

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 977**

51 Int. Cl.:

D04H 1/40	(2012.01)
B29C 70/48	(2006.01)
B29B 11/16	(2006.01)
B26D 3/00	(2006.01)
B29K 307/04	(2006.01)
D04H 1/4242	(2012.01)
D04H 1/4274	(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2011 PCT/JP2011/079625**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12086682**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2011 E 11850452 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 2642007**

54 Título: **Método para producir un agregado de fibra de carbono y método para producir plástico reforzado con fibra de carbono**

30 Prioridad:

24.12.2010 JP 2010287883

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.06.2019

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**HASHIMOTO, TAKAFUMI;
NINOMIYA, HIROKI;
WADAHARA, EISUKE y
YAMASAKI, MASAOKI**

74 Agente/Representante:

DÍAZ NUÑEZ, Joaquín

ES 2 716 977 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

Método para producir un agregado de fibra de carbono y método para producir plástico reforzado con fibra de carbono

Campo técnico de la invención

5 [0001] La presente invención está relacionada con una tecnología para reciclar una pieza cortada del material del borde del material base de fibra de carbono, generado en un proceso para producir un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP - Carbon Fiber-Reinforced Plastic), en un agregado de fibra de carbono y/o un plástico reforzado con fibra de carbono. Más concretamente, la presente invención está relacionada con un método para producir un agregado de fibra de carbono y un plástico reforzado con fibra de carbono, para reciclar el material del borde del material base de fibra de carbono en un CFRP que tiene altas propiedades mecánicas.

Antecedentes de la invención

15 [0002] Un plástico reforzado con fibra (FRP Fibre-Reinforced Plastic) que comprende fibras de refuerzo y una resina de matriz se emplea ampliamente como material para producir una parte aplicada a diversos usos como aviones, coches, barcos, molinos de viento o artículos deportivos, dado que tiene excelentes propiedades mecánicas, es ligero en peso, es altamente resistente a la corrosión, etc. Aunque las fibras orgánicas como fibras de aramida o fibras de polietileno de alta resistencia, y fibras inorgánicas como fibras de carbono, fibras de vidrio o fibras metálicas se utilizan como fibras de refuerzo, para un uso que requiere altas propiedades mecánicas, se emplean con frecuencia las fibras de carbono. Dado que un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) usando fibras de carbono es altamente resistente, rígido, ligero en peso y estable, se convierte en uno de los materiales principales usados en campos aeroespaciales que requieren un alto rendimiento, y se espera que el uso aumente aún más en el futuro. Además, se espera que los usos también para coches, molinos de viento para la generación de la energía eólica, etc. aumenten considerablemente en el futuro, y por lo tanto, se espera que la cantidad de producción de CFRP aumente drásticamente en el futuro.

25 [0003] Como método para producir un CFRP, es bien conocido un proceso para usar una denominada preimpregnación, que se prepara impregnando las fibras de carbono de antemano por una resina. En particular, en un proceso denominado moldeo en autoclave en el que una preimpregnación de resina termoestable así como una denominada preimpregnación unidireccional preparada mediante la preimpregnación por una resina termoestable en una lámina dispuesta con haces de fibras de carbono extendidos en una dirección, según se necesite, la preimpregnación laminada y cortada, se cura con la resina termoestable en un autoclave en condiciones de alta temperatura y alta presión, se puede obtener fácilmente un CFRP excelente en propiedades mecánicas o estabilidad térmica, y el método se emplea ampliamente cuando se requiere un alto rendimiento tal como en el campo aeroespacial. Sin embargo, en este proceso de moldeo en autoclave, aunque se obtiene fácilmente un CFRP con altos rendimientos, hay problemas porque el tiempo requerido para el moldeo es largo y se restringe la forma del CFRP. Por otro lado, hay un proceso RTM (Resin Transfer Molding - Moldeo por Transferencia de Resina) como el otro proceso para producir un CFRP. Este es un proceso en el que un material base de fibra de carbono libre de resina (por ejemplo, un material base como una tela tejida) se coloca en un molde, y luego se inyecta y se cura una resina. En este proceso, comparado con un proceso de moldeo en autoclave, debido a que la capacidad de ajuste de la forma del CFRP puede ampliarse, y Además, debido a que el tiempo requerido para el moldeo puede reducirse, se espera que se aplique extensamente en el futuro para el uso en automóviles, en particular, para el uso de automóviles fabricados en serie.

