se muestra suficientemente. Por el contrario, si los huecos son demasiado anchos, cuando se moldea un material compuesto, se forman grandes partes ricas en resina, y se puede dar el caso en que se reduce la fracción volumétrica de fibras de refuerzo, se reducen las propiedades mecánicas (particularmente, la resistencia a la fatiga), y se generan grietas térmicas. En la determinación de los huecos de los hilos de fibras de refuerzo, incluso si existen hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre entre los hilos de fibras de refuerzo, los huecos se miden obviando los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre.

[0139] Para formar de forma eficaz un paso de flujo de una resina de matriz, se prefiere evitar la rotura de dicho paso de flujo causado por demasiado ensanchamiento de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre. Desde dicho punto de vista, se prefiere realizar un tratamiento de dimensionado (recopilación) sobre los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre. Como dicho tratamiento de dimensionado, por ejemplo, puede obtenerse por retorcido de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, recubrimiento por hilos, agrupamiento de una pluralidad de hilos, aplicación de un aglutinante, etc. Entre estos tratamientos, se prefieren el recubrimiento por hilos y la aplicación de un aglutinante porque puede obtenerse un gran efecto a un coste de tratamiento económico. Como hilos usados para el recubrimiento, por ejemplo, pueden usarse hilos auxiliares y similares. Además, como método para la aplicación de un aglutinante, puede emplearse un método arbitrario, por ejemplo, un método para aplicar una resina termoestable o una resina termoplástica en forma de una emulsión o una dispersión, o directamente aplicándolas por un procedimiento de fusión en caliente.

[0140] Para formar de forma eficaz un paso de flujo de una resina de matriz, los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre pueden ser hilos cuyos materiales de partida de fibra sirven para un procesamiento secundario tal como acabado lanoso, acabado fruncido, tratamiento de marañas, etc. Mediante dicho procesamiento, puede aumentarse la masa del hilo y puede formarse positivamente el paso de flujo de una resina de matriz.

[0141] Un segundo efecto del uso de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es aplanar la forma cóncava/convexa de la tela. En la tela de fibras de refuerzo unidireccional, la forma cóncava/convexa está formada por los hilos de fibras de refuerzo y los huecos de los mismos. Si existen hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre entre hilos de fibras de refuerzo adyacentes, puede aplanarse la forma cóncava/convexa dando un grosor a los huecos entre los hilos de fibras de refuerzo. Usando hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, la sección

transversal del hilo de fibras de refuerzo puede transformarse de una forma tipo óvalo en una forma tipo rectángulo, y puede conseguirse un aplanamiento adicional (efecto de aplanamiento). Mediante dicho efecto, en un caso en que se obtiene un material compuesto por laminado de sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales, puede suprimirse la ondulación de las capas laminadas, y pueden mostrarse propiedades mecánicas más elevadas.

[0142] Un tercer efecto del uso de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es mejorar adicionalmente la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo. Si existen hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre entre hilos de fibras de refuerzo adyacentes, los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre funcionan como guía en esa dirección (un efecto de guía). Aunque los hilos de fibras de refuerzo probablemente se alteran particularmente en su rectilineidad en los cruces con los hilos auxiliares, incluso en dichas posiciones, puede mantenerse la rectilineidad. Mediante una rectilineidad extremadamente elevada debida a dicho efecto, puede obtenerse un material compuesto extremadamente excelente en propiedades mecánicas, necesario para, por ejemplo, elementos estructurales primarios de aviones.

[0143] Como un estilo de una tela de fibras de refuerzo unidireccional usando dichos hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, excepto las estructuras descritas anteriormente, por ejemplo, puede emplearse una estructura tejida o estructura no tejida en la cual los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre están dispuestos en paralelo entre sí en la misma dirección de los hilos de fibras de refuerzo, puede emplearse una estructura tricotada en la cual los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre están dispuestos en un estilo de tricotado de la urdimbre (por ejemplo, una estructura de tricotado en cadena, una estructura de tricotado compuesta tal como un estilo de tricotado ahuecado que combinada una estructura de tricotado en cadena y una estructura de tricotado de hilo tricot 1/1), y puede emplearse una combinación de los mismos (por ejemplo, se tricota una estructura no tejida de hilos de fibras de refuerzo e hilos auxiliares dispuestos en paralelo entre sí en un estilo de tricotado de la urdimbre de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre). Entre éstos, se prefiere una tela tejida unidireccional (una tela tejida sin frunces unidireccional). En dicha tela tejida sin frunces unidireccional, los grupos de hilos auxiliares en la dirección de la trama que cruzan el grupo de hilos de fibras de refuerzo están dispuestos en ambas superficies de una lámina del grupo de hilos de fibras de refuerzo en que los hilos de fibras de refuerzo están dispuestos en una forma de una lámina en paralelo entre sí en una dirección, y estos grupos de hilos auxiliares y el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre que se extienden en paralelo a los hilos de fibras de refuerzo forman una estructura de tejido para mantener los grupos de hilos de forma integral. En dicha tela tejida sin frunces unidireccional, como no solamente se muestra la propiedad de manipulación de una tela de fibras de refuerzo unidireccional sino también la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo y la propiedad de impregnado para una resina de matriz, además de forma considerable en comparación con la tela tejida unidireccional descrita anteriormente, se considera que es una formación óptima como sustrato según la presente invención.

[0144] La Fig. 5 es una vista en perspectiva de otro ejemplo de una tela usada para un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención. En la Fig. 5, la tela tejida unidireccional como una tela 41 se forma cruzando urdimbres de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre 44 dispuestos en paralelo entre sí en una dirección y tramas de hilos auxiliares en la dirección de la trama 43 perpendicularmente a través de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre 44 entre sí para formar una estructura de tejido liso, sujetando de este modo los hilos de fibras de refuerzo 42 dispuestos en una dirección para formar la tela 41. Aunque la estructura de tejido formada por los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre 44 y los hilos auxiliares en la dirección de la trama 43 es un tejido liso en la Fig. 5, no se limita a ello, puede emplearse una estructura de tejido tal como un tejido de satinado y un tejido asargado.

[0145] En el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención, se prefiere que el peso por unidad de área de las fibras de refuerzo (W_c) esté en un intervalo de 100 a 400 g/m², más preferentemente en un intervalo de 130 a 290 g/m², aún más preferentemente en un intervalo de 140 a 220 g/m², y el peso por unidad de área de las fibras auxiliares (W_{a1}) es del 0,7% o menos del peso por unidad de área de las fibras de refuerzo (W_c), más preferentemente del 0,5% o menos, aún más preferentemente del 0,4% o menos.

[0146] Si W_{a1} es mayor del 0,7% de W_c , significa que aumentan los cruces de los hilos de fibras de refuerzo y los hilos auxiliares, e incluso si los frunces son pequeños, es desfavorable desde el punto de vista de las propiedades mecánicas. Además, mediante un estado en que la cantidad de hilos auxiliares aumenta relativamente, se da el caso en que puede existir la reducción de la resistencia a compresión después de acondicionamiento en caliente/húmedo o de la resistencia a compresión en condiciones de alta temperatura. Dicha proporción no tiene particularmente un límite inferior, y aunque es mejor que la proporción sea más pequeña, es generalmente del 0,01% o más desde el punto de vista de la estabilidad de formación y la estabilidad de producción de la tela.

[0147] Con respecto a los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, se prefiere que el peso por unidad de área de las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre (W_{a2}) sea del 25% o menos del peso por unidad de área de las fibras de refuerzo (W_c), más preferentemente del 12% o menos, aún más preferentemente del 5% o menos. Aunque dicha proporción no tiene particularmente un límite inferior, es generalmente del 0,1% o más desde el punto de vista de la estabilidad de formación y la estabilidad de producción del sustrato.

[0148] Como los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre no cruzan los hilos de fibras de refuerzo, no se

forman cruces con los hilos de fibras de refuerzo. Además, estableciendo el peso por unidad de área de los mismos a un alto valor, puede ampliarse el intervalo para la selección de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, y pueden aplicarse fácilmente hilos de excelente resistencia térmica, resistencia contra la absorción de humedad, etc.

5 Por lo tanto, incluso si Wa2 es mayor de Wa1, puede minimizarse la influencia sobre las propiedades mecánicas. Por esto, no hay problemas incluso si Wa2 es un elevado peso por unidad de área que tienen un alto valor de la proporción descrita anteriormente en comparación con Wa1. Sin embargo, si Wa2 es mayor del 25% de Wc, el peso de un material compuesto a moldear llega a ser muy grande, y como se altera el efecto de reducción de peso que es un propósito esencial de un material compuesto, no se prefiere dicha condición.

10 **[0149]** Desde otro punto de vista, se prefiere que el valor de los cabos de hilo auxiliar en la dirección de la trama esté en un intervalo de 0,3 a 6 cabos/cm o columnas/cm, más preferentemente en un intervalo de 1 a 4 cabos/cm o columnas/cm, para estabilizar la formación del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional y minimizar la influencia debida a los cruces con hilos de fibras de refuerzo 32 a 42.

15 **[0150]** Asimismo, se prefiere que el valor de los cabos de hilo auxiliar en la dirección de la urdimbre 44 (Fig. 5) esté en un intervalo de 0,1 a 6 cabos/cm o columnas/cm, más preferentemente en un intervalo de 1 a 3 cabos/cm o columnas/cm, desde el punto de vista de la estabilidad de formación de la tela 41 y la propiedad de impregnado debida al efecto para formar un paso de flujo en una capa.

20 **[0151]** En particular, en un caso en que el peso por unidad de área de las fibras de refuerzo (Wc) es pequeño de 220 g/m² o menos, es probable que aparezca la forma cóncava/convexa de los hilos de fibras de refuerzo. Si se moldea dicho sustrato de fibras de refuerzo unidireccional en un material compuesto, puede darse el caso en que se ondulen las capas laminadas. Por lo tanto, se prefiere que los hilos de fibras de refuerzo se sometan a un tratamiento de abertura antes de la formación del sustrato y/o después de la formación del sustrato. Como dicho
25 tratamiento de abertura, por ejemplo, pueden plantearse la oscilación de un rodillo o un indentador en la dirección longitudinal y/o la dirección transversal de la tela, la inyección por chorro de aire, etc., y pueden emplearse otros métodos arbitrarios.

30 **[0152]** A continuación en la presente memoria, se explicarán con más detalle los hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama, los hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, los hilos de fibras de refuerzo y el material de resina.

[0153] Para mostrar una propiedad elevada después del acondicionamiento en caliente/húmedo y una propiedad a altas temperaturas entre las propiedades mecánicas, es necesario que los hilos auxiliares en la dirección de la trama y los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre sean de excelente resistencia térmica. Por otro lado, que sean de resistencia térmica demasiado excelente causa que el coste para fabricar los hilos aumente. Desde dicho punto de vista, se prefiere que el punto de fusión de los hilos auxiliares en la dirección de la trama esté en un intervalo de 210 a 350°C, más preferentemente en un intervalo de 240 a 300°C. En cuanto a un material que no manifieste un punto de fusión, la temperatura de transición vítrea del mismo está preferentemente en un intervalo de 160 a 300°C. Dicho
40 punto de fusión y temperatura de transición vítrea indican una temperatura para fundir un cristal y una temperatura para transformarse en un estado vítreo, determinada por calorimetría diferencial de barrido (DSC).

[0154] Para aumentar las propiedades mecánicas de un material compuesto a obtener, la propiedad adhesiva entre los hilos auxiliares en la dirección de la trama y una resina de matriz es extremadamente importante, y cuanto mayor sea la resistencia adhesiva, inesperadamente mayores serán las propiedades mecánicas que pueden mostrarse.

[0155] Cómo índices que afectan directamente a dicha propiedad adhesiva, en un material compuesto obtenido por métodos de moldeo descritos en los ejemplos de la presente invención, la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo está en un intervalo del 53 al 65%, y puede plantearse los siguientes factores. En la tela de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención, se prefiere satisfacer los siguientes factores (a), (c) y/o (d). En dicho caso, la propiedad adhesiva con una resina de matriz se considera excelente. Más preferentemente, se satisfacen los factores (a), (c) y (d). Donde las normas SACMA son las mencionadas anteriormente.

Factor (a): una resistencia a compresión a temperatura ambiente después de impacto a una energía de
55 impacto de 6,67 J/mm (CAI) que es de 240 MPa o mayor.

Factor (c): una resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente (CS/RT) que es de 1.350 MPa o mayor, y una resistencia a compresión a 0° a elevada temperatura después de un acondicionamiento en caliente/húmedo (CS/HW) que es de 1.100 MPa o mayor.

Factor (d): una resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente (OHC/RT) que es de 275 MPa o mayor, y una resistencia a compresión con agujero a elevada temperatura después de un
60 acondicionamiento en caliente/húmedo (OHC/HW) que es de 215 MPa o mayor.

