

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 902**

51 Int. Cl.:

D04H 1/60	(2006.01) B29C 43/22	(2006.01)
D04H 1/542	(2012.01) B29C 70/12	(2006.01)
B29C 43/34	(2006.01) C08K 3/04	(2006.01)
B29C 70/10	(2006.01) D04H 1/4242	(2012.01)
B29K 101/12	(2006.01)	
B29K 105/08	(2006.01)	
C08J 5/04	(2006.01)	
B29B 11/16	(2006.01)	
D04H 1/732	(2012.01)	
B29B 15/10	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2011 E 11857745 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2015 EP 2671991**

54 Título: **Malla aleatoria y material compuesto reforzado con fibra**

30 Prioridad:

01.02.2011 JP 2011019891

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

07.07.2015

73 Titular/es:

**TEIJIN LIMITED (100.0%)
6-7, Minamihommachi 1-chome Chuo-ku
Osaka-shi, Osaka 541-0054, JP**

72 Inventor/es:

**KONAGAI, YUHEI;
HAGIHARA, KATSUYUKI;
SONODA, NAOAKI y
OKIMOTO, NOBORU**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 539 902 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Malla aleatoria y material compuesto reforzado con fibra

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una malla aleatoria utilizable como una preforma de un material compuesto reforzado con fibra para un producto conformado y un material compuesto reforzado con fibra obtenido a partir de la misma.

10

Técnica anterior

Los materiales compuestos reforzados con fibra en los que se usan fibras de carbono, fibras de aramida, fibras de vidrio o similares como fibras de refuerzo se han utilizado ampliamente para los materiales estructurales tales como aviones y automóviles, y para uso general en la industria o el deporte tal como raquetas de tenis, palos de golf y cañas de pescar que utilizan módulos de alta resistencia específica y elasticidad específica de los mismos. Como las formas de las fibras de refuerzo, hay materiales textiles tejidos que se producen usando fibras continuas, láminas UD en las que las fibras están alineadas unidireccionalmente, láminas aleatorias producidas usando fibras cortadas, materiales textiles no tejidos y similares.

15

20

En general, en el caso de los tejidos fabricados de las fibras continuas, las láminas UD y similares, existen etapas de estratificado complicadas como el estratificado a diversos ángulos, por ejemplo a 0/+45/-45/90 debido a la anisotropía de las fibras, y un estratificado simétrico respecto al plano adicional para evitar el alabeo de los productos conformados, se han convertido en uno de los factores que aumentan el coste de los materiales compuestos reforzados con fibra.

25

Por consiguiente, puede obtenerse un material compuesto reforzado con fibra relativamente barato usando una malla aleatoria previamente isotrópica. Esta malla aleatoria puede obtenerse por un método de pulverización (método de producción en seco) en el que se pulverizan fibras de refuerzo cortadas en solitario o se pulverizan las fibras cortadas junto con una resina termoestable que se realiza al mismo tiempo en un molde o un método de fabricación de papel (método en húmedo) que consiste en añadir las fibras de refuerzo previamente cortadas en una suspensión acuosa que contiene un aglutinante, seguido de un proceso de fabricación de papel. El uso del método de producción en seco puede proporcionar la malla aleatoria de forma más económica, porque el aparato empleado es de tamaño relativamente pequeño.

30

35

Como el método de producción en seco, normalmente se usa una técnica de corte de fibras continuas y pulverización simultánea de las fibras cortadas, y se usa una cortadora rotatoria en muchos casos. Sin embargo, cuando la distancia entre las cuchillas de la cortadora aumenta para aumentar la longitud de las fibras, la frecuencia de corte disminuye y, de esta manera, da como resultado una descarga discontinua de las fibras desde la cortadora. Por esta razón, ocurre un peso por área de fibra no uniforme de la malla de forma local. En particular, cuando se prepara una malla que tiene un peso por área de fibra bajo de fibras, la falta de uniformidad en el espesor resulta significativa, lo que ha causado un problema de deterioro del aspecto de la superficie.

40

45

Por otro lado, otro factor que aumenta el coste de los materiales compuestos reforzados con fibras es que el tiempo de moldeo es largo. Normalmente, el material compuesto reforzado con fibra se obtiene por calentamiento y presurización de un material denominado preimpregnado en el que un material base de fibra de refuerzo se impregna previamente con una resina termoestable, usando una autoclave durante 2 horas o más. En los últimos años, se ha propuesto un método de moldeo RTM en el que un material base de fibras de refuerzo no impregnadas con una resina se introduce en un molde y posteriormente una resina termoestable se vierte en el mismo, y el tiempo de moldeo se ha reducido sustancialmente. Sin embargo, incluso cuando se adopta el método de moldeo RTM, tarda 10 minutos o más hasta que se moldea una pieza.

50

Por esta razón, está atrayendo la atención un material compuesto que usa una resina termoplástica como matriz, en lugar de la resina termoestable convencional. Sin embargo, la resina termoplástica generalmente tiene una alta viscosidad en comparación con la resina termoestable, por lo que el tiempo para impregnar la resina fundida en el material base de fibra resulta largo. Como resultado, ha habido un problema de que el tiempo hasta el moldeo aumenta.

55

Como una técnica para resolver estos problemas se propone una técnica denominada moldeo por estampado termoplástico (TP-SMC). Este es un método de moldeo en el que las fibras troceadas previamente impregnadas con una resina termoplástica se calientan hasta un punto de fusión o mayor o una temperatura fluida o mayor de la resina y se pone en una parte de un molde, posteriormente inmediatamente el molde se cierra y las fibras y la resina se dejan fluir en el molde, obteniendo de esta manera una forma de producto seguido del enfriamiento para formar un producto conformado. De acuerdo con esta técnica, el moldeo es posible durante un periodo de tiempo tal como aproximadamente 1 minuto usando las fibras impregnadas previamente con la resina. Existen Documentos de Patente 1 y 2 con respecto a los métodos para producir haces de fibras troceados y materiales de moldeo. Sin

60

65

embargo, estos son métodos que usan materiales de moldeo denominados SMC o láminas estampables. En tal moldeo por estampado termoplástico, las fibras y las resinas se dejan fluir en el molde de manera que ha habido problemas de fallo para producir una pared fina y la orientación de la fibra se ve alterada puesto que la orientación queda fuera de control.

5 Como un medio para producir una pared fina sin permitir que las fibras fluyan, se propone una técnica de preparar una lámina fina a partir de fibras de refuerzo mediante un método de fabricación de papel y posteriormente impregnar la lámina con una resina para preparar un preimpregnado (Documento de Patente 3). En el método de fabricación de papel, las fibras de refuerzo se dispersan homogéneamente en una dispersión acuosa de manera que
10 las fibras de refuerzo están en una única forma de fibra.

El documento de Patente 4 divulga un cuerpo de junta que comprende: un miembro de refuerzo que tiene al menos una capa aleatoria en la que una fibra de carbono troceada está orientada aleatoriamente en una resina termoplástica, y al menos una capa de material unidireccional en la que una fibra de carbono continua está
15 dispuesta unidireccionalmente en una resina termoplástica; y un miembro reforzado con una forma de sección abierta que tiene al menos uno seleccionado del grupo que consiste en una capa aleatoria y una capa de material unidireccional, en la que el miembro de refuerzo y el miembro reforzado se sueldan por vibración para formar una sección cerrada hueca.

20 El documento de Patente 5 divulga una composición de resina termoplástica reforzada con fibra que comprende de 0,1 a 10 % en masa de un polímero basado en (met)acrílico, del 1 al 70 % en masa de fibra de refuerzo y del 20 al 98,9 % en masa de resina termoplástica, donde el polímero basado en (met)acrílico tiene, en una cadena lateral al menos un grupo funcional seleccionado de un grupo hidroxilo, un grupo carboxilo, un grupo amida y un grupo urea y tiene una densidad de energía cohesiva (CED) de 385 a 550 MPa. La presente invención proporciona,
25 particularmente en el caso de usar una resina basada en poliolefina como resina de matriz, una composición de resina termoplástica reforzada con fibra y un haz de fibra de refuerzo que tiene una alta adhesividad y buenas características mecánicas.

30 El documento de Patente 6 divulga una lámina para moldeo por estampado en la que de 5 a 300 partes en peso de fibras inorgánicas discontinuas abiertas que tienen una longitud de 3 mm o mayor se dispersan sustancialmente de forma uniforme basado en 100 partes en peso de un polvo de resina sintética termoplástica.

35 El documento de Patente 7 divulga un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibra, que es un artículo moldeado que comprende una resina termoplástica (del 20 % al 65 % en peso) y fibras de carbono (del 35 % al 80 % en peso), en el que las fibras de carbono son fibras monofilamentosas, la longitud de fibra promedio en peso (Lw) de las fibras de carbono es de 0,5 a 10 mm y el parámetro de orientación definido en este documento (fp) de las fibras de carbono es de -0,25 a 0,25.