40 [0004] En este proceso de RTM, en el caso en el que se produce un CFRP que tiene una forma 3D, es común cortar un material base de fibra de carbono en un patrón predeterminado, para laminarlo y colocarlo en un molde. Dado que el material base de fibra de carbono descrito anteriormente se produce por lo general como una lámina continua con una anchura constante, los materiales del borde se generan inevitablemente en el corte descrito antes del moldeo. Dependiendo del patrón de corte del material base de fibra de carbono, hay casos en el que los materiales del borde se generan en una cantidad del 30 a 70% del material base de fibra de carbono. Dado que se espera que el desarrollo del uso de CFRP en el futuro sea como se ha descrito anteriormente, se requiere una tecnología para reciclar estos materiales del borde generados en el proceso de producción de CFRP.

5 [0005] Dado que las fibras de carbono tienen una alta estabilidad química y térmica, es difícil sin embargo, emplear un reciclado químico que recicle las fibras de carbono como materia prima por disolución, fundición, descomposición y otros por el estilo. Debido a que las fibras de carbono contenidas en un material del borde del material base de fibra de carbono se convierten en fibras discontinuas cortando las fibras continuas, tienen una amplia distribución de longitudes de fibra desde muy largas a muy cortas y las fibras de carbono son con frecuencia retenidas por un estilo de tejido, una estructura textil o hilos de coser, y según sea el caso, son soldadas además más fuertemente mediante un aglutinante o un agente de adhesividad (una forma de partículas o hilos termo-fusibles y otros por el estilo), el rendimiento para su reciclaje es muy pobre, y es difícil reciclarlas para un mismo material base de fibra de carbono. Por lo tanto, aunque se considere un método en el que un material del borde de un material base de fibra de carbono se corta y luego se mezcla con una resina termoplástica, y después la mezcla se moldea por inyección para producir un CFRP, en el caso en que dicho material del borde se corta y se moldea por inyección tal como es, debido a que las fibras de carbono no se distribuyen suficientemente en la resina termoplástica o debido a que se produce un CFRP con una longitud de fibra corta si la condición de mezcla en el momento del moldeo por inyección se intensifica a fin de distribuir suficientemente las fibras de carbono en la resina termoplástica, en ambos casos, sólo se puede obtener un CFRP con bajas propiedades mecánicas.

20 [0006] Como método para reciclar fibras Además de fibras de carbono, se describe un método en el documento de patente 1 en el que las fibras discontinuas obtenidas de un producto usado que comprende fibras altamente funcionales tales como fibras de poliamida totalmente aromáticas y nuevas fibras altamente funcionales se mezclan y se obtienen a partir de éstas hilados reciclados de alta funcionalidad. Sin embargo, este método supone reciclar un producto que usa hilados de alta funcionalidad otra vez en hilados de alta funcionalidad, y no se puede utilizar para reciclar un material base de fibra de carbono.

25 [0007] Además, en los documentos de patente 2 y 3, se describe un método de reciclaje que comprende un paso de trituración de residuos de corte para la trituración de residuos de corte que contienen tejido de punto o tela tejida de fibra química y un paso de impregnación de agente de curado para impregnar un agente de curado termo-reactivo en los residuos de corte triturados y en el que se forma un material moldeado mediante moldeo por prensado térmico de los residuos de corte impregnados con el agente de curado. Sin embargo, este método supone reciclar fibras sintéticas como fibras de poliéster, las propiedades mecánicas del producto moldeado obtenido son bajas, y no se puede adaptar para reciclar un material base de fibra de carbono.

30 [0008] Además, se conoce una tecnología para reciclar un CFRP mediante moldeo por inyección. Por ejemplo, en el documento de patente 4, se describe un método en el que un producto moldeado de resina termoplástica reforzada con fibra de carbono se tritura para hacer pellas (pellets), y se mezclan con pellas de resina termoplástica reforzada con fibra de carbono virgen para usar en el moldeo por inyección. Sin embargo, este método es un método en el que un CFRP después del moldeo por inyección se recicla al ser moldeado por inyección con una resina de matriz, y no se puede adaptar para el reciclaje de un material base de fibra de carbono antes de la impregnación con resina.