[0156] En un caso en que se obtiene un material compuesto excelente en la CAI, OHC o CS descritas anteriormente, generalmente se usa frecuentemente epoxi como resina de matriz. Por ejemplo, en un caso en que epoxi es la resina de matriz, se prefieren usar hilos auxiliares de excelente propiedad adhesiva con la epoxi en lugar de las excelentes resistencia térmica y resistencia contra la absorción de humedad de las fibras auxiliares.

Concretamente, se prefiere que contenga como principal constituyente al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en poliamida, poli(sulfuro de fenileno), polieterimida, polietersulfona, policetona, polieteretercetona y fenol.

[0157] Entre estos, se prefiere la poliamida como constituyente principal. Por ejemplo, puede usarse una homopoliamida compuesta por al menos un tipo de componente seleccionado entre el grupo que consiste en poliamida 46, poliamida 6, poliamida 66, poliamida 9, poliamida 11, poliamida 12, poliamida 610, poliamida 612, etc. o una poliamida copolimerizada. Excepto los componentes descritos anteriormente, puede usarse una poliamida copolimerizada con al menos un componente seleccionado entre el grupo que consiste en ácido dicarboxílico aromático o diamina tal como ácido isoftálico, ácido tereftálico, paraxileno diamina y metaxileno diamina, y ácido dicarboxílico alicíclico o diamina tal como dimetil bis(p-aminociclohexil)metano. En particular, la poliamida 66 es la más preferible por su equilibrio de propiedad adhesiva, resistencia térmica y resistencia contra la absorción de humedad.

[0158] En un caso en que se usa epoxi como resina de matriz, como generalmente un material tal como poliolefina o poliéster que tienen una baja polaridad tiene una mala propiedad adhesiva, no puede obtenerse un material compuesto que tenga propiedades mecánicas extremadamente elevadas simplemente mediante hilos auxiliares que tengan estos componentes. Sin embargo, si dichos hilos auxiliares de baja polaridad se proporcionan, por ejemplo, con un grupo funcional sobre las superficies de las fibras y las superficies de las fibras se tratan con un tratamiento para convertir las superficies de las fibras en muy polares tal como tratamiento con plasma o un tratamiento para proporcionar un agente de acoplamiento, llega ser posible mejorar la propiedad adhesiva, y se da el caso de ser capaces de resolver el objeto de la presente invención.

[0159] Desde el punto de vista de dicha propiedad adhesiva con una resina de matriz, se da el caso en que el contenido en aceite (un aceite de prensado, un aceite de acabado, etc.) usado en el procedimiento de fabricación de hilos auxiliares da una mala influencia. Por lo tanto, se prefiere reducir el contenido de aceite al mínimo posible reduciendo la cantidad de contenido de aceite en el procedimiento de fabricación, por descomposición térmica debido a calentamiento, o retirando el contenido de aceite después de la fabricación por purificación debido al líquido de lavado, etc. Concretamente, el contenido de aceite se suprime preferentemente al 1% o menos con relación a los hilos auxiliares, más preferentemente al 0,6% o menos, aún más preferentemente al 0,2% o menos. Si dicho contenido de aceite es de más del 1%, puede darse el caso en que lleguen a ser malas particularmente las propiedades mecánicas después del acondicionamiento en caliente/húmedo (especialmente, OHC/HW, CS/HW, etc.).

[0160] En cuanto a los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre, como están dispuestos sin cruzar los hilos de fibras de refuerzo, debe considerarse su contracción. Por ejemplo, si la contracción térmica en seco de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es demasiado grande, cuando se calienta un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, los hilos de fibras de refuerzo se ondularán en una forma tipo arco, y puede deteriorarse la rectilineidad de los mismos. Desde dicho punto de vista, se prefiere que la contracción térmica en seco a 180°C de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre sea del 1% o menos, más preferentemente del 0,2% o menos, y aún más preferentemente, no se contraen térmicamente.

[0161] Como hilos que satisfagan dichas condiciones, por ejemplo, puede emplearse preferentemente al menos uno seleccionado entre el grupo que consiste en fibra de carbono, fibra de vidrio, fibra metálica, fibra cerámica, y fibra orgánica (por ejemplo, fibra de aramida, fibra de poliparafenil benzobis oxazol (PBO), fibra de fenol, fibra de polietileno (PE), fibra de poli(alcohol vinílico) (PVA), etc.). Entre estas fibras, se prefiere la fibra de vidrio con sustancialmente nada de contracción térmica, excelente rendimiento en la alineación de los hilos, resistencia contra la absorción de humedad y equilibrio de costes. Como se ha descrito anteriormente, para mejorar la propiedad adhesiva con una resina de matriz, se prefiere adicionalmente la fibra de vidrio tratada por un tratamiento de acoplamiento.

[0162] Aunque el tipo de hilos de fibras de refuerzo usado en la presente invención no está particularmente restringido, por ejemplo, puede plantearse la fibra de vidrio, fibra orgánica (aramida, PBO, PVA, PE, etc.) o fibra de carbono. Como la fibra de carbono es de excelente resistencia específica y módulo elástico específico y excelente resistencia contra la absorción de humedad, se usa preferentemente como hilo de fibras de refuerzo usado para elementos estructurales de aviones y vehículos.

[0163] En particular, si los hilos de fibras de refuerzo se forman a partir de las siguientes fibras de carbono de elevada dureza, como la energía de absorción de impacto de un compuesto a moldear llega a ser grande, llega a ser posible usar el material compuesto como elemento estructural primario de aviones. Concretamente, se prefieren las fibras de carbono, que tienen un módulo elástico de tracción (E) de 210 GPa o más, más preferentemente de 280 GPa o más, y una energía de alargamiento a rotura (W) de 40 MJ/m³ (= 40 x 10 J/m³) o más, más preferentemente 53 MJ/m³ o más, cada uno de los cuales determinado en base a JIS-R7601. Aunque la energía de alargamiento a rotura (W) es mejor según aumenta lo más posible, es generalmente de 80 MJ/m³ o menos en un caso de fibras de carbono habitualmente disponibles en el mercado. En las fibras de carbono que tienen un módulo elástico de tracción de 280 GPa o más y una energía de alargamiento a rotura de 53 MJ/m³ o más, el diámetro medio del hilo

filamentoso individual es preferentemente de menos de 7 mm. Si es de menos de 7 mm, se da la ventaja de que se pueden obtener fácilmente fibras de carbono que tienen las propiedades descritas anteriormente. Si se usan fibras de carbono que tienen un módulo elástico de tracción (E) menor de 210 GPa, se necesita aumentar el grosor de placa cuando se usa un material compuesto como elemento estructural para establecer una ondulación del material compuesto como elemento estructural dentro de un intervalo permisible, y como resultado, el material compuesto llega a ser pesado. Además, si la energía de alargamiento a rotura (W) es menor de 40 MJ/m³ cuando se aplica un impacto a un material compuesto, como la energía de impacto absorbida por la rotura de las fibras de carbono es pequeña, la energía restante se consume en la rotura de la capa de resina de matriz entre las capas, las grietas entre las capas llega a ser grande, y no se prefiere dicha condición. Además, la fiabilidad del material compuesto llega a ser mala. La energía de alargamiento a rotura (W) se calcula a partir de la resistencia a tracción σ (unidad: MPa) y el módulo elástico de tracción (E, unidad: MPa) determinada en base al método definido en JIS-R7601, por la ecuación: $W = \sigma/2 \times E$. La unidad es MJ/m³.

[0164] Cuando se usan fibras de carbono como hilos de fibras de refuerzo, se prefiere que la cantidad de filamentos esté en un intervalo de 6.000 a 70.000, más preferentemente en un intervalo de 12.000 a 25.000, y el rendimiento (Tc) del hilo está en un intervalo de 400 a 5.000 tex, más preferentemente en un intervalo de 800 a 1.800 tex. En dicho intervalo, se da la ventaja de que pueden obtenerse fibras de carbono de alto rendimiento de forma relativamente económica. Además, preferentemente el hilo de fibras de refuerzo en la presente invención no está sustancialmente retorcido desde el punto de vista de mostrar una elevada fracción volumétrica de fibras de refuerzo y propiedades mecánicas de un material compuesto moldeado.

[0165] Aunque el material de resina usado en la presente invención se trata con calor para que muestre propiedades adherentes cuando se laminan los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales, desde el punto de vista de la factibilidad del mismo, se prefiere que el material de resina tenga un punto de fusión o una temperatura de transición vítrea en un intervalo de 50 a 150°C, más preferentemente en un intervalo de 70 a 140°C, aún más preferentemente en un intervalo de 90 a 120°C.

[0166] El constituyente del material de resina no está particularmente limitado siempre que pueda aumentar la propiedad de manipulación de la tela de fibras de refuerzo unidireccional y aumentar las propiedades mecánicas de un material compuesto obtenido mediante el uso del sustrato. Como material de resina, pueden usarse diversos tipos de resinas termoestables y/o resinas termoplásticas.

[0167] En un caso en que se usa una resina termoplástica como constituyente principal, por ejemplo, se prefiere usar al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en poliamida, polisulfona, polietiersulfona, polieterimida, polifeniléneter, poliimida, poliamidaimida, fenoxi y fenol. Entre estos, son particularmente preferidos la poliamida, polieterimida, polifeniléneter y polietiersulfona.

[0168] Se prefiere que una resina termoplástica sea un constituyente principal del material de resina y la cantidad de compuesto de la misma esté en un intervalo del 60 al 100% en peso, más preferentemente en un intervalo del 70 al 100% en peso, aún más preferentemente en un intervalo del 75 al 97% en peso. Si la cantidad de compuesto es menor del 60% en peso, puede darse el caso en que sea difícil obtener un material compuesto de excelentes propiedades mecánicas (particularmente, CAI). Además, cuando una resina termoplástica es un constituyente principal, puede darse el caso en que la propiedad adhesiva del material de resina a la tela o la propiedad de procesamiento adhesivo llega a ser mala. En este caso, puede ampliarse al compuesto una pequeña cantidad de un adhesivo, un plastificante, etc. al material de resina como sub-componente. Como dicho sub-componente, se prefiere emplear un componente usado como resina de matriz descrita posteriormente. Si dicho sub-componente es uno similar a o que se parece a una resina de matriz, se da la ventaja de que son excelentes la propiedad adhesiva y la compatibilidad con la resina de matriz.

[0169] En un material compuesto según la presente invención, al menos, se impregna una resina de matriz en el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional descrito anteriormente. La resina de matriz impregnada en el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional se solidifica (se cura o polimeriza) después del impregnado para formar un material compuesto.

[0170] Aunque dicha resina de matriz no está particularmente restringida siempre que pueda resolverse el objeto de la presente invención, es preferentemente una resina termoestable desde el punto de vista de la moldeabilidad y las propiedades mecánicas. Como resina termoestable, por ejemplo, se prefiere al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en epoxi, fenol, viniléster, poliéster insaturado, éster de cianato, bismaleimida, benzooxadina y acrílico, porque el objeto de la presente invención puede resolverse fácilmente. Además, también puede usarse una resina con un elastómero añadido, una goma, un agente de curado, un agente de aceleración del curado, un catalizador, etc. Particularmente, para conseguir propiedades mecánicas extremadamente elevadas (particularmente, CAI, OHM, CS, etc.) necesarias para, por ejemplo, elementos estructurales de aviones, se prefieren epoxi o bismaleimida, y en particular, se prefiere epoxi.

[0171] Cuando la resina de matriz se impregna en el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional mediante el moldeo por inyección descrito posteriormente, si la viscosidad de la resina de matriz es baja, se puede acortar el

tiempo de impregnado, y llega a ser posible el impregnado incluso en el caso de que los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales se laminen de forma muy densa. Dicha viscosidad es preferentemente de 400 mPa s o menos a una temperatura de inyección, más preferentemente de 200 mPa s o menos. Además, para obtener un tiempo de impregnado lo más largo posible, la viscosidad de la temperatura de inyección después de una hora es preferentemente de 600 mPa s o menos, más preferentemente de 400 mPa s o menos. Si la temperatura de inyección es de 100°C o inferior, como el dispositivo puede simplificarse, se prefiere dicha condición.

[0172] El material compuesto según la presente invención puede moldearse por diversos métodos de moldeo, por ejemplo, tal como moldeo por inyección (RTM (del inglés Resin Transfer Molding (moldeo por transferencia de resina)), RFI (del inglés Resin Film Infusion (infusión de película de resina)), RIM (del inglés Resin Injection Molding (moldeo por inyección de resina)), RTM asistido por vacío, etc.) y moldeo por prensado, y un método de moldeo que combine cualquiera de los mismos. Como método más preferible para moldear un material compuesto, puede plantearse un moldeo por inyección asistido por vacío de alta productividad. Pueden emplearse métodos de moldeo similar a los empleados en el sustrato de fibras de refuerzo mencionados anteriormente según el primer aspecto.