40 El documento de Patente 8 divulga la producción de un producto formado por fibra para un material compuesto de carbono reforzado con fibra de carbono, en el que las fibras de carbono y el material de matriz en polvo se soplan desde un tubo de Venturi junto con el flujo de aire para soltar las fibras y la cámara de mezcla para soltar las fibras de carbono y mezclar con el material de matriz y el flujo de aire que contiene la mezcla se introduce en la cámara de recogida de fibra para depositar la mezcla de fibra suelta sobre el colector de fibras de malla plana, después, la mezcla de fibras sueltas apiladas se prensa en caliente para dar el material de fibra formado objetivo.
45

(Documento de Patente 1) JP-A-2009-114611
 (Documento de Patente 2) JP-A-2009-114512
 (Documento de Patente 3) JP-A-2010-235779
 (Documento de Patente 4) EP 2 669 081 A1
 50 (Documento de Patente 5) EP 2 530 124 A1
 (Documento de Patente 6) JP S57 117661 A
 (Documento de Patente 7) EP 1 988 118 A1
 (Documento de Patente 8) JP H1 1 29368 A

55 **Divulgación de la invención**

Problemas que debe resolver la invención

60 Los problemas que debe resolver la invención se refieren a una malla aleatoria usada como una preforma de un producto conformado de material compuesto reforzado con fibra y un material compuesto reforzado con fibra obtenido a partir de la misma. La malla aleatoria de la invención se caracteriza por que una resina de matriz termoplástica puede impregnarse fácilmente en los haces de fibra de refuerzo y entre las fibras individuales de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria y, de esta manera, es capaz de proporcionar un material compuesto reforzado con fibra que es de espesor fino y tiene excelentes propiedades físicas mecánicas.
65

Medios para resolver los problemas

En la invención, se ha encontrado que una resina de matriz termoplástica puede impregnarse fácilmente formando una malla aleatoria que incluye una resina termoplástica y fibras de refuerzo que satisfacen las condiciones de agrupación o abertura específicas, que hace posible proporcionar adecuadamente un material compuesto reforzado con fibra, conduciendo de esta manera a la invención. Es decir, la invención es:

una malla aleatoria caracterizada por que el peso por área de fibra de las fibras de refuerzo con una longitud de fibra promedio de 5 a 100 mm es de 25 a 3.000 g/m² y está constituida por un haz de fibras de refuerzo (A) que comprende múltiples fibras iguales a o mayor que el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1), la relación del mismo a la cantidad total de fibras en la malla es del 30 % en volumen o mayor y menor del 90 % en volumen y que el número promedio (N) de las fibras individuales en el haz de fibras de refuerzo (A) satisface la siguiente fórmula (2):

$$\begin{array}{ll}
 15 & \text{Número de fibra individual crítico} = 600/D \quad (1) \\
 & 0,7 \times 10^4 / D^2 < N < 1 \times 10^5 / D^2 \quad (2)
 \end{array}$$

donde D es el diámetro de fibra promedio (µm) de las fibras de refuerzo individuales;

un método para producir la malla aleatoria; y un material compuesto reforzado con fibra obtenido a partir de la misma.

Efectos ventajosos de la invención

La malla aleatoria de la invención preferentemente puede utilizarse como una preforma para preparar un material compuesto reforzado con fibra, y un material compuesto reforzado con fibra con una excelente calidad de aspecto superficial puede proporcionarse de esta manera. Adicionalmente, un material compuesto reforzado con fibra con excelentes reducción en el espesor e isotropía puede proporcionarse usando la malla aleatoria de la invención como la preforma. La malla aleatoria de la invención, por lo tanto, puede usarse como la preforma para diversos miembros constitutivos, por ejemplo placas internas, placas externas y miembros constituyentes de automóviles, diversos aparatos eléctricos, bastidores y cajas de máquinas y similares.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática que muestra una etapa para cortar un haz de fibras. La Figura 2 es un ejemplo (vistas esquemáticas frontal y en sección transversal) de una cortadora espiral rotatoria. La Figura 3 es un ejemplo (vistas esquemáticas frontal y en sección transversal) de una cortadora de separación de fibras rotatoria. La Figura 4 es un ejemplo (vistas esquemáticas frontal y en perspectiva) de una cortadora que tiene cuchillas paralelas a una dirección de la fibra.

Mejor modo para realizar la invención

A continuación se describirán las realizaciones ejemplares de la invención.

[Malla aleatoria]

La malla aleatoria de la invención incluye fibras de refuerzo que tienen una longitud de fibra promedio de 5 a 100 mm y una resina termoplástica, un peso por área de fibra de las fibras de refuerzo en la malla es de 25 a 3.000 g/m² para un haz de fibras de refuerzo (A) que comprende fibras individuales igual a o mayor que el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1), la relación del mismo a la cantidad total de fibras en la malla es del 30 % en volumen a menos del 90 % en volumen, y el número promedio (N) de las fibras en el haz de fibras de refuerzo (A) satisface la siguiente fórmula (2):

$$\begin{array}{ll}
 55 & \text{Número de fibra individual crítico} = 600/D \quad (1) \\
 & 0,7 \times 10^4 / D^2 < N < 1 \times 10^5 / D^2 \quad (2)
 \end{array}$$

donde D es el diámetro de fibra promedio (µm) de las fibras de refuerzo individuales.

En un plano de la malla aleatoria, las fibras de refuerzo no están orientadas en una dirección específica, y están dispersadas y dispuestas en direcciones aleatorias.

La malla aleatoria de la invención es un material isotrópico en el plano. Cuando se obtiene un producto conformado a partir de la malla aleatoria, la isotropía de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria se mantiene también en el producto conformado. La isotropía de la malla aleatoria y el producto conformado a partir de la misma pueden evaluarse cuantitativamente obteniendo el producto conformado a partir de la malla aleatoria y determinando la

relación del módulo de tracción en dos direcciones a ángulos rectos entre sí. Respecto a los valores del módulo de tracción en dos direcciones, cuando la relación obtenida dividiendo el mayor por el menor no supera un valor de 2, se evalúa como isotrópico. Cuando la relación no supera 1,3, se evalúa como de excelente isotropía.

- 5 El peso por área de la fibra de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria está dentro del intervalo de 25 a 3.000 g/m². La malla aleatoria es útil como preimpregnado, y pueden seleccionarse diversas densidades de acuerdo con el moldeo deseado.

[Fibra de refuerzo]

- 10 Las fibras de refuerzo que componen la malla aleatoria son discontinuas y contienen fibras de refuerzo que tienen un cierto intervalo de longitud de fibra, siendo capaces de esta manera de desarrollar una función de refuerzo. La longitud de la fibra se expresa como la longitud de fibra promedio determinada midiendo la longitud de la fibra de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria obtenida. Los métodos para medir la longitud de fibra promedio incluyen un método para medir la longitud de fibra de 100 fibras extraídas aleatoriamente, hasta el orden de milímetros, usando un calibre o similar y calculando el promedio de las mismas.

- 15 La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria de la invención es de 5 a 100 mm, preferentemente de 10 a 100 mm, más preferentemente de 15 a 100 mm y aún más preferentemente de 15 a 80 mm. Adicionalmente, es más preferentemente de 20 a 60 mm.

- 20 Cuando las fibras de refuerzo se cortan a una cierta longitud para producir la malla aleatoria por un método de corte preferido descrito posteriormente, la longitud de fibra promedio de las fibras en la malla resulta aproximadamente equivalente a la longitud de fibra de corte.

- 25 Las fibras de refuerzo que componen la malla aleatoria son preferentemente al menos una seleccionada del grupo que consiste en fibras de carbono, fibras de aramida y fibras de vidrio. Pueden usarse también juntas, y sobre todo sin embargo se prefieren las fibras de carbono en tanto que pueda proporcionarse un material compuesto de peso ligero con excelente resistencia. En el caso de las fibras de carbono, el diámetro de fibra promedio preferentemente es de 3 a 12 μm y más preferentemente de 5 a 7 μm.

- 30 Como las fibras de refuerzo, preferentemente son las que se usan con un agente de encolado adherido a las mismas y el agente de encolado preferentemente es de más de 0 a 10 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo.

- 35 [Grado de abertura de la fibra]

- La malla aleatoria de la invención se caracteriza por que está constituida por un haz de fibras de refuerzo (A) que comprende fibras de refuerzo de al menos un número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1), la relación de haz de fibra a la cantidad total de fibras en la malla es del 30 % en volumen a menos del 90 % en volumen;

$$\text{Número de fibra individual crítico} = 600/D \quad (1)$$

- 45 donde D es el diámetro de fibra promedio (μm) de las fibras de refuerzo individuales. En la malla, las fibras individuales o haces de fibras comprende cada uno menos fibras individuales que el número de fibra individual crítico que está presente como la fibra de refuerzo distinta de los haces de fibra de refuerzo (A).

- 50 Es decir, en la malla aleatoria de la invención, la cantidad existente de haces de fibra de refuerzo (A) que comprenden fibras individuales mayor de o igual al número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1), que depende del diámetro de fibra promedio se ajusta del 30 % en volumen a menos del 90 % en volumen. En otras palabras, el grado de abertura de fibra de los haces de fibra de refuerzo se controla para contener los haces de fibra particular de fibras individuales igual a o mayor que el número de fibra específico y las fibras de refuerzo abiertas distintas de aquellas a una relación específica. Para ajustar la cantidad existente de haces de fibra de refuerzo al 30 % en volumen o mayor y menor del 90 % en volumen, puede realizarse el control por ejemplo con la presión de aire soplado en una etapa de abertura de fibra o similar. Adicionalmente, puede realizarse también el control ajustando el tamaño, por ejemplo la anchura o el número de fibras por anchura del haz, de un haz de fibras que se va a someter a una etapa de corte. Los ejemplos específicos del mismo incluyen un método de ampliación de la anchura del haz de fibras por medios de extensión o similares, seguido de someter a la etapa de corte, y un método para proporcionar una etapa de división antes de la etapa de corte, e incluye adicionalmente un método de corte del haz de fibras usando un cuchillo denominado de separación de fibras en el que están dispuestas muchas cuchillas cortas y un método de división y corte simultáneo del haz de fibras. Las condiciones preferidas se describirán a continuación en la sección de la etapa de abertura de fibra.