35 [0009] Excepto aquellos, en el documento de patente 5, se describe un método de reciclaje en el que un CFRP que comprende fibras de carbono y una resina termoestable se trata con calor para hacer un residuo de fibras de carbono quemando la resina termoestable, y después, el residuo se mezcla con una resina termoplástica. Sin embargo, en este método, incluso si tal residuo de fibras de carbono se mezcla tal como está, de manera similar al método descrito arriba para el moldeo por inyección directo de un material del borde de un material base de fibra de carbono, las fibras de carbono no se distribuyen de forma satisfactoria en la resina termoplástica, o la longitud de fibra de las fibras de carbono se hace corta, y por lo tanto, no se puede obtener un CFRP con propiedades mecánicas excelentes. El documento de patente 6 describe un método para hacer una lámina de tela no tejida para su uso como substrato en un compuesto de carbón reforzado con fibra de carbono. La fibra cardada discontinua se coloca transversalmente al filamento continuo y se perfora con una aguja para formar una tela.

45 [0010] Además, se intenta hacer fibras de carbono, que se han recuperado disolviendo y eliminando una resina de epoxi de una resina de matriz de un CFRP, en una tela no tejida mediante cardado (documento no de patente 1). En este método, que proviene de la disolución y eliminación de la resina de matriz, el rendimiento en el momento de la fabricación de la tela no tejida es bajo, y las propiedades mecánicas del CFRP obtenido, la productividad en serie de la tela no tejida y el coste de elaboración no son satisfactorios. Concretamente, principalmente los puntos siguientes son causas. En primer lugar, cuando la resina de matriz se retira del plástico reforzado con fibra de carbono, aunque sea necesario sumergirlo en un producto químico o un solvente y otros por el estilo y presurizarlo y calentarlo, entonces se pierden no sólo la resina de matriz sino también agente de encolado en las superficies de las fibras de

5 carbono. El agente de encolado tiene como función realzar la propiedad adhesiva entre las fibras de carbono y la resina de matriz, incluso si se fabrica un plástico reforzado con fibra de carbono usando dichas fibras de carbono perdidas con el agente de encolado, se pueden obtener sólo bajas propiedades mecánicas. Además, las fibras de carbono recuperadas por el método descrito son de longitudes diversas, y se incluyen fibras de carbono muy cortas y fibras de carbono muy largas. Las fibras de carbono muy cortas no son preferibles, debido a que tales fibras de carbono se hunden fácilmente sobre un rodillo cilíndrico o de trabajo en un proceso de cardado, y por consiguiente, puede producirse el enrollamiento de las fibras de carbono sobre el rodillo o al contrario que éstas se desprendan del rodillo. Además, las fibras de carbono muy largas pueden enredarse y quedarse en una máquina de cardado en una condición de bulto. Las fibras de carbono que se quedan se cortan a medida que pasa el tiempo, y se generan 10 fibras de carbono cortas en gran cantidad. Por consiguiente, se produce el enrollamiento de las fibras de carbono sobre el rodillo o, al contrario, que éstas se desprendan del rodillo, y tal situación no es deseable. Además, en el método descrito, las fibras de carbono recuperadas están en una bola de pelusa enredadas entre sí con las fibras de carbono, y hasta que dicha bola de pelusa se vuelva más pequeña cortando las fibras de carbono recuperadas, no puede pasar por el espacio entre los rodillos respectivos de la máquina de cardado. Por lo tanto, se vuelve más corta 15 la longitud de las fibras de carbono recuperadas contenidas en un plástico reforzado con fibra de carbón finalmente obtenido, y las propiedades mecánicas se vuelven más bajas.