[0173] Aunque el uso del material compuesto según la presente invención no está particularmente restringido, como el material compuesto tiene elevadas propiedades mecánicas tales como CAI, OHC, CS, etc. extremadamente elevadas, particularmente cuando se usa como elementos estructurales primarios, elementos estructurales secundarios, elementos exteriores, elementos interiores o partes de los mismos de medios de transporte tales como aviones, vehículos o barcos, el efecto del mismo puede mostrarse lo máximo posible.

[0174] La Fig. 6 es una vista esquemática en perspectiva de los elementos estructurales primarios de un aeroplano. En la Fig. 6, un aeroplano 51 comprende diversos elementos estructurales tales como las alas principales 52, vigas de quilla 53, un fuselaje 54, una aleta vertical 55, estabilizadores horizontales 56, etc. Cuando se usa el material compuesto modelado por impregnado de una resina de matriz en el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención para estos elementos estructurales, no solamente pueden mostrarse excelentes propiedades mecánicas, sino que también pueden producirse los elementos estructurales a elevada productividad.

[0175] La Fig. 7 es una vista esquemática en perspectiva de un elemento estructural que muestra otro ejemplo del uso del material compuesto según la presente invención. En la Fig. 7, un elemento estructural 61 comprende un revestimiento 62, los largueros 63 y los contrafuertes 64. En la tecnología convencional, el material del revestimiento, los materiales de las vigas y los contrafuertes se moldean por separado, y se unen mediante un adhesivo para fabricar el elemento estructural, pero en el material compuesto según la presente invención, llega a ser posible moldear el revestimiento, los largueros y los contrafuertes de forma integral, y el coste del moldeo del elemento estructural puede reducirse enormemente.

[0176] A continuación, se explicará el sustrato de fibras de refuerzo mencionado anteriormente según el tercer aspecto y un compuesto hecho del mismo en la presente invención con referencia a los dibujos.

[0177] La Fig. 8 es una vista en planta que muestra un ejemplo de un sustrato de fibras de refuerzo según una realización de la presente invención. En la Fig. 8, se forma un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional 81 de modo que los hilos de fibras de refuerzo 85 están dispuestas en paralelo entre sí en la dirección longitudinal, los hilos espaciadores 86 cuyas superficies tienen formas cóncavas/convexas están dispuestos entre los hilos de fibras de refuerzo 85 para formar un grupo dispuesto con hilos de fibras de refuerzo en paralelo entre sí en una dirección, sobre el grupo de hilos de fibras de refuerzo se adhiere un material de resina 87 de una forma tachonada, y éstos se integran.

[0178] Como se ha mencionado anteriormente, aunque en un método RTM y un método VaRTM habitualmente se considera ideal que se inyecte una resina de matriz desde una superficie de una bolsa u orificio de inyección provisto en un molde a un laminado hecho por laminación de una pluralidad de capas de sustratos de fibras de refuerzo, mientras la resina de matriz fluye en la dirección del grosor del sustrato de fibras de refuerzo laminado y en la dirección plana en una parte entre las capas del laminado, la resina de matriz se impregna en el sustrato de fibras de refuerzos, si la propiedad de impregnado de resina en la dirección del grosor de las capas respectivas del sustrato de fibras de refuerzos es baja, la resina de matriz no fluye en la dirección del grosor y procede a distribuirse en la dirección plana, finalmente la resina de matriz fluye desde la parte final del laminado en un orificio de succión, y se generan partes sin impregnado en una parte central del laminado.

[0179] En el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención, aunque las hilos espaciadores dispuestos entre los hilos de fibras de refuerzo están adyacentes a los hilos de fibras de refuerzo entre sí, como las superficies de los hilos espaciadores tienen formas cóncavas/convexas y las partes convexas forman contornos relativos a los hilos de fibras de refuerzo, las partes cóncavas forman huecos en la dirección del grosor, la resina de matriz puede acelerar el flujo de la resina de matriz en la dirección del grosor usando los huecos como un paso de resina.

[0180] Aunque el método para proporcionar formas cóncavas/convexas a la superficie de los hilos espaciadores

86, no está particularmente restringido, por ejemplo, cuando dos hebras se agrupan por retorcido, por sobrealimentación de una hebra, se forma una hebra en la cual la hebra sobrealimentada se enrolla alrededor de la otra hebra no sobrealimentada, y puede obtenerse un hilo espaciador, con una superficie de forma cóncava/convexa formada por la hebra enrollada.

[0181] Para agrandar la superficie cóncava/convexa, se prefiere engrosar la hebra enrollada, por ejemplo, en un intervalo de 20 a 150 tex. Además, para crear claramente el tacto cóncavo/convexo, se prefiere aplicar un retorcido en un intervalo de 50 a 200 vueltas/m a las hebras para que se agrupen de antemano, y agrupar y retorcer las hebras en un intervalo de aproximadamente 50 a aproximadamente 300 vueltas/m en la misma dirección. Además, se prefiere adicionalmente aplicar un retorcido inverso por otra hebra sobre las dos hebras de retorcido descritas anteriormente, ya que el retorcido aplicado previamente se fija y no actúa el momento de fuerza de detorsión asignado al retorcido. El hilo espaciador puede ser un hilo recubierto doble en el que las hebras recubiertas se enrollan alrededor de un hilo central en las direcciones S y Z. En este caso, también se prefiere engrosar las hebras a enrollar en las direcciones S y Z y aplicar un retorcido a las hebras en las direcciones de recubrimiento/aplicación del retorcido a las hebras de antemano, ya que puede aumentarse la diferencia entre la anchura máxima del hilo y la anchura mínima del hilo. Aquí, la anchura de hilo del hilo espaciador es una anchura de hilo determinada por medición de la anchura de hilo en una dirección perpendicular al eje del hilo por un microscopio. En la presente invención, la proporción de la anchura de hilo de una anchura máxima a una anchura mínima determinada por $N=100$ (veces de medición) es preferentemente de 1,2 o más, más preferentemente de 1,5 o más.

[0182] Aunque el tipo de hilo espaciador puede ser fibra de vidrio o fibra de carbono, se prefiere más la fibra de vidrio porque la fibra de vidrio es económica incluso si es un hilo de pequeño rendimiento, y porque casi no absorbe agua, no reduce las propiedades en caliente/húmedo tales como una propiedad necesaria para elementos de aviones, y mediante la realización de un tratamiento de acoplamiento, la propiedad adhesiva con una resina de matriz llega a ser excelente, no se convierte en un punto de partida de roturas. Aunque el rendimiento del hilo espaciador es preferentemente grande porque puede formarse una forma cóncava/convexa grande, si el diámetro del hilo espaciador llega a ser mayor que el grosor del sustrato, en el momento de la laminación se da el problema de que una parte del hilo espaciador llega a ser denso y se ondula una capa adyacente, y por lo tanto, se prefiere establecer el diámetro máximo del hilo espaciador sustancialmente igual al grosor del sustrato.

[0183] Para aplanar la superficie del sustrato, es más preferible fabricar la sección del hilo de fibras de refuerzo en forma rectangular. En la práctica, sin embargo, como el hilo de fibras de refuerzo se agrupa con filamentos en una forma circular, incluso cuando los hilos de fibras de refuerzo se forman en una lámina, habitualmente el hilo de fibras de refuerzo llega a ser oval y el grosor de una parte entre los hilos de fibras de refuerzo llega a ser más pequeño. Sin embargo, estableciendo el diámetro del hilo espaciador sustancialmente igual al grosor del sustrato, se cubre el grosor de una parte entre los hilos de fibras de refuerzo con el hilo espaciador, incluso si se laminan, las capas respectivas no se ondulan.

[0184] Por la razón descrita anteriormente, se prefiere que el peso por unidad de área de la tela tejida W (g/m^2) y el diámetro medio del hilo espaciador D (mm) estén en la siguiente relación.

$$D = W / (800 \text{ a } 1200)$$

[0185] Como una segunda característica del sustrato de fibras de refuerzo según las realizaciones de la presente invención, se adhiere un material de resina a al menos una superficie de la lámina de fibras de refuerzo formada por la disposición de los hilos de fibras de refuerzo 85 y los hilos espaciadores 86 descritos anteriormente en una dirección. Como material de resina, puede emplearse una resina termoplástica, una resina termoestable, o una mezcla de las mismas. Para obtener la propiedad adhesiva para integrar el sustrato de fibras de refuerzos o formar una preforma, puede usarse exclusivamente una resina termoplástica o una resina termoestable. En un caso en que se requiere resistencia contra impactos tal como CAI, se prefiere una resina termoplástica de excelente dureza.

[0186] Como resina termoplástica, puede emplearse poli(acetato de vinilo), policarbonato, poliacetal, poli(óxido de fenileno), poli(sulfuro de fenileno), polialilato, poliéster, poliamidaimida, poliimida, polieterimida, polisulfona, polietersulfona, poli-eteretercetona, poliaramida, polibenzoimidazol, polietileno, polipropileno, etc.

[0187] Como resina termoestable, puede emplearse resina epoxi, resina de poliéster insaturado, resina de viniléster, resina fenólica, etc.

[0188] La cantidad de adhesión es necesario que esté en un intervalo del 2 al 20% en peso, preferentemente en un intervalo del 5 al 20% en peso. En un caso en que se pretende la integración de los sustratos de fibras de refuerzo, aunque se prefiere que la cantidad de adhesión sea lo máxima posible, si es mayor del 20% en peso, puede darse el problema de que la resina de matriz fluya a través del sustrato en la dirección del grosor del sustrato porque el material de resina cubre la superficie del sustrato de fibras de refuerzo, y por lo tanto, se prefiere una cantidad de adhesión del 20% en peso o menos.

[0189] Por otro lado, si la cantidad de adhesión es menor del 2% en peso, no sólo no se puede mantener la forma sino que también la adhesión en el momento de la laminación llega a ser insuficiente y no puede obtenerse un efecto

deseable.

[0190] Aunque la forma de adhesión del material de resina no está particularmente restringida, se prefiere que sea una formación tachonada (formación tipo puntos). Para formar dicha formación tachonada, puede emplearse un método en el cual se aplica el material de resina sobre el sustrato de fibras de refuerzo en una forma tipo partícula con un diámetro de 400 mm o menos, y por calentamiento, el material de resina tipo partícula se ablanda o funde para adherirse al sustrato. Así, adhiriendo el material de resina en la formación tachonada, como el material de resina no cubre la superficie completa del sustrato, no se daña mucho el impregnado de una resina de matriz en la dirección del grosor, y se prefiere dicha condición. La temperatura de transición vítrea del material de resina está preferentemente en un intervalo de 0 a 100°C.

[0191] Aunque es necesario calentar el material de resina a una temperatura de la temperatura de transición vítrea o superior y ablandar o fundir el material de resina cuando se adhiere el material de resina al sustrato, estableciendo la temperatura de transición vítrea a 100°C o inferior, es posible adherir el material de resina sin calentamiento a elevada temperatura y no es necesario establecer la temperatura de adhesión para la laminación a una elevada temperatura, y por lo tanto, se prefiere dicha condición. En un caso en que se requiere adhesividad, aunque es preferible una resina que tenga una temperatura de transición vítrea lo más baja posible, si es demasiado baja, puede darse el problema de que se reduzcan las propiedades a elevada temperatura de un material compuesto a moldear, y por lo tanto, la temperatura de transición vítrea es preferentemente de 0°C o superior.

[0192] La Fig. 9 muestra otra realización del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención. Se forma un sustrato de fibras de refuerzo 82 según la presente invención disponiendo hilos auxiliares en la dirección de la trama 88 en una dirección perpendicular a los hilos de fibras de refuerzo 85 y los hilos espaciadores 86 descritos anteriormente en un mismo paso, y cruzando los hilos auxiliares en la dirección de la trama 88 con los hilos de fibras de refuerzo 85 y los hilos espaciadores 86 para formar una estructura de tela tejida.

[0193] Mediante la estructura de tela tejida integrada de este modo, los hilos de fibras de refuerzo 85 y los hilos espaciadores 86 no se separan entre sí en el momento de la manipulación, y puede obtenerse un sustrato con una excelente propiedad de manipulación. Sin embargo, se prefiere que los hilos auxiliares en la dirección de la trama 88 sean hilos de pequeño rendimiento, preferentemente con un rendimiento de 10 tex o menos, más preferentemente de 3 tex o menos, para el propósito de suprimir los frunces de los hilos de fibras de refuerzo al mínimo posible. Si el rendimiento de los hilos auxiliares en la dirección de la trama es de más de 10 tex, los frunces de los hilos de fibras de refuerzo llegan a ser muy grandes, y puede darse el problema de que particularmente las propiedades de compresión tales como las requeridas para elementos de aviones se reduzcan remarcadamente.

[0194] La Fig. 10, que se incluye solamente por motivos de referencia, muestra un sustrato de fibras de refuerzo 83 en el cual el material de resina 89 se adhiere sobre la lámina de fibras de refuerzo en un estado dispersado en un estilo tipo fibra.