- 65 En el caso de que la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) a la cantidad total de fibra sea menor del 30 % en volumen, resulta difícil obtener un material compuesto reforzado con fibra con excelentes propiedades físicas mecánicas cuando se moldea la malla aleatoria de la invención, aunque hay una ventaja de que se obtendrá un

material compuesto con excelente calidad de aspecto superficial. En el caso de que la relación de haces de fibras de refuerzo (A) sea del 90 % o mayor, las porciones enmarañadas de las fibras resultan localmente gruesas, dando como resultado un fallo para obtener un artículo de paredes finas. Esto desbarata el fin de la invención. La relación de haces de fibra de refuerzo (A) más preferentemente es del 30 % en volumen a menos del 80 % en volumen.

5 Adicionalmente, el número promedio (N) de las fibras individuales en los haces de fibra de refuerzo (A) cada uno de los cuales comprende fibras iguales a o mayores que el número de fibra individual crítico satisface la siguiente fórmula (2):

$$10 \quad 0,7 \times 10^4 / D^2 < N < 1 \times 10^5 / D^2 \quad (2)$$

donde D es el diámetro de fibra promedio (μm) de las fibras de refuerzo individuales. Por encima de todo, el número promedio (N) de fibras en cada uno de los haces de fibra de refuerzo (A) comprende fibras individuales iguales a o mayores que el número de fibra individual crítico que es preferentemente menor que $6 \times 10^4 / D^2$. Para ajustar el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) al intervalo mencionado anteriormente, puede realizarse el control también ajustando el tamaño, por ejemplo la anchura del haz o el número de fibras por anchura del haz de fibra para someterlo a una etapa de corte en un método de producción preferido descrito posteriormente. Los ejemplos específicos del mismo incluyen un método de ensanchado de la anchura del haz de fibras mediante una extensión de fibra o similar, seguido de someter a una etapa de corte y un método de proporcionar una etapa de división antes de la etapa de corte. Adicionalmente, el haz de fibras puede dividirse al mismo tiempo que se corta.

Adicionalmente, también es posible controlar el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) ajustando el grado de abertura del haz de fibra cortado con la presión del aire soplado en la etapa de abertura de fibra o similar. Las condiciones preferidas se describirán en las secciones de la etapa de abertura y la etapa de corte.

Específicamente, cuando el diámetro de fibra de las fibras de carbono que componen la malla aleatoria es de 5 a 7 μm , el número de fibra individual crítico es de 86 a 120. Cuando el diámetro de fibra promedio de las fibras de carbono es de 5 μm , el número promedio de fibras en los haces de fibra está dentro del intervalo de más de 280 a menos de 4.000. Por encima de todo, preferentemente es de 600 a 2.500 y más preferentemente de 600 a 1.600. Cuando el diámetro de fibra promedio de las fibras de carbono es de 7 μm , el número promedio de fibras en el haz de fibras está dentro del intervalo de más de 142 a menos de 2.040. Por encima de todo, preferentemente es de 300 a 1.500 y más preferentemente de 300 a 800.

35 Cuando el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) es $0,7 \times 10^4 / D^2$ o menor, resulta difícil obtener un material compuesto que tenga un alto contenido de volumen de fibra (Vf). Adicionalmente, cuando el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) es de $1 \times 10^5 / D^2$ o mayor, pueden ocurrir localmente porciones gruesas en los materiales compuestos, que son susceptibles de causar huecos.

40 Cuando se pretende obtener un material compuesto que tiene un espesor fino de 1 mm o menor, el uso de fibras simplemente dispersadas da como resultado una gran falta de uniformidad en el peso por área de la fibra que falla para obtener buenas propiedades físicas. Adicionalmente, cuando todas las fibras están abiertas, puede ser fácil de obtener una más fina. Sin embargo, el enmarañado de las fibras aumenta fallando a la hora de obtener una que tenga un alto contenido de volumen de fibra. Resulta posible obtener una malla aleatoria que es de espesor fino y con excelentes propiedades físicas, mediante una malla aleatoria en la que los haces de fibra de refuerzo (A) cada uno constituidos por fibras individuales iguales a o mayores que el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) y las fibras de refuerzo (B) en un estado de fibras individuales sencillas o haces de fibras más finos que comprenden fibras individuales menores que el número de fibra individual crítico están presentes al mismo tiempo.

50 Es posible ajustar la malla aleatoria de la invención a diversos espesores y usando esta como una preforma, puede obtenerse también adecuadamente un producto conformado de paredes finas que tiene un espesor de aproximadamente 0,2 a 1 mm. Es decir, de acuerdo con la invención, puede prepararse una malla aleatoria ajustada al espesor de los diversos productos conformados deseados, y es útil como una preforma para un producto conformado fino, particularmente tal como una capa superficial de un material intercalado.

55 [Resina termoplástica]

La malla aleatoria de la invención contiene una resina termoplástica sólida y se convierte en una preforma para obtener un material compuesto reforzado con fibra. En la malla aleatoria, la resina termoplástica preferentemente está presente en forma fibrosa y/o particulada. Las fibras de refuerzo y la resina termoplástica en forma fibrosa y/o particulada están presentes en un estado mixto que hace innecesario permitir que las fibras de refuerzo y la resina fluyan en un molde, y la resina termoplástica puede impregnarse fácilmente en los haces de fibra de refuerzo y espacios entre fibras individuales de las fibras de refuerzo en el momento del moldeo. La resina termoplástica preferentemente se forma en una forma fibrosa y/o particulada. Pueden usarse dos o más clases de resinas termoplásticas y adicionalmente, las formas fibrosas y particuladas pueden usarse juntas.

En el caso de una forma de resina fibrosa, la finura de la misma preferentemente es de 100 a 5.000 dtex y más preferentemente de 1.000 a 2.000 dtex. La longitud promedio de la misma preferentemente es de 0,5 a 50 mm y más preferentemente de 1 a 10 mm.

- 5 En el caso de una forma particulada, preferentemente se ejemplifica una forma esférica, una forma de tira o una forma cilíndrica tal como un gránulo. En el caso de forma esférica, preferentemente se enumera un cuerpo de revolución de un círculo perfecto o una elipse, o una forma tal como forma de huevo. En el caso de forma esférica, el tamaño de partícula promedio preferentemente es de 0,01 a 1.000 μm , más preferentemente de 0.1 a 900 μm y aún más preferentemente de 1 a 800 μm . Aunque no hay una limitación particular a la distribución del tamaño de partícula, una distribución estrecha es más preferida para el fin de obtener un producto conformado más fino. Sin embargo, puede usarse la distribución del tamaño de partícula obtenida por una operación tal como clasificación.

- 15 En el caso de una forma de tira, preferentemente se enumera una forma cilíndrica tal como un gránulo, una forma prismática o una forma de escama, y una forma rectangular obtenida cortando finamente una película se prefiere también. En este caso, puede permitirse un cierto grado de relación de aspecto, pero la longitud preferida de la misma debería considerarse que está en el mismo intervalo que en el caso de la forma fibrosa mencionada anteriormente.

- 20 Las clases de resinas termoplásticas incluyen, por ejemplo, una resina de cloruro de polivinilo, una resina de cloruro de polivinilideno, una resina de acetato de vinilo, una resina de alcohol polivinílico, una resina de poliestireno, una resina de acrilonitrilo-estireno (resina AS), una resina de acrilonitrilo-butadieno-estireno (resina ABS), una resina acrílica, una resina metacrílica, una resina de polietileno, una resina de polipropileno, una resina de poliamida 6, una resina de poliamida 11, una resina de poliamida 12, una resina de poliamida 46, una resina de poliamida 66, una resina de poliamida 610, una resina de poliacetato, una resina de policarbonato, una resina de polietileno tereftalato, una resina de polietileno naftalato, una resina de polibutileno tereftalato, una resina de polibutileno naftalato, una resina de poliariolato, una resina de polifenileno éter, una resina de sulfuro de polifenileno, una resina de polisulfona, una resina de poliétersulfona, una resina de poliéter cetona, una resina de ácido poliláctico y similares. Estas resinas termoplásticas pueden usarse en solitario o en combinación con una pluralidad de las mismas.

- 30 La cantidad existente de resina termoplástica en la malla aleatoria preferentemente es de 50 a 1.000 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo. Más preferentemente es de 55 a 500 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo y aún más preferentemente de 60 a 300 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo.

- 35 [Otros agentes]

- 40 La malla aleatoria de la invención puede contener aditivos tales como diversas cargas fibrosas o no fibrosas fabricadas a partir de cargas orgánicas o inorgánicas, un retardante de llama, un agente resistente a UV, un pigmento, un agente de liberación, un agente de reblandecimiento, un plastificante y un tensioactivo, dentro del intervalo que no afecta al objeto de la invención.

[Método de producción]

- 45 Se describirá a continuación un método para obtener preferentemente la malla aleatoria de la invención. La malla aleatoria de la invención se produce preferentemente mediante las siguientes etapas 1 a 4.

1. La etapa de cortar los haces de fibra de refuerzo,
2. La etapa de introducir los haces de fibra de refuerzo cortada en un tubo y abrir un haz de fibra soplando aire en su interior,
- 50 3. La etapa de aplicar dispersión y succión simultáneamente a las fibras de refuerzo abiertas junto con una resina termoplástica fibrosa o particulada y pulverizar las fibras de refuerzo y la resina termoplástica, y
4. La etapa de fijar las fibras de refuerzo y la resina termoplástica que se ha aplicado.