[0011] A saber, la mayor parte de las tecnologías de reciclaje de fibras de carbono descritas hasta ahora son tecnologías para reciclar CFRP nuevamente a CFRP, las propiedades mecánicas de un CFRP obtenido no son satisfactorias, y hasta ahora no ha habido tecnologías en las que un material del borde de un material base de fibra de carbono generado en un proceso para producir un CFRP se recicla a un CFRP con altas propiedades mecánicas o un agregado de fibra de carbono utilizado para la producción del CFRP, mientras se garantiza una excelente 20 productividad en serie.

Documentos de la técnica previa

Documentos de patentes

25 [0012]

Documento de patente 1: JP-A 2005 105491

Documento de patente 2: JP-A 2009 66885

Documento de patente 3: JP-A 06 288084

Documento de patente 4: JP-A 2006 218793

30 Documento de patente 5: JP-A 2009 138143

Documento de patente 6: GB 2.012.671 A

Documentos no de patentes

[0013] El documento no de patente 1: página de inicio de Hitachi Chemical Company, Ltd "Ministerio de Economía, Comercio e Industria, empresa auxiliar regional de desarrollo de tecnología para la creación de nuevas industrias" «reciclaje de epoxi CFRP por el método de disolución de presión normal» <http://www.hitachi-chem.co.jp/Japanese/csr/files/frp_recycling_technology_2.pdf> 35

Resumen de la invención

40 Problemas a resolver por la Invención

[0014] Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método según la reivindicación 1 para producir un agregado de fibra de carbono y un método según la reivindicación 6 para producir un plástico reforzado con fibra de carbono, para el reciclaje de un material del borde de un material base de fibra de carbono generado en un proceso de producción CFRP en un CFRP que tiene altas propiedades mecánicas. 45

Medios para solucionar los problemas

5 [0015] Para lograr el objeto descrito anteriormente, los métodos para producir un agregado de fibra de carbono y para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la presente invención tienen las siguientes constituciones. A saber, un método para producir un agregado de fibra de carbono según la presente invención se caracteriza por que un material del borde de un material base de fibra de carbono compuesto de fibras de carbono se corta para obtener una pieza cortada, y la pieza cortada se transforma en un tejido y/o una tela no tejida para obtener un agregado de fibra de carbono.

10 [0016] Además, un método para producir un plástico reforzado con fibra de carbón según la presente invención se caracteriza por que una resina de matriz se impregna en un agregado de fibra de carbono producido por el método descrito arriba.

Efecto según la Invención

15 [0017] En el método para producir un agregado de fibra de carbono según la presente invención, después de que las piezas cortadas se obtienen cortando los materiales del borde de un material base de fibra de carbono antes de la impregnación de una resina de matriz, las piezas cortadas se transforman en un tejido y/o una tela no tejida (preferiblemente, cardada). En este paso de cardado, las piezas cortadas se refinan y las fibras de carbono se orientan mientras se evita que la longitud de las fibras de carbono se vuelve corta por rotura, e incluso si se aplica un aglutinante o agente de adhesividad para el material base de fibra de carbono, se puede obtener fácilmente un agregado de fibra de carbono como un tejido o una tela no tejida capaz de reciclarse en plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP) que tienen varias formas. En particular, si las fibras de resina termoplástica o las fibras de vidrio se añaden a dichas piezas cortadas descritas en los pasos de cardado, la productividad en serie de éstas puede elevarse, y los gastos de producción pueden reducirse más.

25 [0018] Además, en el agregado de fibra de carbono descrito arriba, debido a que se refinan las fibras de carbono que tienen una longitud predeterminada, la variación en el peso areal de las fibras de carbono (valor CV) es pequeña, el ángulo crítico de deformación por cizallamiento del mismo es grande, y la adaptabilidad de la forma a una forma complicada es excelente.

30 [0019] En el CFRP obtenido impregnando una resina de matriz en el agregado de fibra de carbono preparado por el método descrito anteriormente, debido a que las fibras de carbono que tienen una longitud predeterminada se refinan, la moldeabilidad es buena, y las propiedades mecánicas son excelentes. Dicho agregado de fibra de carbono puede impregnarse con una resina de matriz y moldearse por un moldeo por transferencia de resina (RTM), un moldeo por transferencia de resina asistida al vacío (VaRTM) o un moldeo por inyección y reacción (RIM). Además, un moldeo por inyección o un moldeo por prensado también puede emplearse después de la impregnación de la resina de matriz, y la resina de matriz también puede ser impregnada mediante moldeo por prensado.