[0195] La Fig. 11, que se incluye solamente por motivos de referencia, muestra un sustrato de fibras de refuerzo 84 en el que el material de resina 90 se adhiere en un estilo de extensión continua en una forma tipo tira larga y delgada en una dirección perpendicular a los hilos de fibras de refuerzo 85 o los hilos espaciadores 86.

[0196] La Fig. 12 muestra un ejemplo para la ilustración de un hilo espaciador usado en la presente invención, y muestra un hilo recubierto 92 en el cual se enrolla una hebra de recubrimiento 94 alrededor de un hilo central 95 en la dirección Z y adicionalmente sobre el mismo se enrolla una hebra de recubrimiento 93 en la dirección S. Como se ha mencionado anteriormente, se prefiere aumentar la superficie cóncava/convexa del hilo recubierto 92 estableciendo un rendimiento de la hebra de recubrimiento 93 grande y dimensionándolos (recopilándolos) lo máximo posible por retorcido.

[0197] En el sustrato descrito anteriormente, el hilo de fibras de refuerzo es un hilo multifilamento, y aunque el tipo del mismo no está particularmente limitado, por ejemplo, puede plantearse fibra de vidrio, fibra de poliaramida, fibra de PBO, fibra de PVA, fibra de carbono, etc. Entre éstas, se usa preferentemente la fibra de carbono para los elementos estructurales de aviones porque es de excelente resistencia específica y módulo elástico específico.

[0198] Entre las fibras de carbono, se prefiere una fibra de carbono que tenga una resistencia a tracción de 4.500 MPa o mayor y un módulo de tracción de 250 GPa o mayor, determinados en base a JIS-R7601 para aviones porque puede obtenerse un material compuesto con una elevada dureza. Además, como la fibra de carbono es más barata en sus costes de fabricación ya que el rendimiento es mayor, se prefiere usar un hilo denso de fibras de carbono desde el punto de vista de costes de sustrato, pero tiene una limitación sobre la relación con el peso por unidad de área del sustrato.

[0199] En el sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, se prefiere que la relación entre el peso por unidad de área del sustrato W (g/m²) y el rendimiento de la fibra de carbono T (tex) satisfaga la siguiente ecuación.

$$W = k \cdot T^{1/2}$$

Donde $k = 5$ a 15

[0200] La Fig. 1 es una vista en planta de una preforma 91 según la presente invención, en la cual se lamina una pluralidad de los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales A1-A7 mencionados anteriormente cruzándose entre sí y se integran por un material de resina. En un material compuesto, raro es el caso en que los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales se laminan todos en la misma dirección, y habitualmente se emplea una laminación cuasi-isotrópica. Aunque la estructura de laminación se decide dependiendo de los requisitos de un elemento en la práctica, en elementos estructurales primarios de aviones, la tasa de laminación en la misma dirección es mayor. La estructura de laminación de los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales respectivos en la preforma 91 según la presente invención no está particularmente restringida, y se selecciona apropiadamente dependiendo de los requisitos de un material compuesto. Además, pueden combinarse los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales según la presente invención y otros sustratos de fibras de refuerzo, por ejemplo, sustratos de tela tejida bidireccionales. En la preforma 91 según la presente invención, como puede impregnarse fácilmente una resina de matriz líquida en la dirección del grosor mediante un paso de resina formado por los huecos de las partes cóncavas de los hilos espaciadores de los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales que forman la preforma incluso si la preforma está formada para ser densa, puede obtenerse un material compuesto sin generar partes sin impregnado.

[0201] A continuación, se forma el material compuesto (producto moldeado de fibras reforzadas con resina) según la presente invención impregnando una resina de matriz en la preforma descrita anteriormente y curándola.

[0202] Como método para producir un material compuesto según la presente invención, puede emplearse un método para fijar la preforma descrita anteriormente en un molde, inyectar una resina líquida en condiciones en que la presión del interior del molde se reduce, y curar la resina después de impregnar la resina en los sustratos.

[0203] La resina de matriz puede impregnarse en un periodo más corto de tiempo cuando la viscosidad es inferior. En cuando a dicha viscosidad de una resina de matriz, la viscosidad a la temperatura de inyección es preferentemente de 400 mPa s o menos, más preferentemente de 200 mPa s o menos. Además, la viscosidad a la temperatura de inyección después de una hora es preferentemente de 600 mPa s o menos, más preferentemente de 400 mPa s o menos. Si la temperatura de inyección es de 100°C o inferior, como pueden simplificarse el dispositivo y el trabajo, se prefiere dicha condición.

[0204] En cuando al tipo de resina de matriz, por ejemplo, puede emplearse al menos una seleccionada entre el grupo que consiste en resina epoxi, resina de fenol, resina de viniléster, resina de poliéster insaturado, resina de éster de cianato, resina de bismaleimida, resina de benzoaxadina y resina acrílica.

[0205] Como el material compuesto (producto moldeado de fibras reforzadas con resina) según la presente invención puede usarse para elementos de aviones, para proporcionar dureza al mismo, es posible añadir un elastómero o una goma a la resina descrita anteriormente y además es posible añadir un agente de curado, un catalizador, etc. al mismo.

Ejemplos

[0206] A partir de ahora en la presente memoria, se explicará la presente invención en base a ejemplos y ejemplos comparativos. Donde los materiales usados en los ejemplos y ejemplos comparativos y los métodos de moldeo son los siguientes.

1. Hilo de fibras de refuerzo:

<Fibra de hilos de refuerzo A>

[0207] Fibra de carbono de sistema PAN, 24.000 filamentos, rendimiento: 1.030 tex, resistencia a tracción: 5,9 GPa, módulo elástico de tracción: 295 GPa, alargamiento a rotura: 2,0%, energía de alargamiento a rotura: 59 MJ/m³

<Hilo de fibras de refuerzo B>

[0208] Fibra de carbono de sistema PAN, 6.000 filamentos, rendimiento: 396 tex, resistencia a tracción: 3,5 GPa, módulo elástico de tracción: 235 GPa, alargamiento a rotura: 1,5%, energía de alargamiento a rotura: 26 MJ/m³

<Hilo de fibras de refuerzo C>

[0209] Fibra de carbono de sistema PAN, 24.000 filamentos, rendimiento: 1.030 tex, resistencia a tracción: 5,8 GPa, módulo elástico de tracción: 295 GPa

2. Hilo auxiliar:

<Hilo auxiliar A>

[0210] Fibra de vidrio, ECE225 1/0 1,0 Z, rendimiento: 22,5 tex, alargamiento:

3% o más, "DP" tipo aglutinante (producido por Nitto Bouselki Co., Ltd., compañía japonesa)

<Hilo auxiliar B>

[0211] Fibra de poliamida 66, 7 filamentos, rendimiento: 1,7 tex, punto de fusión: 255°C, componente oleoso: 0,6%

<Hilo auxiliar C>

[0212] Fibra de carbono de sistema PAN, 1.000 filamentos, rendimiento: 66 tex, resistencia a tracción: 3,5 GPa, módulo elástico de tracción: 235 GPa, alargamiento a rotura: 1,5%, energía de alargamiento a rotura: 26 MJ/m³

<Hilo auxiliar D>

[0213] Fibra de poliamida de bajo punto de fusión (fibra de poliamida copolimerizada), 10 filamentos, rendimiento: 5,5 tex, punto de fusión: 115°C

3. Material de resina:

[0214] La composición de resina preparada por amasado de fusión en caliente de un 60% en peso de resina polietersulfona (producida por Sumitomo Chemical Co., Ltd., compañía japonesa, "Sumika Excel" (marca registrada) 5003P) (componente principal) y un 40% en peso de la siguiente composición de resina epoxi mediante una extrusora de doble tornillo y por fusión compatible de las mismas, se molió en condiciones de refrigeración en forma de partículas. Diámetro medio de partícula D50 (determinado por LMS-24 producido por Seisin Enterprise Co., Ltd. (compañía japonesa) usando un método de dispersión por difracción láser): 115 µm, temperatura de transición vítrea: 92°C.

[0215] Composición de resina epoxi: mezcla uniformemente mezclada a 100°C de 21 partes en peso de "Epikote" (marca registrada) 806 producida por Japan Epoxi Resins Co. Ltd., 12,5 partes en peso de NC-3000 producida por Nippon Kayaku Co., Ltd., compañía japonesa, y 4 partes en peso de TEPIC-P producido por Nissan Chemical Industries, Ltd., compañía japonesa.

4. Resina de matriz:

[0216] Se añadieron 39 partes en peso del siguiente agente de curado a 100 partes en peso del siguiente líquido principal, y se mezclaron uniformemente a 80°C para preparar una composición de resina epoxi. Viscosidad a 80°C determinada por un viscosímetro Modelo E: 55 mPa s, viscosidad después de una hora: 180 mPa · s, temperatura de transición vítrea después de curado a 180°C durante dos horas: 197°C, módulo elástico a flexión (JIS-K7171): 3,3 GPa.

[0217] Líquido principal: una composición epoxi preparada mezclando uniformemente y disolviendo 40 partes en peso de "Araldite" (marca registrada) MY-721 producida por Vantico Inc., 3,5 partes en peso de "Epikote" (marca registrada) 825 producida por Japan Epoxi Resins Co. Ltd., 15 partes en peso de GAN producida por Nippon Kayaku Co. Ltd., y 10 partes en peso de "Epikote" (marca registrada) 630 producida por Japan Epoxi Resins Co. Ltd., a 70°C durante una hora.

[0218] Agente de curado: una composición de poliamina preparada mezclando uniformemente y disolviendo 70 partes en peso de "Epikure" (marca registrada) W producida por Japan Epoxi Resins Co. Ltd., 20 partes en peso de 3,3'-diaminofenilsulfona producida por Mitsui Kagaku Fine Chemical, Inc., compañía japonesa, y 10 partes en peso de "Sumicure" (marca registrada) S producida por Sumitomo Chemical Co., Ltd. a 100°C durante una hora, después de ello bajando la temperatura hasta 70°C, y a ello, mezclando uniformemente y disolviendo 2 partes en peso de t-butilcatecol como agente de aceleración del curado a 70°C durante 30 minutos.

Ejemplo 1:

[0219] Se formó un grupo de hilos de fibras de refuerzo tipo lámina con una anchura de 1 m disponiendo 184 hilos de fibras de refuerzo A en paralelo entre sí (etapa de estirado), y disponiéndolos en una dirección en extremos de urdimbre de 1,8 hilos/cm. Además, se formó un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre disponiendo los hilos auxiliares A descritos anteriormente en paralelo entre sí y disponiéndolos en la misma dirección que la dirección del grupo de hilos de fibras de refuerzo A alternativamente con los hilos de fibras de refuerzo A en extremos de urdimbre de 1,8 hilos/cm. Se formó un grupo de hilos en la dirección de la urdimbre tipo lámina usando ambos grupos de hilos. A continuación, los hilos auxiliares B en la dirección de la trama se dispusieron en paralelo

entre sí y se dispusieron en extremos de trama de 3 hilos/cm en una dirección perpendicular al grupo de hilos en la dirección de la urdimbre, y los hilos auxiliares A y los hilos auxiliares B se cruzaron en una estructura de tejido liso usando un telar para formar una tela tejida sin frunces unidireccional. Aunque el material de resina tipo partícula se dispersó uniformemente sobre dicha tela tejida sin frunces unidireccional por el sistema de recubrimiento en polvo Tribomatic II producido por Nordson Corporation, el material de resina se aplicó sobre la superficie en 26 g/m² (14% en peso), se pasó a través de un calentador de rayos infrarrojos en condiciones de 185°C y 0,3 m/min, y se adhirió de este modo el material de resina a una superficie del sustrato (etapa de formación de sustrato). Después, el sustrato se pinzó entre papeles antiadhesivos, se pasó de forma continua a través de rodillos de presión que tenían una temperatura de 160°C (etapa de prensado), y después de enfriarse, se enrolló en un rodillo (etapa de bobinado).

[0220] En el sustrato de fibras de refuerzo obtenido, como los cruces se fijan por el material de resina, no solamente fue excelente la propiedad de manipulación, sino que también pudo mantenerse la rectilineidad de los hilos de fibras de refuerzo. Además, la masa del sustrato fue baja, el sustrato era plano y de muy excelente propiedad de manipulación, y estaba a un nivel disponible para automatizarse para la laminación. El peso por unidad de área de los hilos de fibras de refuerzo fue de 190 g/m², el grosor del sustrato fue de 0,24 mm, y la V_{pf} fue del 44%.

Ejemplo Comparativo 1:

[0221] Se preparó un sustrato de fibras de refuerzo de un modo similar al del el Ejemplo 1 con diferentes condiciones donde en la etapa de formación de sustrato, la tela tejida unidireccional se formó disponiendo los hilos auxiliares A en la dirección de la trama en paralelo entre sí, disponiendo los hilos auxiliares A en extremos de trama de 3 hilos/cm en una dirección perpendicular al grupo de hilos de fibras de refuerzo A, cruzando los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares A en la dirección de la trama para formar una tela tejida unidireccional con una estructura de tejido liso usando un telar, y la tela tejida unidireccional no se pasó a través de la etapa de prensado.