- 55 Es decir, la invención incluye un método para producir una malla aleatoria que incluye las etapas 1 a 4 mencionadas anteriormente. Las etapas respectivas se describirán en detalle a continuación.

[Etapas de corte]

- 60 Un método para cortar las fibras de refuerzo en el método de la invención es específicamente la etapa de cortar los haces de fibra de refuerzo usando un cuchillo. Como el cuchillo usado para el corte se prefiere una cortadora rotatoria o similar. Como la cortadora rotatoria se prefiere una provista de un cuchillo espiral o un cuchillo denominado de separación de fibras en el que están dispuestas muchas cuchillas cortas. En la Figura 1 se muestra una vista esquemática específica de la etapa de corte. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la cortadora rotatoria que tiene el cuchillo espiral y en la Figura 3 se muestra un ejemplo de la cortadora rotatoria que tiene el cuchillo de separación de fibras.

65

Para ajustar el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) al intervalo preferido en la invención, el control preferentemente se realiza ajustando el tamaño de un haz de fibras, por ejemplo la anchura del haz o el número de fibras por anchura, que se va a someter a la etapa de corte.

5 Como el haz que se proporciona a la etapa de corte, se usa preferentemente el haz de fibra de refuerzo que previamente tiene un número de fibra dentro del intervalo de la fórmula (2). En general, sin embargo, cuanto más pequeño es el número de haces más caro resulta el precio de la fibra. Por lo tanto, cuando se usa el haz de fibras de refuerzo que tiene un alto número de fibras que está disponible de forma económica, el haz de fibras preferentemente se somete a la etapa de corte después de ajustar la anchura o el número de fibras por anchura del haz de fibras que se someterá a la etapa de corte. Los ejemplos específicos del mismo incluyen un método de dispersar finamente el haz de fibras por abertura o similar para ensanchar la anchura del mismo, seguido de someter a la etapa de corte y un método de proporcionar una etapa de división de los haces de fibra antes de la etapa de corte. En el caso de proporcionar la etapa de división previa, el haz de fibras se somete a la etapa de corte después de que el haz de fibras se haya afinado previamente por división. En tal caso, puede usarse una cuchilla plana ordinaria, una cuchilla espiral o similares que no tienen un mecanismo especial como la cortadora en consecuencia.

Adicionalmente, los ejemplos del mismo incluyen un método de cortar el haz de fibras usando el cuchillo de separación de fibras y un método de división del haz de fibras al mismo tiempo que se corta usando una cortadora que tiene una función de división.

En el caso de usar la cuchilla de separación de fibras, el número promedio (N) de fibras puede disminuir usando una que tiene una anchura de cuchillo estrecha y a la inversa el número promedio (N) de fibras puede aumentarse usando una que tenga una anchura de cuchillo ancha.

Adicionalmente, como la cortadora que tiene la función de división, en la Figura 4 se muestra un ejemplo de una cortadora de separación de fibras con cuchillas que tienen la función de separación que son paralelas a una dirección de la fibra además de las cuchillas perpendiculares a la dirección de la fibra. En la cortadora de la Figura 4, se proporcionan cuchillas cortas perpendiculares a la dirección de la fibra en espiral a ciertos intervalos, y al mismo tiempo que se corta por estas, las fibras pueden dividirse por las cuchillas paralelas a la dirección de la fibra.

En el cuchillo de separación de fibras que se muestra en la Figura 2, pueden proporcionarse también cuchillas paralelas a la dirección de la fibra entre los cuchillos de separación de fibras.

Para obtener la malla aleatoria para una resina termoplástica reforzada con fibras que tiene una excelente calidad de aspecto superficial, la falta de uniformidad local en el peso por área de fibra de las fibras tiene un efecto significativo. De acuerdo con una cortadora rotatoria en la que está dispuesta una cuchilla plana ordinaria, las fibras se cortan de forma discontinua. Cuando las fibras se introducen de tal manera en la etapa de aplicación, ocurre la falta de uniformidad en la malla. Por consiguiente, es posible producir una malla con una pequeña falta de uniformidad en el peso por área de las fibras cortando continuamente las fibras sin interrupción usando un cuchillo con un ángulo definido. Es decir, para el fin de cortar de forma continua las fibras de refuerzo, el cuchillo preferentemente se dispone en la cortadora rotatoria de forma regular a un ángulo específico. Las fibras preferentemente se cortan de tal manera que el ángulo entre el área circunferencial y la dirección de disposición de la cuchilla satisfagan la siguiente fórmula (3):

$$45 \quad \text{Separación de las cuchillas} = \text{anchura de una hebra de fibra de refuerzo} \times \tan(90-\theta) \quad (3)$$

donde θ es el ángulo entre la dirección circunferencial y la dirección de disposición del cuchillo.

La separación de las cuchillas en la dirección circunferencial se refleja tal cual en la longitud de la fibra de las fibras de refuerzo.

Las Figuras 2 a 4 son ejemplos de cuchillos en los que el ángulo se define como se ha descrito anteriormente y el ángulo θ entre la dirección circunferencial y la dirección de disposición del cuchillo en estas cortadoras se muestra en las figuras.

55 [Etapa de abertura de fibra]

La etapa de abertura de fibra en el método de la invención es una etapa de abertura de un haz de fibras introduciendo los haces de fibra de refuerzo cortados en un tubo y soplando aire a las fibras. El grado de abertura de fibra, la cantidad existente de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras individuales en los haces de fibra de refuerzo (A) puede controlarse apropiadamente mediante la presión de aire o similar. En la etapa de abertura de fibra, las fibras de refuerzo pueden abrirse soplando aire directamente al haz de fibras a una velocidad de viento de 1 a 1.000 m/s preferentemente a través de orificios de soplado de aire comprimido. La velocidad de viento preferentemente es de 5 a 500 m/s y más preferentemente mayor de 50 a 500 m/s. Específicamente, se realizan orificios que tienen un diámetro de aproximadamente 1 a 2 mm en diversos lugares en el tubo a través del cual pasan las fibras de refuerzo, y se aplica una presión de 0,01 a 1,0 MPa, más

preferentemente de aproximadamente 0,2 a 0,8 MPa desde el exterior para soplar directamente el aire comprimido al haz de fibras. El haz de fibras puede permanecer en mayor medida disminuyendo la velocidad de viento y a la inversa el haz de fibras puede abrirse a la forma de fibra individual aumentando la velocidad de viento.

5 [Etapa de aplicación]

La etapa de aplicación en el método de la invención está constituida por etapas de succión de las fibras de refuerzo abiertas junto con la resina termoplástica fibrosa particulada, a la vez que las dispersa, y pulverizando las fibras de refuerzo y la resina termoplástica al mismo tiempo. Las fibras de refuerzo abiertas y la resina termoplástica fibrosa o particulada se aplican sobre una lámina, específicamente sobre una lámina transpirable montada en una porción inferior de la máquina de abertura de fibras preferentemente al mismo tiempo.

En la etapa de aplicación, la cantidad de suministro de la resina termoplástica preferentemente es de 50 a 1.000 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo. La resina termoplástica más preferentemente es de 55 a 500 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo y aún más preferentemente de 60 a 300 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de refuerzo.

Las fibras de refuerzo y la resina termoplástica fibrosa o particulada preferentemente se pulverizan tal como para quedar bidimensionalmente orientadas en este documento. Para aplicar las fibras abiertas mientras se las orienta bidimensionalmente, un método de aplicación y el siguiente método de fijación resultan importantes. En el método de aplicación de las fibras de refuerzo se prefiere usar un tubo ahusado de una forma cónica o similar. En el tubo de tipo cono circular o similar, el aire se difunde para disminuir el caudal en el tubo y al mismo tiempo se da una fuerza rotacional a las fibras de refuerzo. Las fibras de refuerzo abiertas en el tubo ahusado utilizando este efecto de Venturi pueden dispersarse y pulverizarse preferentemente.

Adicionalmente, la siguiente etapa de fijación y la etapa de aplicación pueden realizarse al mismo tiempo, es decir, las fibras pueden fijarse mientras se aplican y depositan. Se prefiere que las fibras se pulvericen sobre una lámina transpirable móvil que tiene un mecanismo de succión para depositarlas en forma de malla, seguido de la fijación de las mismas en ese estado. En este caso, cuando la lámina transpirable está constituida por un transportador que comprende una red, las fibras se depositan sobre el mismo mientras este se mueve continuamente en una dirección, la malla aleatoria puede formarse continuamente. Adicionalmente, la malla transpirable puede moverse hacia atrás y hacia delante y alrededor consiguiendo de esta manera un depósito uniforme. Adicionalmente, se prefiere también que un borde delantero de una unidad de aplicación (pulverización) de las fibras de refuerzo y la resina termoplástica se mueva de forma recíproca en una dirección perpendicular a la dirección de movimiento del soporte transpirable que se mueve continuamente y, de esta manera, realizando continuamente la aplicación y fijación.

Las fibras de refuerzo y la resina termoplástica se pulverizan de forma preferente uniformemente sin falta de uniformidad en la malla aleatoria.

40 [Etapa de fijación]

La etapa de fijación en el método de la invención es una etapa de fijación de las fibras de refuerzo aplicadas y la resina termoplástica. Preferentemente, el aire se succiona desde una porción inferior de la lámina transpirable para fijar las fibras. La resina termoplástica pulverizada junto con las fibras de refuerzo se fija también mientras se mezcla mediante succión de aire en el caso de la forma fibrosa o incluso junto con las fibras de refuerzo en el caso de la forma particulada.