Breve explicación de los dibujos

40 [0020]

[Fig. 1] La Fig. 1 es un diagrama esquemático que muestra un modo de realización de un paso de cardado para hacer piezas cortadas de un material del borde de un material base de fibra de carbono en la presente invención.

45 [Fig. 2] La Fig. 2 es una diagrama de bloques que muestra un modo de realización de un flujo de procesos de un método para producir un agregado de fibra de carbono y un método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la presente invención.

Modos de realización de la presente invención

50 [0021] En lo sucesivo, la presente invención se explicará en detalle junto con los modos de realización.

[0022] En un método para producir un agregado de fibra de carbono según la presente invención, se corta un material del borde de un material base de fibra de carbono (tal como una tela tejida, una tela de costura multiaxial o una trenza descrita más adelante) compuesto de fibras de carbono para obtener una pieza cortada, y dicha pieza cortada se transforma en un tejido y/o en una tela no tejida (preferiblemente, mediante cardado) para obtener un agregado de fibra de carbono.

55 [0023] Para las fibras de carbono en la presente invención, aunque no están particularmente limitadas, se puedan usar fibras de carbono con base de PAN, fibras de carbono con base de brea, fibras de carbono con base de celulosa, fibras de carbono con base de crecimiento en fase de vapor y fibras grafitadas de las mismas. Las fibras de carbono con base de PAN son fibras de carbono cuya materia prima son fibras de poliacrilonitrilo. Además, las fibras

de carbono con base de brea son fibras de carbono cuya materia prima es el alquitrán de petróleo o la brea de petróleo. Además, las fibras de carbono con base de celulosa son fibras de carbono cuya materia prima es el rayón de viscosa, acetato de celulosa, etc. Además, fibras de carbono con base de crecimiento en fase de vapor son fibras de carbono cuya materia prima es el hidrocarburo, etc. Entre éstos, desde el punto de vista del excelente equilibrio entre la resistencia y el módulo elástico, son preferibles las fibras de carbono con base de PAN. Además, se pueden usar fibras de carbono recubiertas de metal, preparadas recubriendo las fibras de carbono descritas anteriormente con un metal como níquel o cobre. La densidad de fibras de carbono debe estar preferiblemente en un intervalo de 1,65 a 1,95 g/cm³, y más preferiblemente en un intervalo de 1,70 a 1,85 g/cm³. Si la densidad es demasiado alta, la ligereza en peso de un plástico reforzado con fibra de carbono obtenido es pobre, y si es demasiado baja, hay casos en los que las propiedades mecánicas de un plástico reforzado con fibra de carbono obtenido se vuelven bajas. Además, el tamaño (diámetro) de las fibras de carbono se encuentra preferiblemente en un intervalo de 5 a 8 mm por fibra, y más preferiblemente en un intervalo de 6,5 a 7,5 mm. Si el diámetro es demasiado pequeño, hay una tendencia a que la cantidad de polvo generado en un proceso para hacer un tejido y/o un proceso para hacer una tela no tejida (preferiblemente, un proceso de cardado), aumenta o puede producirse el desprendimiento en el proceso, y de ser demasiado grande, debido a las propiedades mecánicas pobres, hay casos en los que no se puede obtener un efecto de refuerzo satisfactorio. Además, con el fin de mejorar las propiedades adhesivas entre las fibras de carbono y una resina de matriz y otros por el estilo, las fibras de carbono pueden ser tratadas superficialmente. Como método del tratamiento superficial, existe el tratamiento electrolítico, tratamiento de ozono, tratamiento ultravioleta, etc. Además, a fin de prevenir la generación de pelusa de fibras de carbono, mejorar la propiedad adhesiva entre las fibras de carbono y una resina de matriz, y otros por el estilo, se puede aplicar un agente de encolado a las fibras de carbono. Como agente de encolado, se puede aplicar un compuesto de uretano, un compuesto de epoxi, etc..