[0222] El sustrato de fibras de refuerzo obtenido fue de elevada masa, y la superficie cóncava/convexa fue grande. El peso por unidad de área de los hilos de fibras de refuerzo fue de 190 g/m², el grosor del sustrato fue de 0,34 mm, y la V_{pf} fue del 31%.

Ejemplo 2, Ejemplo Comparativo 2:

[0223] Usando el sustrato de fibras de refuerzos preparado en el Ejemplo 1 y el Ejemplo Comparativo 1, se moldearon materiales compuestos destinados a satisfacer los factores (a) a (c) mencionados anteriormente mediante el siguiente método de moldeo, y se estimaron los materiales compuestos moldeados.

<Método de moldeo>

[0224] A partir de ahora en la presente memoria, se explicará el método de moldeo según la presente invención con referencia a los dibujos.

[0225] La Fig. 14 es una vista esquemática en sección vertical de un ejemplo de un aparato para moldear un material compuesto según la presente invención. Como se muestra en la Fig. 14, los sustratos de fibras de refuerzo 71 se laminan en una cantidad predeterminada y un ángulo predeterminado sobre la superficie de un molde de aluminio tipo placa 72. Una tela tejida de fibras de poliéster tratada con un tratamiento antiadhesivo, que es una capa de peladura 73, se dispone sobre la superficie superior del laminado, y sobre la misma, se dispone un medio de distribución de resina 74 compuesto por una lámina tipo malla de polipropileno, y adicionalmente sobre la misma, se coloca una placa de capucha de aluminio 80 que funciona como placa de prensado. Se lamina una pluralidad de telas no tejidas de poliéster, que forman respiraderos marginales 76, y se dispone alrededor de la parte de contacto del laminado con el molde. El medio se dispone de tal modo que la distancia entre un acceso de vacío 78 o el respiradero marginal 76 y la parte más cercana del medio sea de 10 mm o más y el contorno máximo de la vista en planta del medio sea menor en aproximadamente 10 a aproximadamente 50 mm que el contorno de la vista en planta del laminado en la posición que enfrenta el medio (vista en planta: no mostrada). El conjunto se cubre con una película de nylon, que forma un material de bolsa 75, la parte alrededor del material de bolsa 75 y el molde 72 se sella por un material de sellado 77. Se fija un acceso de inyección de resina 79 para ponerlo en contacto con el medio, y se sella mediante el material de sellado. El acceso de vacío 78 se fija sobre el respiradero marginal 76 lejos del acceso de inyección de resina 79, y se sella de forma similar. Aspirando desde el acceso de vacío 78, se lleva a vacío el interior del material de bolsa 75 de modo que la presión reducida llega a ser una presión en un intervalo de 0,08 a 0,1 MPa. El dispositivo completo se calienta hasta 80°C a una velocidad de calentamiento de 3°C/min. Mientras continúa la operación de vacío, después de que el laminado alcance 80°C, se mantiene ese estado durante una hora. Después de ello, se abre la válvula del acceso de inyección de resina 79, y se inyecta una resina de matriz por presión atmosférica a través del medio mediante una cantidad necesaria. Después de completar el impregnado, se cierra la válvula del acceso de inyección de resina 79, y se detiene la inyección de la resina de matriz. Donde se continúa la operación de vacío durante 4 horas desde el inicio de la inyección. El dispositivo completo se calienta hasta 130°C a una velocidad de calentamiento de 1,5°C/min. En el momento en que se alcanzan 130°C, se detiene la operación de vacío sellando el acceso de vacío 78. En ese momento, se sella el interior del material de bolsa 75 de modo que se mantenga el estado de vacío. Después de alcanzar 130°C, las condiciones se mantienen durante

- 5 dos horas para curar la resina de matriz. Después, se disminuye la temperatura hasta una temperatura ambiente a una velocidad de 3°C/min. La capa de peladura 73 y el medio 74 se retiran, y después se saca un material compuesto. Después, el material compuesto se coloca sobre el molde (estado autoestable), y se calienta hasta 180°C a una velocidad de calentamiento de 1,5°C/min. Después de alcanzar 180°C, las condiciones se mantienen durante dos horas para curar la resina de matriz por segunda vez. Después de ello, se disminuye la temperatura hasta una temperatura ambiente a una velocidad de 3°C/min para obtener un material compuesto. El resultado descrito anteriormente se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

	V _{rel} (Grosor)	Cantidad de material de resina por unidad de área (Contenido)	Proporción de grosor del hilo	Deformación máxima	Ejemplo 2, Ejemplo Comparativo 2		
					a	b	c
					CAI/RT (V _i)	NHC/RT (V _i)	CSIRT (V _i) CSHW (V _i)
Ejemplo 1, 2	44% (0,24 mm)	26 g/m ² (12% p)	0,4	0,13 mm	260 MPa (58%)	605 MPa (60%)	1570 MPa (57%) 1220 MPa (57%)
Ejemplo Comparativo 1, 2	31% (0,34 mm)	26 g/m ² (12% p)	0,1	0,32 mm	265 MPa (56%)	460 MPa (56%)	1290 MPa (58%) 1030 MPa (58%)

[0226] Como se entiende a partir de la Tabla 1, con respecto a las propiedades mecánicas, el material compuesto del Ejemplo 2 satisfizo todos los factores (a) a (c) y mostró valores muy elevados. Además, como resultado de la observación de las secciones de los materiales compuestos, la ondulación de los sustratos de fibras de refuerzo en el Ejemplo 1 fue pequeña en comparación con la del Ejemplo Comparativo 1. Se considera que las propiedades mecánicas extremadamente elevadas se mostraron porque estaban originadas por estas condiciones.

Ejemplo 3:

[0227] Los hilos de fibras de refuerzo A se dispusieron en paralelo entre sí y se dispusieron en una dirección en extremos de urdimbre de 1,8 cabos/cm para formar un grupo de hilos de fibras de refuerzo A tipo lámina. Los hilos auxiliares B (hilos de fibras de poliamida) se dispusieron en paralelo entre sí y se dispusieron en una dirección perpendicular al grupo de hilos de fibras de refuerzo A en extremos de trama de 1 cabo/cm, cruzando los hilos de fibras de refuerzo A, para formar una estructura no tejida.

[0228] Aunque el material de resina se dispersó uniformemente por aire presurizado usando el sistema de recubrimiento en polvo Tribomatic II producido por Nordson Corporation, el material de resina se aplicó sobre la superficie en un 4% en peso. Después de ello, el sustrato se pinzó con papeles antiadhesivos y se pasó a través de un rodillo de presión caliente (anchura: 30 cm) a condiciones de 180°C, una presión de cilindro de 0,2 MPa (fuerza de prensado: 1,5 kN) y 0,5 m/min, para adherir el material de resina sobre la superficie. En cuando a la superficie posterior, se adhirió de forma similar el material de resina por 8 g/m² (4% en peso), y el material de resina se adhirió a la superficie y la superficie posterior totalmente en una cantidad de 16 g/m² (8% en peso).

[0229] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, aunque no podía manipularse exclusivamente la tela en un estado anterior a la adhesión del material de resina de la estructura no tejida, después de la adhesión del material de resina, se fijaron los hilos de fibra de carbono y los hilos de fibra de poliamida mediante el material de resina, y se hizo posible la manipulación. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,2 g/m² y el 0,1% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²), el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm, y no había sustancialmente huecos entre los hilos de fibras de refuerzo A.

Ejemplo 4:

[0230] Los hilos auxiliares B (hilo de fibra de poliamida) se dispusieron en paralelo entre sí y se dispusieron en una dirección perpendicular al grupo de hilos de fibras de refuerzo A del Ejemplo 3 en extremos de trama de 3 cabos/cm, los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares B se cruzaron para formar una estructura de tejido liso usando un telar (tela tejida unidireccional).

[0231] El material de resina soltó de forma natural mientras se medía usando un rodillo gofrador y una rasqueta, y el material de resina se aplicó sobre la superficie por 15 g/m² (7% en peso) mientras se dispersaba uniformemente mediante una red de vibración. Después de ello, el sustrato se pasó a través de un calentador de rayos infrarrojos en condiciones de 185°C y 0,3 m/min, para adherir el material de resina solamente en la superficie. La superficie posterior no se adhirió con el material de resina.

[0232] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó por el cruce de los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares B además de la fijación debida al material de resina, la estabilidad de formación fue mucho mejor que la del Ejemplo 3. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,5 g/m² y el 0,3% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²), el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm, y el hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,2 mm.

Ejemplo 5:

[0233] Se obtuvo una tela tejida unidireccional de un modo similar al del Ejemplo 4 con diferentes condiciones usando los hilos de fibras de refuerzo A en extremos de urdimbre de 2,8 cabos/cm y aplicando el material de resina a 23 g/m² (7% en peso).

[0234] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó por más cruces de los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares B, la estabilidad de formación fue mucho mejor que la del Ejemplo 4. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,5 g/m² y el 0,2% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (285 g/m²), el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm, y el hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,1 mm.

Ejemplo 6:

[0235] Se obtuvo una tela tejida unidireccional de un modo similar al del Ejemplo 4 con diferentes condiciones usando los hilos de fibras de refuerzo B en extremos de urdimbre de 4,8 cabos/cm.

[0236] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó por más cruces de los hilos de fibras de refuerzo B y los hilos auxiliares B, la estabilidad de formación fue mucho mejor que la del Ejemplo 4. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,5 g/m² y del 0,3% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²), el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm, y el hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,1 mm.

Ejemplo 7:

[0237] Se dispusieron hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre (hilo recopilado A preparado por recubrimiento del hilo auxiliar A (hilo de fibra de vidrio) con el hilo auxiliar D (hilo de fibra de poliamida de bajo punto de fusión) a 250 vueltas/m) en paralelo entre sí, y se dispusieron en extremos de urdimbre de 1,8 cabos/cm en una dirección que fue la misma dirección que la del grupo de hilos de fibras de refuerzo A del Ejemplo 3. Se formó un grupo de hilos compuestos tipo lámina disponiendo los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos dimensionados (recopilados) A alternativamente y usando ambos hilos.

[0238] Los hilos auxiliares B (hilo de fibra de poliamida) se dispusieron en paralelo entre sí y se dispusieron en extremos de trama de 3 cabos/cm en una dirección perpendicular a la del grupo de hilos compuestos, y se formó una estructura de tejido liso cruzando los hilos dimensionados (recopilados) A y los hilos auxiliares B usando un telar (una tela tejida sin frunces unidireccional). El material de resina se adhirió de un modo similar al del Ejemplo 4 a 27 g/m² (12% en peso).

[0239] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó mediante fuertes cruces de los hilos recopilados A y los hilos de fibra de poliamida, la estabilidad de formación fue aún mucho mejor que la del Ejemplo 4. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,5 g/m² y el 0,3% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²), y el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm. El hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,4 mm, y el hueco formado fue más ancho que el del Ejemplo 4 por la disposición de los hilos recopilados A.

Ejemplo 8:

[0240] Se obtuvo una tela tejida unidireccional de un modo similar al del Ejemplo 7 con diferentes condiciones usando los hilos auxiliares C (hilo de fibra de carbono) como hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre. En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó mediante fuertes cruces de los hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares C, la estabilidad de formación fue aún mucho mejor que la del Ejemplo 4. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre fue de 13 g/m² y el 6,8% del peso por unidad de área de las fibras de refuerzo, y el hueco formado entre los hilos de fibras de refuerzo A fue más ancho que el del Ejemplo 7 por la disposición de los hilos auxiliares C.

Ejemplo 9:

[0241] En cuanto a la estructura no tejida formada en el Ejemplo 3, se formó una estructura de tejido compuesto usando una máquina de coser multi-eje de modo que los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre (hilo auxiliar B: hilo de fibra de poliamida) se dispusieran entre los hilos de fibras de refuerzo en una estructura de cosido en cadena y a calibre 5 (5 columnas/25 mm). Donde los hilos auxiliares B se insertaron en la dirección de la trama de modo que se formara un estilo de tricotado hueco. Se usó una tela no tejida de nylon 12 (2 g/m², fabricada por soplado en fusión) como material de soporte. En dicha estructura, es posible manipularlo exclusivamente. El material de resina se adhirió de forma similar al Ejemplo 4.

[0242] En la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida, como la tela se fijó mediante fuertes cruces de los hilos de fibra de poliamida además de la fijación debida al material de resina, la estabilidad de formación fue aún mejor. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 0,5 g/m² y el 0,3% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²), y el grosor del hilo de fibra de poliamida fue de 30 µm. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares en la dirección de la urdimbre fue de 1,1 g/m² y el 0,6% del peso por unidad de área de las fibras de carbono (190 g/m²). El hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,4 mm, y el hueco formado fue de una anchura igual o mayor que la del Ejemplo 6 por la disposición de los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre.