La malla altamente orientada bidimensionalmente puede obtenerse por succión desde la porción inferior a través de la lámina transpirable. Adicionalmente, la resina termoplástica particulada o fibrosa puede succionarse usando la presión negativa generada y adicionalmente se mezcla fácilmente con las fibras de refuerzo por el flujo de difusión generado en el tubo. En el material obtenido, la distancia de movimiento de la resina es corta en una etapa de impregnación por la presencia de la resina termoplástica en la proximidad de las fibras de refuerzo, de manera que es posible impregnar la resina en la malla durante un periodo de tiempo relativamente corto. También es posible ajustar previamente un material textil no tejido transpirable o similar fabricado del mismo material que la resina de matriz que se usará como una parte de fijación de la lámina transpirable, seguido de pulverización de las fibras de refuerzo y las partículas sobre el material textil no tejido.

Mediante el método de producción preferido mencionado anteriormente de la malla aleatoria, puede obtenerse la malla aleatoria fabricada de fibras orientadas bidimensionalmente y que contiene pocas fibras cuyos ejes largos están orientados tridimensionalmente.

La etapa de aplicación y la etapa de fijación pueden realizarse al mismo tiempo. Asimismo, cuando la malla aleatoria se produce industrialmente, la aplicación y la fijación se realizan preferentemente al mismo tiempo mientras se mueve la lámina transpirable. Adicionalmente, se prefiere también que el borde delantero de la unidad de aplicación (pulverización) de las fibras de refuerzo y la resina termoplástica se mueva de forma recíproca en una dirección perpendicular a la dirección de movimiento del soporte transpirable que se mueve continuamente y, de esta manera,

que realice continuamente la aplicación y la fijación.

[Material compuesto reforzado con fibras]

5 La malla aleatoria de la invención se moldea como una preforma y, de esta manera, es capaz de obtener un material compuesto reforzado con fibra que comprende las fibras de refuerzo y la resina termoplástica. Como los métodos de moldeo, se prefiere el moldeo por prensado y/o termoformado. La malla aleatoria de la invención se caracteriza por impregnarse fácilmente con una resina termoplástica de manera que el moldeo se realiza por moldeo en prensa caliente o similar para poder obtener eficazmente el material compuesto reforzado con fibra. Específicamente, se prefiere que la resina termoplástica en la malla aleatoria se funda a presión y se impregne en los haces de fibra de refuerzo y los espacios entre las fibras individuales de las fibras de refuerzo seguido de enfriamiento para realizar el moldeo.

15 De esta manera, por ejemplo, el material compuesto reforzado con fibra similar a placa puede obtenerse eficazmente durante un corto periodo de tiempo. El material compuesto reforzado con fibra similar a placa es útil además como un preimpregnado para moldeo tridimensional, particularmente como un preimpregnado para moldeo por presión. Específicamente, el producto conformado puede obtenerse por lo que se denomina prensa en frío en el que la lámina de material compuesto reforzado con fibra similar a placa se calienta hasta el punto de fusión o mayor, o la temperatura de transición vítrea o mayor de la resina, y en solitario o una pluralidad de láminas apiladas de acuerdo con la forma del producto conformado que se quiera obtener se pone en un molde y se mantiene a una temperatura menor que el punto de fusión o menor que la temperatura de transición vítrea de la resina, se presuriza y después se enfría.

20 Como alternativa, el producto conformado se puede obtener por lo que se denomina prensa en caliente en la que el material compuesto reforzado con fibra similar a placa se pone en un molde, el moldeo con prensa se realiza mientras se eleva la temperatura al punto de fusión o mayor o a la temperatura de transición vítrea o mayor y después, el molde se enfría a una temperatura menor que el punto de fusión o menor que la temperatura de transición vítrea.

25 Es decir, la invención incluye el material compuesto reforzado con fibra obtenido a partir de la malla aleatoria. Como se ha descrito anteriormente, en la malla aleatoria de la invención, las fibras de refuerzo y la resina termoplástica se mezclan y están presentes unas cerca de otras de manera que la resina termoplástica puede impregnarse fácilmente sin necesidad de permitir que las fibras y la resina fluyan en el molde. También en el material compuesto reforzado con fibra obtenida a partir de la malla aleatoria de la invención, resulta posible mantener la configuración de las fibras de refuerzo, es decir, la isotropía. Adicionalmente, el grado de abertura de fibra de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria también se mantiene apropiadamente en el material compuesto reforzado con fibra.

30 Es decir, la invención es preferentemente un material compuesto obtenido a partir de la malla aleatoria mencionada anteriormente, que se caracteriza por que el material compuesto comprende fibras de refuerzo que tienen una longitud de fibra promedio de más de 5 a 100 mm y una resina termoplástica, las fibras de refuerzo que están orientadas aleatoriamente sustancialmente de forma bidimensional, que los haces de fibra de refuerzo (A) cada uno comprende fibras individuales equivalentes a o mayores que el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1), la relación del mismo a la cantidad total de las fibras es del 30 % en volumen a menos del 90 % en volumen y que el número promedio (N) de fibras individuales en los haces de fibra de refuerzo (A) satisface la siguiente fórmula (2):

$$\begin{aligned} \text{Número de fibra individual crítico} &= 600/D & (1) \\ 0,7 \times 10^4 / D^2 < N < 1 \times 10^5 / D^2 & & (2) \end{aligned}$$

50 donde D es el diámetro de fibra promedio (μm) de las fibras de refuerzo individuales.

La longitud de fibra promedio y los haces de fibra de las fibras promedio en el material compuesto puede medirse de la misma manera que en la malla aleatoria, después de que la resina se retire del material compuesto.

55 Ejemplos

A continuación se muestran ejemplos, pero la invención no debe considerarse limitada a los mismos.

60 1) Análisis de Haces de Fibra de Refuerzo en una Malla Aleatoria

Una malla aleatoria se corta a una tamaño de aproximadamente 100 mm x 100 mm.

65 Los haces de fibras se sacan todos con unas pinzas de la malla que se ha cortado y el número de haces (I) de los haces de fibra de refuerzo (A) y se mide y registra la longitud (Li) y el peso (Wi) de los haces de fibras. Para haces de fibra que son pequeños en un grado tal que no pueden sacarse con pinzas, el peso (Wk) de los mismos finalmente se mide en su conjunto. Para la medición del peso, se usa una balanza que puede medir hasta 1/100 mg.

A partir del diámetro de fibra (D) de las fibras de refuerzo usadas en la malla aleatoria, se calcula el número de fibra individual crítico, y la división en los haces de fibra de refuerzo (A) que comprende fibras individuales equivalentes a o mayor que el número de fibra individual crítico y se realizan los demás. A propósito, en el caso en el que se usan dos o más clases de fibras de refuerzo, se realiza la división para cada clase de fibras, y la medición y la evaluación se realizan para cada una de ellas.

Un método de determinación del numero promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) es el siguiente. El número de fibras (Ni) en cada haz de fibras de refuerzo se determina a partir de la finura (F) de las fibras de refuerzo usadas mediante la siguiente fórmula:

$$N_i = W_i / (L_i \times F)$$

El número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) se determina a partir del número de haces (I) de los haces de fibra de refuerzo (A) mediante la siguiente fórmula:

$$N = \sum N_i / I$$

La relación (VR) de los haces de fibra de refuerzo (A) al número total de fibras en la malla se determina usando el peso por área de fibra (ρ) de las fibras de refuerzo mediante la siguiente fórmula:

$$VR = \sum (W_i / \rho) \times 100 / ((W_k + \sum W_i) / \rho)$$

2) Análisis de la Longitud de Fibra Promedio de las Fibras de Refuerzo Contenidas en una Malla Aleatoria o Material Compuesto

Las longitudes de 100 fibras extraídas aleatoriamente de una malla aleatoria o un material compuesto se midieron hasta el milímetro con un calibre y una lupa y se registraron. A partir de las longitudes (Li) de todas las fibras de refuerzo medidas, la longitud de fibra promedio (La) se determinó mediante la siguiente fórmula. En el caso del material compuesto, después de que una resina se retirara en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora, se extrajeron las fibras de refuerzo.

$$L_a = \sum L_i / 100$$

3) Análisis de Haces de Fibras de Refuerzo en un Material Compuesto

Para una placa moldeada, en concreto el material compuesto de fibra de refuerzo de la invención, después de que una resina termoplástica se mantenga en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora, la medición se realiza de la misma manera que en el método mencionado anteriormente en la malla aleatoria.

4) Análisis de Orientación de la Fibra en un Material Compuesto

Como un método para medir la isotropía de las fibras después de que el material compuesto se haya moldeado, se realizó un ensayo de tracción basado en cualquier dirección de la placa moldeada y una dirección perpendicular a esta para medir el módulo de tracción y a partir de los módulos de tracción medidos, se midió la relación (E δ) del más grande dividido por el más pequeño. Cuanto más cerca de 1 esté la relación de los módulos de tracción, más excelente será la isotropía del material. En estos ejemplos, cuando la relación de la elasticidad es 1,3 o menor se evalúa como que tiene una excelente isotropía.