Ejemplo 10:

[0243] Usando las telas de fibras de refuerzo unidireccionales preparadas en los Ejemplos 3 a 9, se moldearon los materiales compuestos destinados a satisfacer los factores (a), (c) y (d) mencionados anteriormente mediante el método de moldeo mencionado anteriormente, y los materiales compuestos moldeados se estimaron con respecto a la resistencia a compresión a temperatura ambiente después de impacto (CAI), resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente (OHC/RT), resistencia a compresión con agujero a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo (OHC/HW), resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente (CS/RT) y resistencia a compresión a 0° a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo (CS/HW)

5 mencionadas anteriormente.

[0244] Las telas de fibras de refuerzo unidireccionales obtenidas en los Ejemplos 3 a 9 tenían excelente propiedad adherente, etc. en el momento de la laminación, y pudieron acortarse los tiempos de moldeo. Además, no se observaron partes no impregnadas en los materiales compuestos obtenidos, y se demostró la consecución de un buen moldeo.

Ejemplo Comparativo 3:

10 [0245] Se obtuvo una tela tejida unidireccional de un modo similar al del Ejemplo 4 con diferentes condiciones usando hilos de fibras de refuerzo A y los hilos auxiliares A (hilo de fibra de vidrio). Aunque la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida tenía buena propiedad de manipulación, las propiedades mecánicas de un compuesto a moldear fueron malas, como se describe posteriormente. El peso por unidad de área de las fibras auxiliares fue de 6,8 g/m² y el 3,6% del peso por unidad de área de las fibras de carbono, el grosor del hilo de fibra de vidrio fue de 60 µm, y el hueco entre los hilos de fibras de refuerzo A fue de 0,2 mm.

Ejemplo Comparativo 4:

20 [0246] Se obtuvo una tela tejida sin frunces unidireccional de un modo similar al del Ejemplo 7 con condiciones diferentes donde no se usó el material de resina. Como no se usó el material de resina, la tela de fibras de refuerzo unidireccional obtenida tuvo una propiedad de manipulación y estabilidad de formación remarcadamente malas en comparación con Ejemplo 7.

Ejemplo Comparativo 5:

25 [0247] En cuando a las telas de fibras de refuerzo unidireccionales obtenidas en los Ejemplos Comparativos 3 y 4, los materiales compuestos se moldearon de forma similar al Ejemplo 10 y sirvieron para la estimación. Aunque el material compuesto del Ejemplo Comparativo 3 mostró propiedad adherente por el material de resina, el material compuesto del Ejemplo Comparativo 4 no mostró propiedad adherente en el momento de la laminación, necesitó un largo tiempo para la laminación, y tenía mala productividad.

30 [0248] Los resultados descritos anteriormente se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

	Ejemplo 10, Ejemplo Comparativo 5										
	Tasa de rendimiento del hilo auxiliar en la dirección de la trama al hilo de fibras de refuerzo	Tasa de rendimiento del hilo auxiliar en la dirección de la urdimbre al hilo de fibras de refuerzo	Cantidad de adhesión del material de resina	Propiedad de manipulación de la tela de fibras de refuerzo unidireccional	a			b		c	Propiedad de impregnado en (a) cuando se moldea el material compuesto
					CAI (Fracción volumétrica de fibras de refuerzo, V_f)	OHC/RT (V_f)	OHC/HW (V_f)	CS/RT (V_f)	CS/HW (V_f)		
Ejemplo 3	0,2%	ninguna	8% p	0	272 MPa (59%)	297 MPa (60%)	240 MPa (60%)	1660 MPa (60%)	1310 MPa (60%)	Δ parcialmente no impregnado tiempo de impregnado: largo	
Ejemplo 4	0,2%	ninguna	7% p	0	264 MPa (58%)	283 MPa (59%)	228 MPa (59%)	1630 MPa (60%)	1290 MPa (60%)	0 todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: medio	
Ejemplo 5	0,2%	ninguna	7% p	⊙	252 MPa (58%)	289 MPa (61%)	238 MPa (61%)	1510 MPa (61%)	1220 MPa (61%)	⊙ todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: corto	
Ejemplo 6	0,4%	ninguna	7% p	⊙	198 MPa (58%)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	0 todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: medio	
Ejemplo 7	0,2%	2,7%	12% p	⊙	280 MPa (58%)	292 MPa (59%)	236 MPa (59%)	1630 MPa (59%)	1260 MPa (59%)	⊙ todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: corto	
Ejemplo 8	0,2%	6,4%	12% p	⊙	283 MPa (57%)	- (-)	- (-)	1680 MPa (58%)	1320 MPa (58%)	⊙ todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: corto	
Ejemplo 9	0,2%	0,2%	7% p	⊙	255 MPa (58%)	- (-)	- (-)	1580 MPa (60%)	1200 MPa (60%)	⊙ todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: corto	
Ejemplo Comparativo 3	2%	ninguna	7% p	⊙	249 MPa (58%)	269 MPa (59%)	208 MPa (59%)	1310 MPa (60%)	1050 MPa (60%)	⊙ todas las capas impregnadas tiempo de impregnado: corto	
Ejemplo Comparativo 4	0,2%	2%	ninguna	X	130 MPa (62%)	290 MPa (62%)	241 MPa (62%)	1670 MPa (63%)	1280 MPa (60%)	Δ parcialmente no impregnado tiempo de impregnado: largo	

[0249] Con respecto a las propiedades mecánicas, los materiales compuestos de los Ejemplos satisficieron todos los factores descritos anteriormente y mostraron valores muy elevados. En particular, los materiales compuestos de los Ejemplos 3 y 7 mostraron excelentes propiedades. Como el material compuesto del Ejemplo 6 tenía una mala energía de alargamiento a rotura de las fibras de carbono, la CAI del mismo disminuyó enormemente en comparación con la del Ejemplo 4.

[0250] Como resultado de la observación de las secciones de los materiales compuestos, la sección del hilo de fibra de carbono en el material compuesto del Ejemplo 7 era de una forma tipo rectangular, pero la del Ejemplo 4 era de una forma tipo oval. En el Ejemplo 3, no permanecieron marcas de los hilos. La ondulación de la capa de tela de fibras de refuerzo unidireccional del Ejemplo 7 fue remarcadamente pequeña en comparación con la del Ejemplo 4, y fue casi igual que la del Ejemplo 3. Se considera que, tenido esto como origen, pudieron mostrarse propiedades mecánicas extremadamente elevadas.

[0251] Por otro lado, en el Ejemplo Comparativo 3, como el rendimiento de los hilos auxiliares estaba fuera del intervalo según la presente invención, particularmente la OHC y la CS fueron malas. El material compuesto del Ejemplo Comparativo 4 fue de CAI remarcadamente mala.

[0252] Con respecto a la propiedad de manipulación y la propiedad de impregnado de la resina de matriz del sustrato de fibras de refuerzo unidireccional, los sustratos de los Ejemplos 5, 7, 8 y 9 fueron excelentes en comparación con los de los Ejemplos 3 y 4. En el Ejemplo Comparativo 4, como no se usó material de resina, la propiedad de impregnado del mismo fue del mismo nivel o inferior en comparación con la de los Ejemplos 3 y 4. Concretamente, una de las realizaciones más preferibles es la del Ejemplo 7.

Ejemplo 11:

[0253] Con respecto al sustrato y el hilo recubierto mostrados en las Fig. 9 y 12, los hilos de fibras de refuerzo C (hilo de fibra de carbono) se dispusieron como hilos de fibras de refuerzo 5 en extremos de urdimbre de 1,87 hilos/cm, y como hilos espaciadores 6, se prepararon hilos recubiertos dobles en los cuales se dispusieron dos hilos de vidrio ECE225 1/0 como hilo central, y sobre el mismo se cubrieron hilos de vidrio ECE225 1/0 doblemente en las direcciones S/Z respectivamente a 300 vueltas/m, y los hilos espaciadores se dispusieron entre los hilos de fibras de refuerzo como urdimbre (hilo auxiliar en la dirección de la urdimbre), y usando hilos filamentosos de poliamida 66 con un rendimiento de 1,7 tex como tramas en extremos de trama de 3,0 hilos/cm, se estructuró un tejido liso con el hilo de fibras de carbono y los hilos espaciadores. La proporción de la anchura máxima/anchura mínima del hilo recubierto fue de 1,6.

[0254] Después de preparar la tela tejida, se aplicaron partículas preparadas por molienda de un material de resina de una composición de resina con una tasa de resina de polietersulfona y epoxi de 60:40 (temperatura de transición vítrea: 62°C) sobre la tela tejida a 28 g/m², el material de resina se adhirió a la superficie de la tela tejida por calentamiento usando un calentador de rayos infrarrojos para formar un sustrato de fibras de refuerzo unidireccional según la presente invención. Se laminaron 24 láminas de los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales obtenidos con un tamaño de 70 cm x 70 cm en una estructura de laminación de [-45°/0°/+45°/90°]3S para obtener un sustrato de fibras de refuerzo laminado (preforma en seco).

[0255] El sustrato de fibras de refuerzo laminado se colocó en una placa de moldeo, se cubrió con una película de bolsa en condiciones en que se proporcionó un orificio de inyección en la posición central de la parte superior del laminado, se sellaron en una parte entre la película de bolsa y la placa de moldeo mediante una cinta de sellado, y se redujo la presión del interior de la película de bolsa.

[0256] Después de calentar el sustrato laminado preparado a 70°C durante una hora, usando una resina líquida como resina de matriz cuya viscosidad a 70°C era de 130 mPa · s y cuya viscosidad a 70°C después de una hora era de 320 mPa s, se realizó el impregnado de la resina. Después del impregnado de la resina, se observó que la resina había fluido hasta el tubo de vacío.

[0257] Entonces, después de pasadas 1,5 horas tras la inyección de resina, se calentó hasta 130°C a una velocidad de calentamiento de 1,5°C/min, y después de mantenerse a 130°C durante dos horas, la película de bolsa se retiró y se extrajo el producto moldeado. El producto moldeado se curó posteriormente a 180°C durante dos horas para obtener un producto final.

[0258] No hubo casi ondulación en cada capa en la sección del producto moldeado obtenido, y estuvo aproximadamente al nivel en la sección de un producto moldeado obtenido por un moldeo en autoclave convencional usando un prepeg.

Ejemplo Comparativo 6:

[0259] Mediante un método similar al del Ejemplo 11 con diferentes condiciones donde no se usó el hilo

espaciador 6, se preparó una tela tejida, se adhirió un material de resina, y se obtuvo un sustrato de fibras de refuerzo laminado (preforma en seco), y el moldeo se realizó mediante el mismo método que el del Ejemplo 11.

[0260] Sin embargo, en la tela tejida del Ejemplo Comparativo 6, como no había huecos debido a los hilos espaciadores que serían el paso de resina, la resina no alcanzó la superficie inferior en 60 minutos, y por lo tanto se detuvo el moldeo. Cuando se observó la sección de la parte central del producto moldeado, aunque la resina alcanzó solamente la parte central de la superficie inferior con un diámetro de aproximadamente 20 cm y esa parte estaba húmeda, la resina de matriz no alcanzó toda la parte a su alrededor.

[0261] Para aclarar la diferencia entre los sustratos de fibras de refuerzo unidireccionales del Ejemplo 11 y el Ejemplo Comparativo 6, como resultado de la determinación de la permeabilidad al aire (JIS-L1096 o ASTM-D737, tipo frazier) de los sustratos, el sustrato del Ejemplo 11 tenía un valor de $56 \text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{segundo})$ mientras que el sustrato del Ejemplo Comparativo 6 tenía un valor de $12 \text{ cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{segundo})$, y no se descubrió que había una gran diferencia entre ellos.

[0262] Cualquiera de las características particulares en un sustrato de fibras de refuerzo presente en cualquiera de los aspectos 1 - 3 de la invención, expuesto en la presente memoria, o compuesto que lo contenga, puede, cuando sea apropiado, estar presente como característica adicional opcional en un sustrato de fibras de refuerzo según cualquier otro de los aspectos 1 - 3. Así, un sustrato según el segundo o tercer aspecto puede tener una V_{pf} en el intervalo del 40 - 60%. Un sustrato según el primer o tercer aspecto puede tener una trama auxiliar que puede tener un rendimiento del 1% o el rendimiento del hilo de fibras de refuerzo. Un sustrato según el primer o segundo aspecto puede incluir adicionalmente hilos espaciadores entre los hilos de fibras de refuerzo continuos paralelos, pudiendo tener dichos hilos espaciadores una superficie cóncava/convexa. Asimismo, cualquier característica opcional adicional descrita en relación a un aspecto particular de la invención, puede, cuando sea apropiado, estar presente en un sustrato de fibras de refuerzo según cualquier otro aspecto.

REIVINDICACIONES

1. Un sustrato de fibras de refuerzo (11), que tiene un grupo de hilos de fibras de refuerzo dispuesto con hilos de fibras de refuerzo (15) en paralelo entre sí en una dirección y un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama formado por hilos auxiliares (13) que se extienden en una dirección a través de los hilos de fibras de refuerzo, **caracterizado por que** los hilos de fibras de refuerzo son hilos de fibra de carbono con un rendimiento (*yield*) en un intervalo de 800 a 1.700 tex, los hilos auxiliares en la dirección de la trama tienen un rendimiento de 8 tex o menos y que es de no más del 1% del rendimiento del hilo de fibras de refuerzo, y se proporciona del 0,5 al 20% en peso de un material de resina (14) tipo polvo que no cubre la superficie completa del sustrato, al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo.
2. Un sustrato de fibras de refuerzo según la reivindicación 1, en el cual el sustrato tiene un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre formado por hilos auxiliares (44) que se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo (42), y el rendimiento del hilo auxiliar que forma el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre es de no más del 20% del rendimiento del hilo de fibras de refuerzo.
3. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquier reivindicación precedente, en el cual el sustrato tiene un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre formado por hilos auxiliares que se extienden en una dirección paralela a los hilos de fibras de refuerzo, un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama está dispuesto en cada superficie del sustrato, y el sustrato se forma como una tela tejida sin frunces unidireccional, cuya estructura de tejido está formada por hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre e hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama.
4. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual un hueco medio entre hilos de fibras de refuerzo adyacentes está en un intervalo de 0,1 a 1 mm.
5. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el material de resina está tachonado sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, un diámetro medio del material de resina tachonado sobre la superficie del sustrato de fibras de refuerzo, visto en el plano, es de 1 mm o menos, y una altura media del material de resina tachonado desde la superficie del sustrato de fibras de refuerzo está en un intervalo de 5 a 250 μ m.
6. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual la fracción volumétrica V_{pf} de fibras de refuerzo del sustrato de fibras de refuerzo, calculada a partir del grosor del sustrato de fibras de refuerzo que se determina en base a JIS-R7602, está en el intervalo del 40 al 60%.
7. Un sustrato de fibras de refuerzo (81) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual los hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre (86) que tienen una superficie cóncava/convexa están dispuestos entre hilos de fibras de refuerzo (85).
8. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en el cual se realiza un tratamiento de dimensionado o recopilación sobre los hilos auxiliares que forman el grupo de hilos auxiliares en la dirección de la urdimbre.
9. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual, cuando se moldea un material compuesto que tiene una fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo del 53 al 65%, el material compuesto satisface al menos dos de las siguientes propiedades (a) a (d):
 - (a) una resistencia a compresión a temperatura ambiente después de impacto a una energía de impacto de 6,67 J/mm determinada por un método definido en SACMA-SRM-2R-94 que es de 240 MPa o mayor;
 - (b) una resistencia a compresión sin agujero a temperatura ambiente usando un laminado que tiene una estructura de laminación definida en SACMA-SRM-3R-94 que es de 500 MPa o mayor;
 - (c) una resistencia a compresión a 0° a temperatura ambiente determinada por un método definido en SACMA-SRM-1R-94 que es de 1.350 MPa o mayor, y una resistencia a compresión a 0° a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo determinada por el método que es de 1.100 MPa o mayor; y
 - (d) una resistencia a compresión con agujero a temperatura ambiente determinada por un método definido en SACMA-SRM-3R-94 que es de 270 MPa o mayor, y una resistencia a compresión con agujero a elevada temperatura después de acondicionamiento en caliente/húmedo determinada por el método que es de 215 MPa o mayor.
10. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el cual el sustrato es un sustrato de fibras de refuerzo usado para moldeo por inyección asistido por vacío.
11. Un sustrato de fibras de refuerzo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el cual el sustrato se usa para la formación de una preforma en la que se apila e integra una pluralidad de sustratos.

- 5 12. Un material compuesto que se puede obtener impregnando una resina de matriz en un sustrato de fibras de refuerzo (11), incluyendo el sustrato un grupo de hilos de fibras de refuerzo dispuesto con hilos de fibras de refuerzo (15) en paralelo entre sí en una dirección y un grupo de hilos auxiliares en la dirección de la trama formado por hilos auxiliares (13) que se extienden en una dirección a través de los hilos de fibras de refuerzo, **caracterizado por que** los hilos de fibras de refuerzo son hilos de fibra de carbono con un rendimiento en un intervalo de 800 a 1700 tex, los hilos auxiliares en la dirección de la trama tienen un rendimiento de 8 tex o menos y que es de no más del 1% del rendimiento del hilo de fibras de refuerzo, se proporciona del 0,5 al 20% en peso de un material de resina (14) tipo polvo que no cubre la superficie completa del sustrato al menos sobre una superficie del sustrato de fibras de refuerzo, y la fracción volumétrica V_f de fibras de refuerzo del material compuesto calculada a partir del grosor del material compuesto está en un intervalo del 50 al 65%.
- 10
13. Un material compuesto según la reivindicación 12, en el cual una ondulación máxima en sección transversal de una capa de un sustrato de fibras de refuerzo en una sección del material compuesto es de 0,3 mm o menos.
- 15
14. Un material compuesto según la reivindicación 12 ó 13, en el cual el área de sección transversal del hilo auxiliar en la dirección de la trama es de 1/50 o menos del área de sección transversal del hilo de fibras de refuerzo.