Ejemplo 1

Como las fibras de refuerzo, se usó una hebra de fibras de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) STS40-24KS (diámetro de fibra promedio: 7 μ m, anchura de hebra: 10 mm) fabricada por Toho Tenax Co., Ltd., y la hebra se ensanchó a una anchura de 20 mm. Como un dispositivo de corte, se usó una cuchilla rotatoria en la que se dispuso un cuchillo espiral sobre una superficie del mismo, usando un carburo cementado. En este momento, θ en la siguiente fórmula (3) era 63 grados, y la separación de las cuchillas se ajustó a 10 mm tal como para cortar las fibras de refuerzo a una longitud de fibra de 10 mm.

$$\text{Separación de las cuchillas} = \text{anchura de la hebra de fibra de refuerzo} \times \tan(90 - \theta) \quad (3)$$

donde θ es el ángulo entre la dirección circunferencial y el cuchillo.

Para preparar un dispositivo de abertura de fibra, se soldaron boquillas fabricadas de SUS 304 de diferente diámetro para preparar un doble tubo y se realizaron pequeños orificios en un tubo interno. Se suministró aire comprimido entre el tubo interno y un tubo externo usando un compresor. En este momento, la velocidad de viento del aire desde los pequeños orificios era de 450 m/s. Este tubo se dispuso justo bajo la cortadora rotatoria y, adicionalmente,

un tubo ahusado se soldó a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara lateral del tubo ahusado. Como la resina de matriz, se usaron partículas obtenidas pulverizando por congelación gránulos de un policarbonato "Panlite" (marca comercial registrada) L-1225L fabricado por Teijin Chemicals Ltd., seguido de clasificación adicional a través de una malla 20 y una malla 100. El tamaño de partícula promedio del polvo de policarbonato era de aproximadamente 710 μm . A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado y se realizó la succión desde una parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 180 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 480 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, las fibras se dispersaron aleatoriamente en el plano y los ejes de la fibra eran aproximadamente paralelos a un plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era 10 mm y el peso por área de las fibras era 200 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinó la relación de haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra promedio definido por la fórmula (1) era 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A) la relación del mismo con la cantidad total de fibras en la malla era del 35 % y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 240. Adicionalmente, el polvo de policarbonato se dispersó entre las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

La malla aleatoria resultante se calentó en una máquina de prensado calentada a 300 °C a 1 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada (el material compuesto reforzado con fibra de la invención, en lo sucesivo en este documento la placa moldeada) que tenía un espesor de 0,6 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se observó una porción no impregnada o un hueco.

Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación ($E\delta$) del módulo de tracción era de 1,03, y apenas se observó la orientación de la fibra. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantenía la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina, y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 10 mm. La resina se retiró de la placa moldeada y se examinó la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado la relación de haces de fibra de refuerzo (A) al número total de fibras era del 35 % y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 240. No se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

35 Ejemplo 2

Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) IMS60-12K (diámetro de fibra promedio: 5 μm , anchura de hebra: 6 mm) fabricada por Toho Tenax Co., Ltd. Como un dispositivo de corte se usó una cortadora rotatoria en la que se dispuso un cuchillo espiral sobre una superficie de la misma, usando un carburo cementado. Como la cortadora rotatoria se usó una cortadora de separación de fibras en la que las cuchillas paralelas respecto a una dirección de la fibra como se muestra en la Figura 4 se proporcionaron a intervalos de 0,5 mm, con el fin de miniaturizar los haces de fibras. En este momento, θ en la fórmula (3) mencionada anteriormente era de 17 grados y la separación de las cuchillas se ajustó a 20 mm. Las fibras de refuerzo se cortaron a una longitud de fibra de 20 mm. Como un dispositivo de abertura de fibra, se preparó un tubo que tenía pequeños orificios y se suministró aire comprimido al mismo usando un compresor. La velocidad de viento del aire desde los pequeños orificios se ajustó a 150 m/s. Este tubo se dispuso justo por debajo de la cortadora rotatoria y, adicionalmente, se soldó un tubo ahusado a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara lateral del tubo ahusado. Como esta resina de matriz, se usaron fibras de PA 66 (Nylon T5 fabricado por Asahi Kasei Fibers Corp., finura: 1.400 dtex) que se cortó en seco a 2 mm. A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado y se realizó la succión desde una parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 1.000 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 3.000 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la poliamida estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de fibra de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano y estaban dispersados aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era de 20 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 1.000 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinó la relación de haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 120. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 86 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 900. Adicionalmente, se dispersaron fibras de nylon en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

La malla aleatoria resultante se calentó en una máquina de prensado calentada a 280 °C a 1,0 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tenía un espesor de 3,2 mm. Para la placa moldeada resultante, se

realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se reconoció una porción no impregnada o un hueco.

Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación ($E\delta$) de la elasticidad era 1,07 y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantuvo la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina, y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 20 mm. La resina se retiró de la placa moldeada y se examinó la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) respecto a la cantidad total de fibras era del 86 % y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 900. No se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo 3

Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de vidrio EX-2500 (diámetro de fibra promedio: 15 μm , anchura de hebra: 9 mm) fabricadas por Nippon Electric Glass Co., Ltd. Como dispositivo de corte, se usó una cortadora rotatoria en la que las cuchillas cortas se dispusieron oblicuamente en una dirección de 90 grados respecto a las fibras y un cuchillo de separación de fibras se dispuso sobre una superficie de la misma, usando un carburo cementado. La anchura del cuchillo era de 1 mm y, adicionalmente, se proporcionaron cuchillas paralelas a una dirección de la fibra entre los cuchillos, con el fin de miniaturizar los haces de fibra. En este momento, θ en la fórmula (3) mencionada anteriormente era 10 grados, y las separación de las cuchillas se ajustó a 50 mm. Las fibras de refuerzo se cortaron a una longitud de fibra de 50 mm. Como un dispositivo de abertura de fibra, se usó el mismo dispositivo que el usado en el Ejemplo 1. La velocidad de viento del aire desde los pequeños orificios se ajustó a 350 m/s disminuyendo la presión del compresor. Este tubo se dispuso justo bajo la cortadora rotatoria y, adicionalmente, un tubo ahusado se soldó a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara lateral del tubo ahusado. Como esta resina de matriz, se usó un polvo obtenido pulverizando por congelación gránulos de un policarbonato "Panlite" (marca comercial registrada) L-1225L fabricado por Teijin Chemicals Ltd., seguido de clasificación adicional a través de una malla 30 y una malla 200. En este momento, el tamaño de malla del mismo era de aproximadamente 360 μm . A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado, y se realizó la succión desde la parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 300 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 600 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de la fibra de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano, y estaban dispersados aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era de 50 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 300 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 40. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 68 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 60. Adicionalmente, el polvo de policarbonato se dispersó en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

Esta malla aleatoria se calentó en una máquina de prensado calentada a 300 °C, a 1,0 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tenía un espesor de 0,6 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se confirmó una porción no impregnada o un hueco.

Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación ($E\delta$) de la elasticidad era 1,14, y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantuvo la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 50 mm. La resina se retiró de la placa moldeada y se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, no se observaron diferencias con respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo 4

Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) STS40-24KS (diámetro de fibra promedio: 7 μm , anchura de hebra: 10 mm) fabricadas por Toho Tenax Co., Ltd, que se abrió a una anchura de 30 mm. Como un dispositivo de corte se usó una cortadora rotatoria en la que se dispuso un cuchillo espiral sobre una superficie de la misma usado un carburo cementado. En este momento, θ en la fórmula (3) mencionada anteriormente era 45 grados, y la separación de las cuchillas se ajustó a 30 mm tal como para cortar las fibras reforzadas a una longitud de fibra de 30 mm. Para preparar un dispositivo de abertura de fibra, se soldaron boquillas fabricadas de SUS 304 de diferente diámetro para preparar un tubo doble y se formaron pequeños orificios

en un tubo interno. Se suministró aire comprimido entre el tubo interno y un tubo externo usando un compresor. En este momento, la velocidad de viento del aire desde los pequeños orificios era de 20 m/s. Este tubo se dispuso justo bajo la cuchilla rotatoria y, adicionalmente, se soldó un tubo a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara inferior del tubo ahusado. Como la resina de matriz, se usaron partículas obtenidas por pulverización por congelación de gránulos de un policarbonato "Panlite" (marca comercial registrada) L-1225L fabricado por Teijin Chemicals Ltd., seguido de clasificación adicional a través de una malla 20 y una malla 100. El tamaño de partícula promedio del polvo de policarbonato era de aproximadamente 710 μm . A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado, y se realizó la succión desde una parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 1000 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 1.100 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de las fibras de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano, y estaban dispersados aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era de 30 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 1.000 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación del mismo respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 60 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 1.620. Adicionalmente, se dispersó polvo de policarbonato en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

Se apilaron tres capas de la malla aleatoria resultante, y se calentaron en una máquina de prensado calentada a 300 °C a 1 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tenía un espesor de 1,5 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado no se confirmó una porción no impregnada o un hueco.

Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación (E₀) de la elasticidad era de 1,01, y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantenía la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina, y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 30 mm. La resina se retiró de la placa moldeada, y se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de las fibras. Como resultado, no se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo 5

Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) STS40-24KS (diámetro de fibra promedio: 7 μm , anchura de hebra: 10 mm) fabricada por Toho Tenax Co., Ltd. que se abrió a una anchura de fibra de 20 mm. Como un dispositivo de corte, se usó una cortadora rotatoria en la que se dispuso un cuchillo espiral sobre una superficie de la misma usando un carburo cementado. En este momento, θ en la fórmula mencionada anteriormente (3) era de 68 grados, y la separación de las cuchillas se ajustó a 8 mm tal como para cortar las fibras de refuerzo a una longitud de fibra de 8 mm. Para preparar un dispositivo de abertura de fibra se soldaron boquillas fabricadas de SUS 304 de diferente diámetro para preparar un tubo doble y se formaron pequeños orificios en un tubo interno. Se suministró aire comprimido entre el tubo interno y un tubo externo usando un compresor. En este momento, la velocidad de viento del aire desde los pequeños orificios era de 350 m/s. Este tubo se dispuso justo bajo la cortadora rotatoria y, adicionalmente, se soldó un tubo ahusado a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara lateral del tubo ahusado. Como esta resina de matriz, se usaron partículas obtenidas pulverizando por congelación gránulos de un policarbonato "Panlite" (marca comercial registrada) L-1225L fabricado por Teijin Chemicals Ltd., seguido de clasificación adicional a través de una malla 20 y una malla 100. El tamaño de partícula promedio del polvo de policarbonato era de aproximadamente 710 μm . A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado, y se realizó la succión desde una parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 1.200 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 1.600 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado los ejes de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano y estaban dispersadas aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era de 8 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 1.200 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 38 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 220. Adicionalmente, el polvo de policarbonato se dispersó en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

La malla aleatoria resultante se calentó en una máquina de prensado calentada a 300 °C a 1 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tenía un espesor de 1,9 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se reconoció una porción no impregnada o un hueco.

- 5 Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación ($E\delta$) de la elasticidad era de 1,02, y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantuvo la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina, y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 8 mm. La resina se retiró de la placa moldeada, y se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de las fibras. Como resultado, no se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo 6

- 15 Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) STS40-24KS (diámetro de fibra promedio: 7 μm , anchura de hebra: 10 mm, resistencia a la tracción: 4.000 MPa) fabricadas por Toho Tenax Co., Ltd. que se ensanchó a una anchura de 30 mm. Para dividir la hebra ensanchada, se usó una divisora en la que las cuchillas similares a discos preparadas usando un carburo cementado estaban dispuestas a intervalos de 1 mm. Como un dispositivo de corte, se usó una cortadora rotatoria en la que se dispuso un cuchillo espiral sobre una superficie de la misma usando un carburo cementado. En este momento, θ en la fórmula (3) mencionada anteriormente era de 45 grados, y la separación de las cuchillas se ajustó a 30 mm tal como para cortar las fibras de refuerzo a una longitud de fibra de 30 mm. Para preparar un dispositivo de abertura de fibra, se soldaron boquillas fabricadas de SUS 304 de diferente diámetro para preparar un tubo doble y se realizaron pequeños orificios en un tubo interno. Se suministró aire comprimido entre el tubo interno y un tubo externo del dispositivo usando un compresor. En este momento, la velocidad del viento del aire desde los orificios pequeños era de 350 m/s. Este tubo se dispuso justo por debajo de la cortadora rotatoria y adicionalmente, se soldó un tubo ahusado a una porción inferior del mismo. Se suministró una resina de matriz desde una cara lateral del tubo ahusado. En esta resina de matriz, se usaron partículas obtenidas pulverizando por congelación gránulos de un policarbonato "Panlite" (marca comercial registrada) L-1225L fabricado por Teijin Chemicals Ltd., seguido de clasificación adicional a través de una malla 20 y una malla 100. El tamaño de partícula promedio del polvo de policarbonato era de aproximadamente 710 μm . A continuación, se instaló una mesa que podía moverse en las direcciones XY bajo una salida del tubo ahusado, y se realizó la succión desde una parte inferior de la mesa con una soplante. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 500 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 550 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica estaban mezcladas. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de fibra de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano, y estaban dispersados aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era de 30 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 500 g/m².

- Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibras individuales crítico definido por la fórmula (1) era de 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 35 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era de 270. Adicionalmente, el polvo de policarbonato se dispersó en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

- Se apilaron cuatro capas de la malla aleatoria resultante, y se calentaron en una máquina de prensado calentada a 300 °C a 1 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tiene un espesor de 3,0 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se reconoció una porción no impregnada o un hueco.

- Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación ($E\delta$) del módulo de tracción era de 1,02 y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantuvo la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina, y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 30 mm. La resina se retiró de la placa moldeada, y se examinaron la relación de haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, no se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo 7

- Como las fibras de refuerzo, se usaron hebras de fibra de carbono "Tenax" (marca comercial registrada) STS40-24KS (diámetro de fibra promedio: 7 μm , anchura de hebra: 10 mm,) fabricadas por Toho Tenax Co., Ltd. que se ensancharon a una anchura hasta 30 mm. Como un dispositivo de separación de fibra, se usó una divisora en la que

las cuchillas similares a disco preparadas usando un carburo cementado se dispusieron a intervalos de 0,5 mm. Como un dispositivo de corte, se usó una cortadora rotatoria en la que un cuchillo espiral fabricado de carburo cementado se dispuso sobre una superficie del mismo. En este momento, θ en la fórmula (3) mencionada anteriormente era de 45 grados, y la separación de las cuchillas se ajustó a 30 mm tal como para cortar las fibras de refuerzo a una longitud de fibra de 30 mm.

Una hebra que pasaba a través de la cortadora se introdujo en un tubo de transporte flexible dispuesto justo por debajo de la cortadora rotatoria, seguido de la introducción del mismo en un dispositivo de abertura de fibra. Como el dispositivo de abertura de fibra, se preparó un tubo doble soldando boquillas fabricadas de SUS 304 de diferente diámetro. Se realizaron pequeños orificios en un tubo interno del tubo doble y se suministró aire comprimido entre el tubo interno y un tubo externo usando un compresor. En este momento, la velocidad de viento del aire desde los orificios pequeños era de 100 m/s. Un tubo ahusado que aumentaba de diámetro hacia abajo se soldó a una porción inferior de este tubo.

Desde una cara lateral del tubo ahusado, una resina de nylon "A1030" fabrica por Unitifca Ltd., se suministró como una resina de matriz. Después, un soporte transpirable (denominado en lo sucesivo en este documento malla de fijación), que puede moverse en una dirección dada, se instaló bajo una salida del tubo ahusado y la succión se realizó desde una parte inferior del mismo con una soplante. Una mezcla de las fibras de refuerzo cortadas y la resina de nylon se depositó en forma de banda sobre esta red de fijación mientras se movía de forma recíproca la tubería de transporte flexible y el tubo ahusado en la dirección de la anchura. Después, la cantidad de suministro de las fibras de refuerzo se ajustó a 500 g/min y la cantidad de suministro de la resina de matriz se ajustó a 530 g/min. El sistema se hizo funcionar para obtener una malla aleatoria en la que las fibras de refuerzo y la resina termoplástica se mezclaron, sobre el soporte. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de la fibra de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano, y estaban dispersados aleatoriamente en el plano. La longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo de la malla aleatoria resultante era 30 mm, y el peso por área de fibra de las fibras era de 500 g/m².

Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de las fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos a la cantidad total de fibras en la malla era del 85 %, y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 370. Adicionalmente, el polvo de nylon se dispersó en las fibras de refuerzo en un estado que no tenía una gran falta de uniformidad.

Se apilaron dos capas de la malla aleatoria resultante y se calentaron en una máquina de presado calentada a 260 °C a 1 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada que tenía un espesor de 1,5 mm. Para la placa moldeada resultante, se realizó una inspección ultrasónica. Como resultado, no se confirmó una porción no impregnada o un hueco.

Se midieron los módulos de tracción de la placa moldeada resultante en las direcciones de 0 grados y 90 grados. Como resultado, la relación (E₀) de la elasticidad era 1,03 y apenas se observó la orientación de las fibras. De esta manera, pudo obtenerse un material en el que se mantuvo la isotropía. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina y se determinó la longitud de fibra promedio de las fibras de refuerzo. Como resultado, era de 30 mm. La resina se retiró de la placa moldeada, y se examinaron la relación de haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, no se observaron diferencias respecto a los resultados de medición mencionados anteriormente de la malla aleatoria.

Ejemplo Comparativo 1

Se preparó una malla aleatoria de la misma manera que en el Ejemplo 1 con la excepción de que la velocidad de viento del aire desde los orificios pequeños se ajustó a 50 m/s. Se observó la configuración de las fibras de refuerzo en la malla aleatoria. Como resultado, los ejes de fibra de las fibras de refuerzo eran aproximadamente paralelos a un plano y estaban dispersados aleatoriamente en el plano.

Para la malla aleatoria resultante, se examinaron la relación de haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de fibras. Como resultado, el número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) era 86. Para los haces de fibra de refuerzo (A), la relación de los mismos respecto a la cantidad total de fibras en la malla era del 95 % y el número promedio (N) de fibras en los haces de fibra de refuerzo (A) era 1.500.

Los haces de fibra de refuerzo de la malla aleatoria resultante eran gruesos, y se preparó una placa moldeada usando esta malla aleatoria de la misma manera que en el Ejemplo 1 y se sometió a la inspección ultrasónica. Como resultado se confirmó una porción no impregnada. Adicionalmente, la placa moldeada se cortó y se observó la sección transversal de la misma. Como resultado, se confirmó una porción impregnada con la resina en el interior del haz de fibras.