FIG. 1

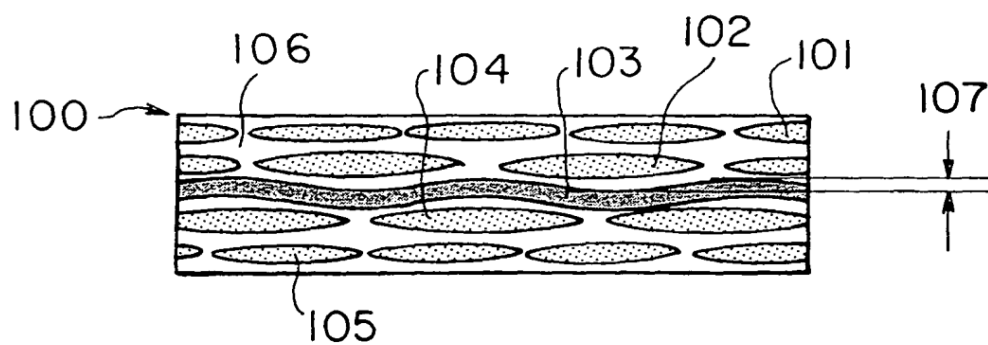


FIG. 2

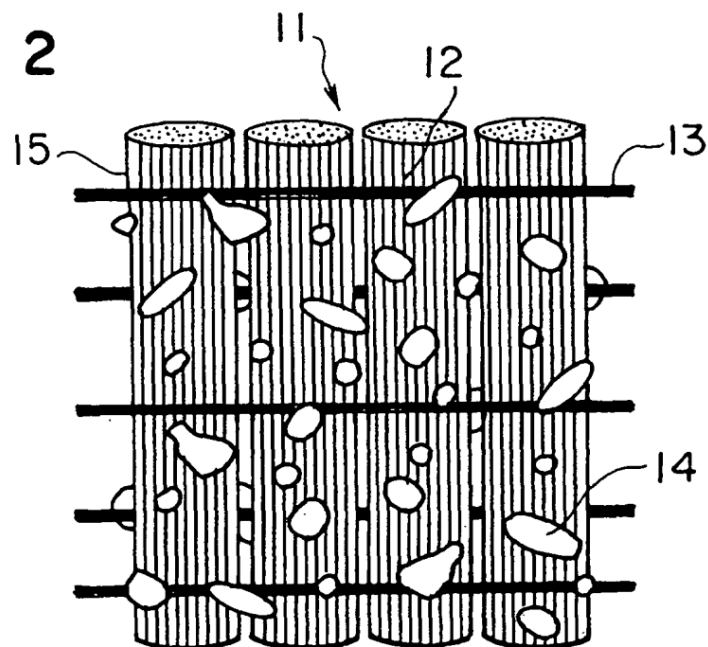


FIG. 3

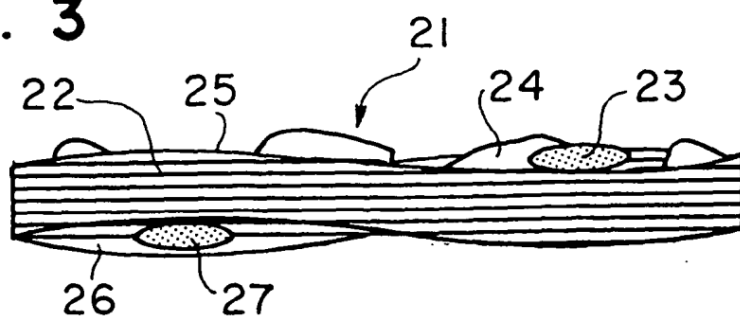


FIG. 4

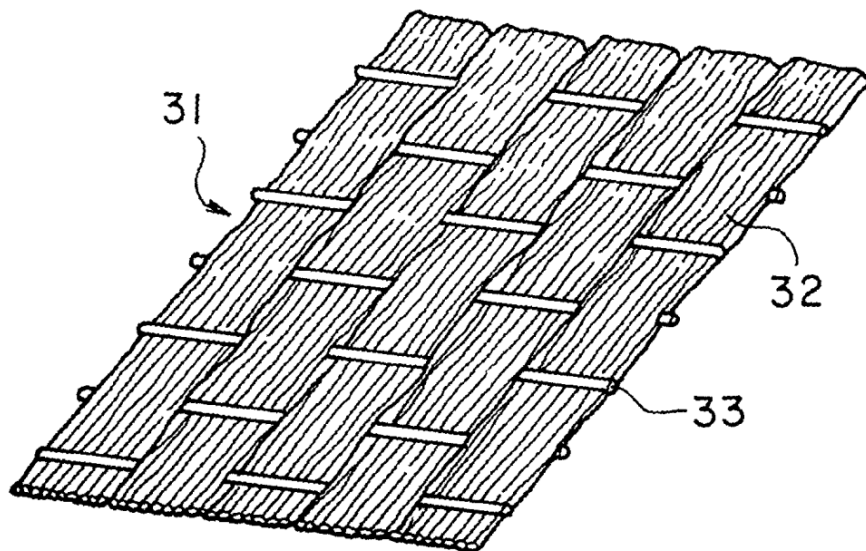


FIG. 5

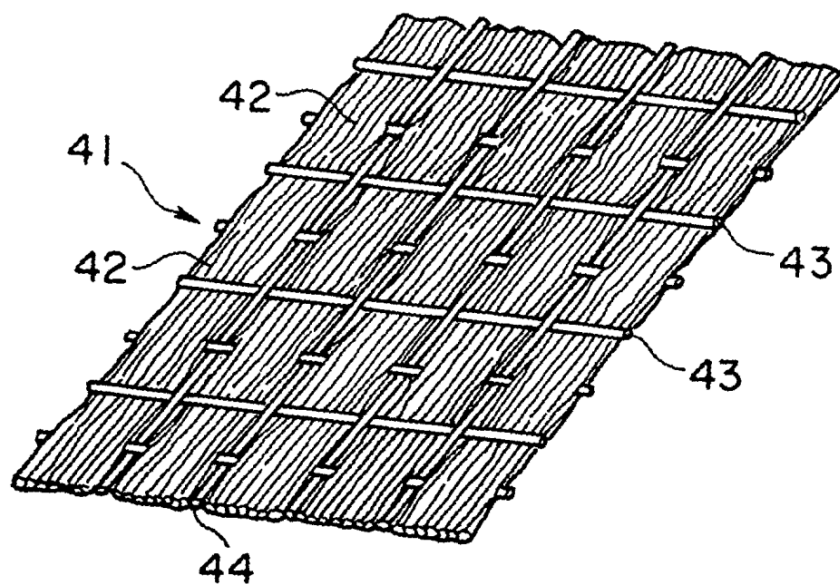


FIG. 6

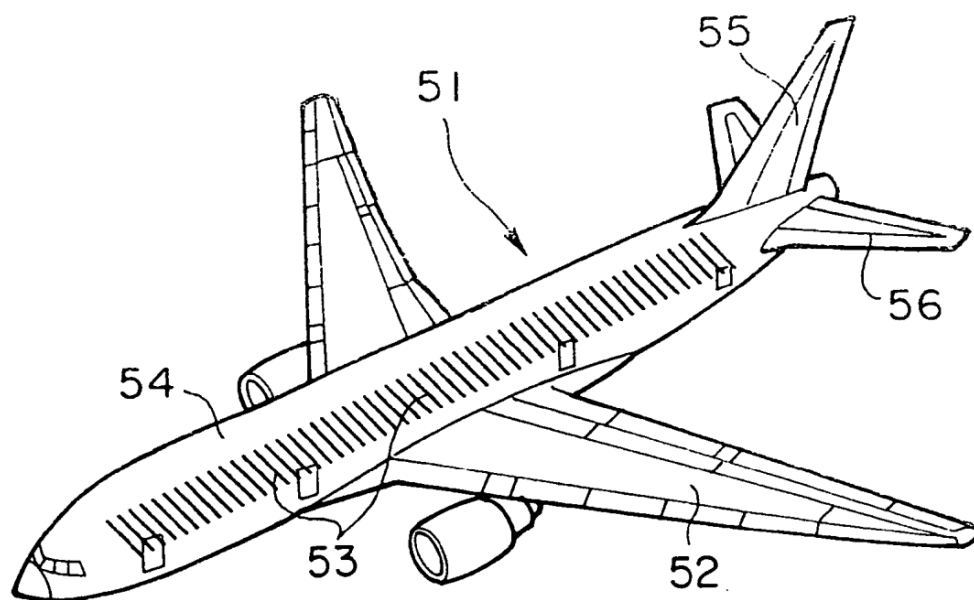


FIG. 7

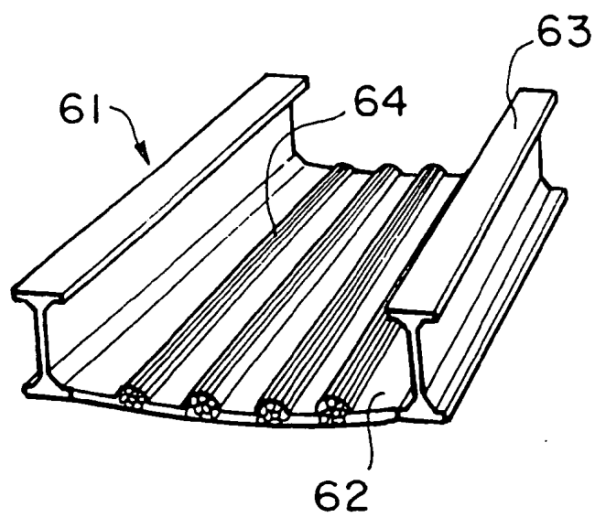


FIG. 8

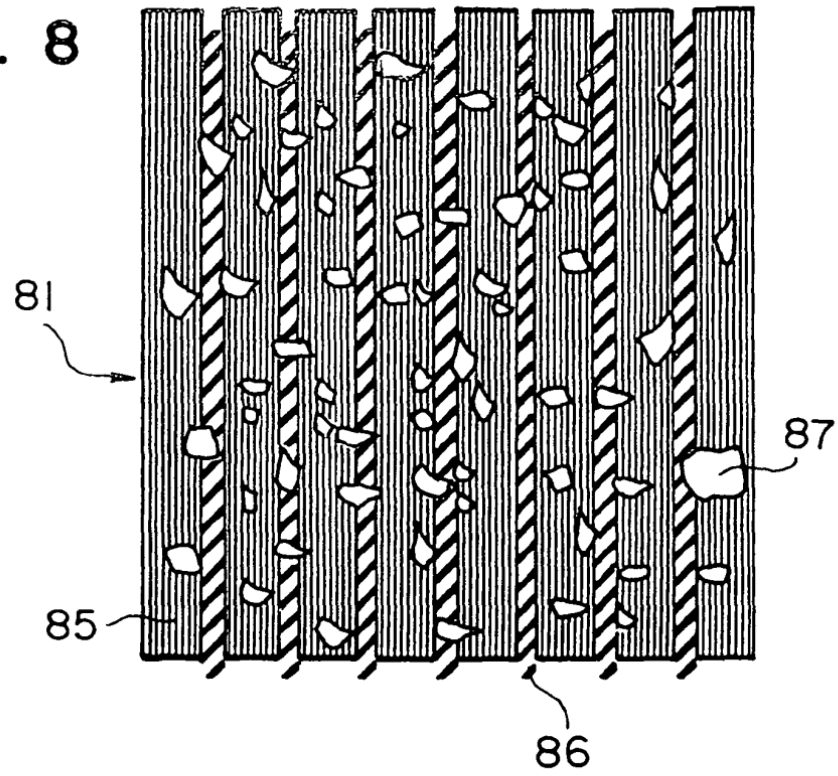


FIG. 9

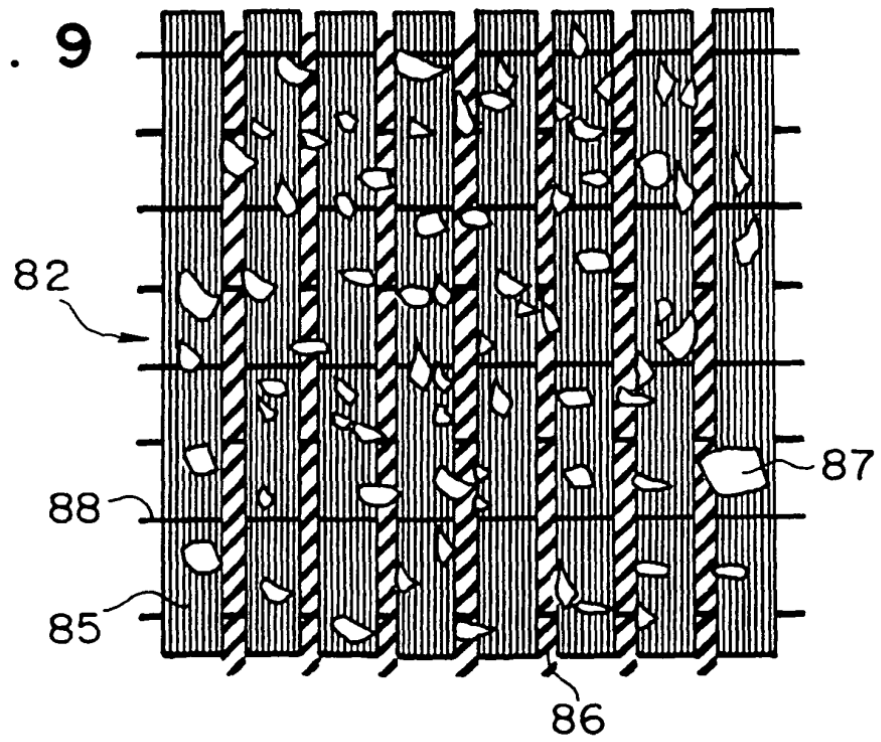


FIG. 10

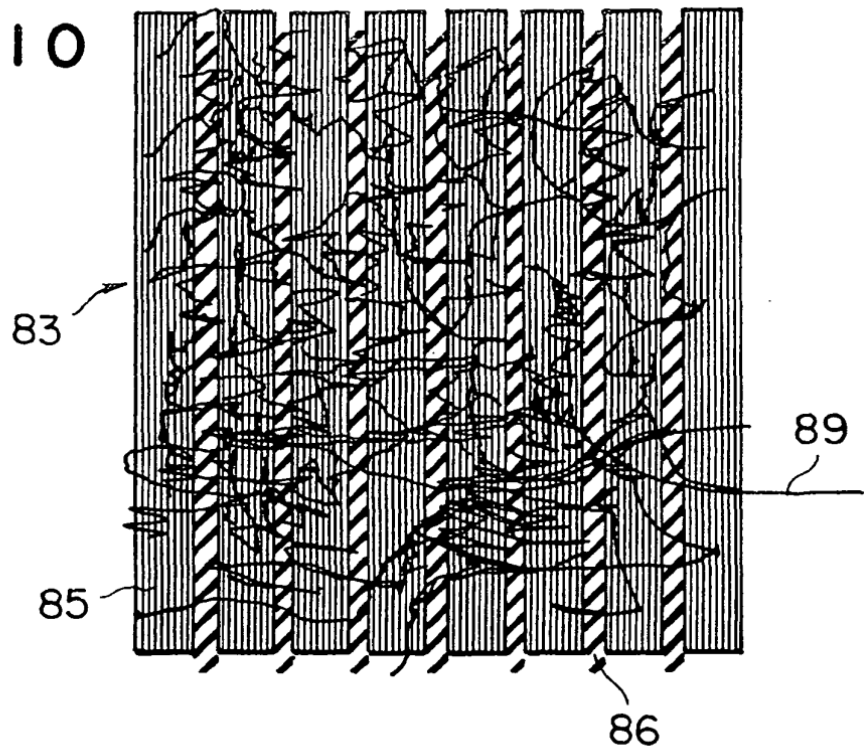


FIG. 11

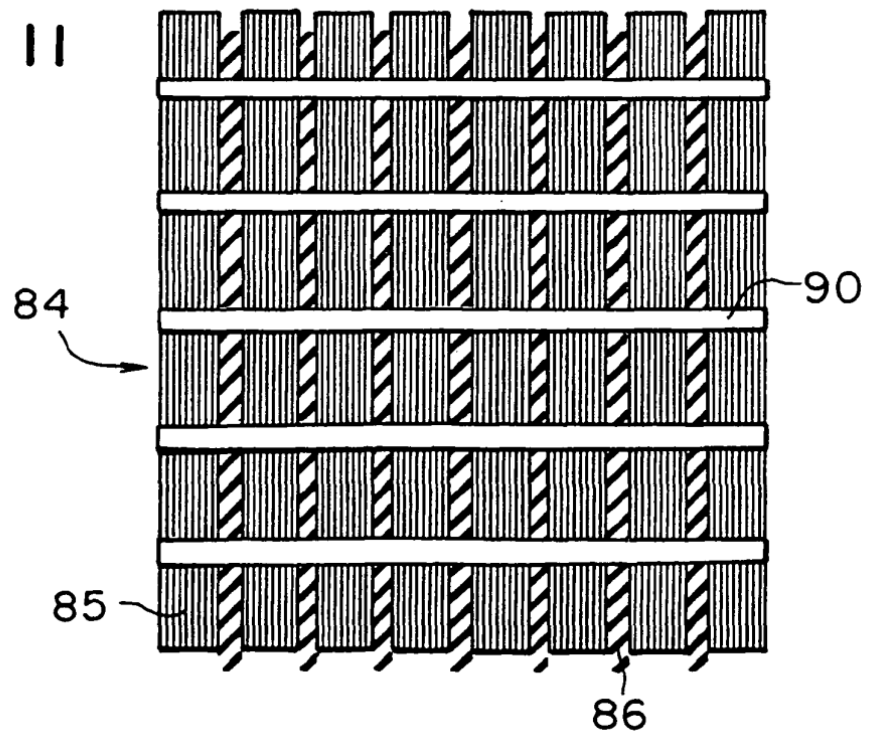


FIG. 12

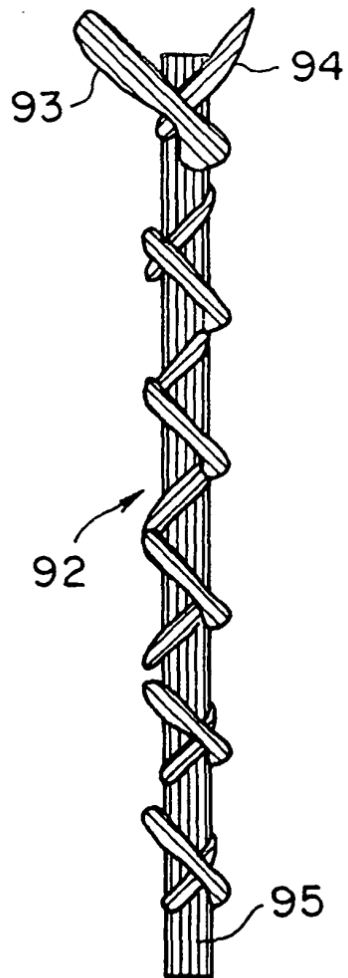


FIG. 13

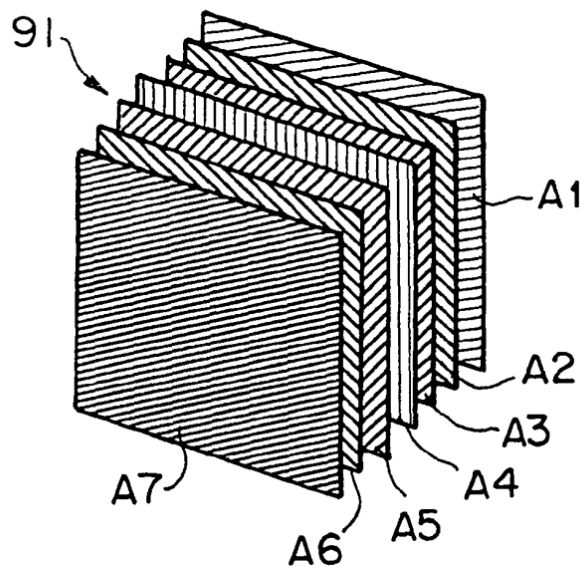


FIG. 14