Ejemplo Comparativo 2

Una malla aleatoria obtenida de la misma manera que en el Ejemplo Comparativo 1 se calentó en una máquina de prensado calentada a 300 °C a una presión elevada hasta 4 MPa durante 3 minutos para obtener una placa moldeada. La placa moldeada resultante casi se dobló en área, y el espesor de la misma se redujo a casi la mitad en aproximadamente 0,3 mm. En la placa moldeada resultante, pudo confirmarse visualmente un flujo de fibra. Se midieron el módulo de tracción de la placa moldeada resultante en una dirección de flujo y una dirección de 90 grados respecto a la dirección de flujo. Como resultado, la relación ($E\delta$) de la elasticidad era de 2,33, y se confirmó que las fibras estaban orientadas en gran medida. Adicionalmente, esta placa moldeada se calentó en un horno a 500 °C durante aproximadamente 1 hora para retirar la resina y, posteriormente, se examinaron la relación de los haces de fibra de refuerzo (A) y el número promedio (N) de las fibras. Como resultado, no se observaron diferencias respecto a los resultados de medición de la malla aleatoria descrita en el Ejemplo Comparativo 1.

Descripción de los números y signos de referencia

- 15 1: Fibra de refuerzo
- 2: Rodillo de arrastre
- 3: Rodillo de goma
- 20 4: Cuerpo principal de una cortadora rotatoria
- 5: Cuchilla
- 6: Fibra de refuerzo cortada
- 7: Separación de las cuchillas
- 8: Cuchilla paralela a una dirección de la fibra

25

REIVINDICACIONES

1. Una malla aleatoria que comprende: fibras de carbono que tienen una longitud de fibra promedio de 5 a 100 mm; y una resina termoplástica,
 5 donde el peso por área de fibra de las fibras de carbono es de 25 a 3.000 g/m²,
 caracterizada por que la malla aleatoria comprende un haz de fibras de carbono (A) en una relación del 30 % en volumen a menos del 90 % en volumen respecto a una cantidad total de las fibras de carbono, incluyendo el haz de fibras de carbono (A) fibras de carbono de un número de fibra individual crítico definido por la fórmula (1) o mayor, y
 10 un número promedio (N) de fibras de carbono individuales en el haz de fibras de carbono (A) satisface la fórmula (2):

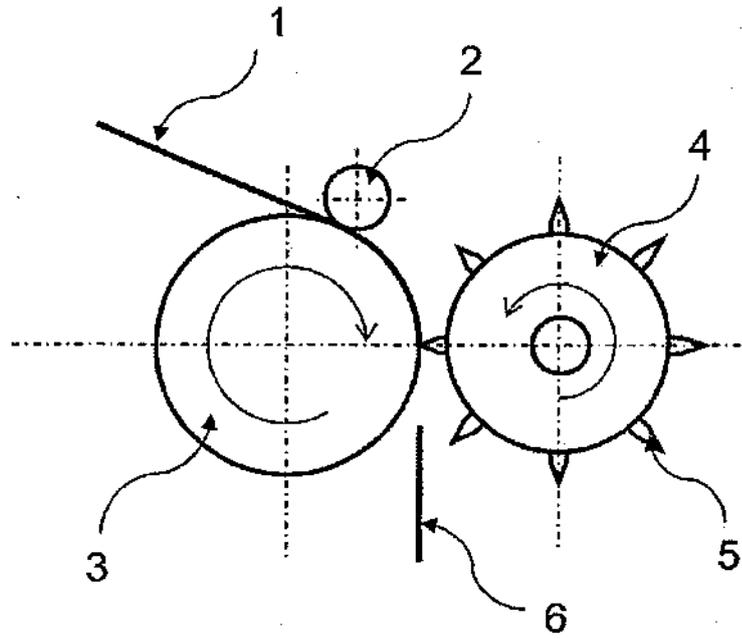
$$\begin{aligned} \text{Número de fibra individual crítico} &= 600/D && (1) \\ 0,7 \times 10^4/D^2 < N < 1 \times 10^5/D^2 &&& (2) \end{aligned}$$

15 donde D es un diámetro de fibra promedio (μm) del haz de fibras de carbono (A).

2. La malla aleatoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde una cantidad existente de la resina termoplástica en la malla aleatoria es de 50 a 1.000 partes en peso basado en 100 partes en peso de las fibras de carbono.
 20
3. La malla aleatoria de acuerdo con la reivindicación 1, donde la resina termoplástica está presente en forma fibrosa o particulada.
4. La malla aleatoria de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene isotropía en el plano.
 25
5. Un método para producir la malla aleatoria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:
 cortar un haz de fibras de carbono;
 introducir el haz de fibras de carbono cortadas en un tubo y abrir el haz de fibras de carbono soplando aire
 30 al mismo en el tubo;
 dispersar y succionar de forma simultánea las fibras de carbono abiertas, junto con una resina termoplástica fibrosa o particulada, y pulverizar las fibras de carbono y la resina termoplástica sobre una parte de fijación y;
 fijar las fibras de carbono cortadas y la resina termoplástica que se pulveriza para formar una malla aleatoria.
 35
6. Un material compuesto reforzado con fibra de carbono obtenido moldeando la malla aleatoria de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.
7. El material compuesto reforzado con fibra de carbono de acuerdo con la reivindicación 6, donde las fibras de carbono están orientadas aleatoriamente de forma bidimensional.
 40
8. El material compuesto reforzado con fibra de carbono de acuerdo con la reivindicación 6, donde la relación obtenida dividiendo un valor mayor por un valor menor del módulo de tracción en dos direcciones a ángulos rectos entre sí no supera una cifra de 2.
 45

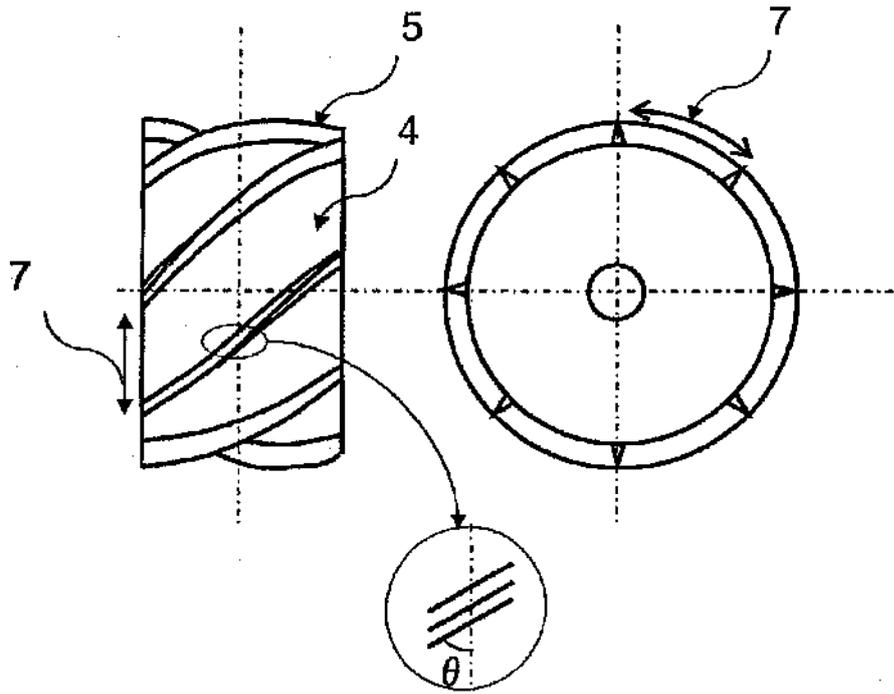
1/4

FIG.1



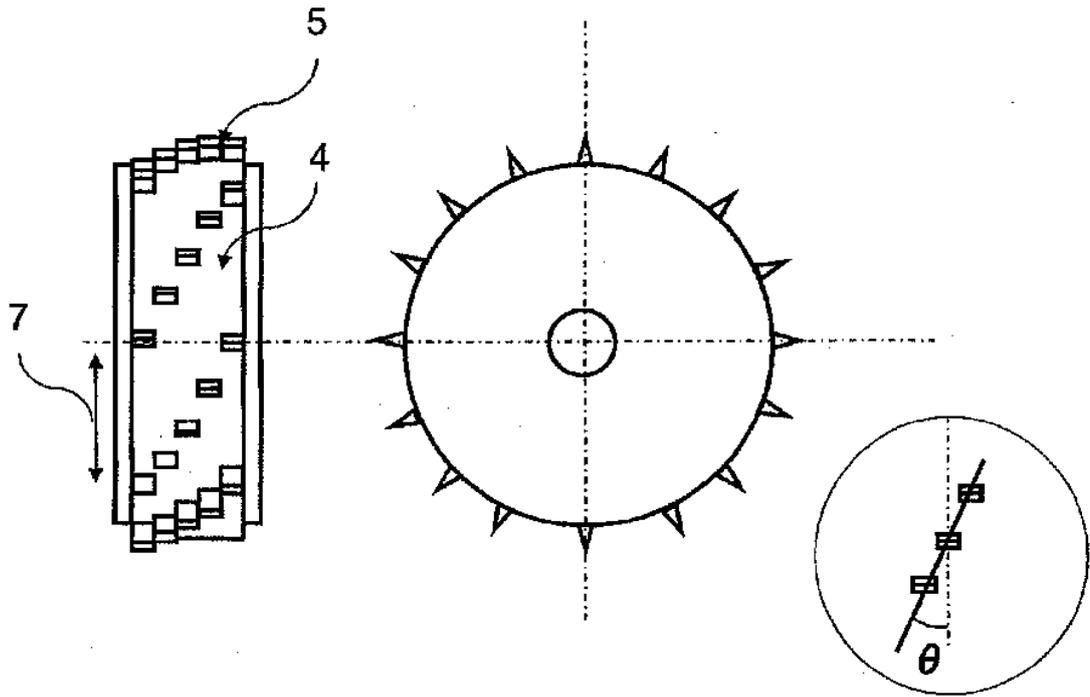
2/4

FIG.2



3/4

FIG.3



4/4

FIG.4