[0024] El material base de fibra de carbono compuesto por fibras de carbono indicado aquí comprende fibras de carbono únicamente, o según sea necesario, una combinación con otras fibras inorgánicas tales como fibras de vidrio o fibras orgánicas. Por su forma, ejemplos típicos son una tela tejida unidireccional en la cual las fibras se disponen casi en una misma dirección y se fijan con hilos o aglutinantes auxiliares, una tela tejida bidireccional en la cual al menos las fibras de carbono se cruzan en dos direcciones, una tela tejida multiaxial en la cual se cruzan en dos direcciones, una tela de costura multiaxial en la cual las láminas preparadas disponiendo las fibras de carbono en una dirección se laminan en direcciones múltiples y el laminado se une con hilos de coser, y Además de éstas, una trenza, una tela no tejida o una estera usando fibras discontinuas, etc.

[0025] Como la tela tejida unidireccional, ejemplos típicos son una tela en la cual los haces de fibra de carbono se disponen en una dirección paralela el uno al otro como urdimbres y los urdimbres y tramas auxiliares, que comprenden, por ejemplo, fibras de vidrio o fibras orgánicas que se extienden en una dirección perpendicular a los urdimbres, se cruzan para tejerse, y una tela que tiene una estructura denominada no rizada que comprende urdimbres que comprenden haces de fibra de carbono, urdimbres auxiliares de haces de fibra de bajo rendimiento que comprenden fibras de vidrio o fibras orgánicas dispuestas en paralelo a los urdimbres, y tramas auxiliares de haces de fibra de pequeño rendimiento que comprenden fibras de vidrio o fibras orgánicas dispuestas perpendicularmente a los urdimbres y los urdimbres auxiliares, y donde los haces de fibra de carbono se sostienen integralmente casi sin rizarse para formar una tela tejida, por una estructura en la cual los urdimbres auxiliares y las tramas auxiliares se cruzan los unos a los otros.

[0026] Además, en la presente invención, no limitándose a una tela tejida unidireccional, también se puede usar una tela tejida bidireccional usando fibras de carbono como urdimbres y/o tramas. Dicha tela tejida bidireccional no se limita particularmente, y se puede usar una tela de tejido liso, una tela de tejido asargado, un tela de tejido de satén, una tela de tejido de jacquard, etc.. En la presente invención, como tela tejida, se puede usar una tela tejida multiaxial. La tela tejida multiaxial es una tela tejida que se teje usando hilos proporcionados desde tres o más direcciones para tejer una cesta de bambú, y ejemplos típicos son una tela tejida de tres ejes que se teje con hilos proporcionados desde tres direcciones con cada una de dichas direcciones desplazada en un ángulo de 60 grados, una tela tejida de cuatro ejes que se teje con hilos proporcionados desde cuatro direcciones con cada una de dichas direcciones desplazada en un ángulo de 45 grados, etc.

[0027] Además, como material base en la presente invención, se puede usar una tela de costura multiaxial. La tela de costura multiaxial indicada aquí significa un material base en el cual los haces de fibra de refuerzo están dispuestos en una dirección para hacer una lámina, una pluralidad de las láminas se laminan mientras se cambian los ángulos de las láminas, y un material base, que se prepara cosiendo el laminado con un hilo de coser como hilo

de nilón, hilo de poliéster o hilo de fibra de vidrio para penetrar a través del laminado en la dirección de su grosor y para ir y venir entre la superficie y la superficie posterior del laminado y a lo largo de la dirección superficial, está unida por un hilo de coser. Además, se puede usar una trenza preparada disponiendo fibras de carbono en una dirección especificada y entrelazándolas, una tela no tejida o una estera preparada disponiendo las fibras de carbono discontinuas de manera bidimensional o tridimensional e integrándolas con hilos auxiliares o aglutinantes, etc.

[0028] En la presente invención, los haces de fibra de carbono que forman un material base de fibra de carbono (tal como la tela tejida) se desenredan y se refinan mediante el paso para hacer un tejido (web) descrito más adelante. Por lo tanto, el número de fibras individuales de fibras de carbono en los haces de fibra de carbono que forman un material base de fibra de carbono no afecta en gran medida y de manera directa al rendimiento de un plástico reforzado con fibra de carbono finalmente obtenido. En consecuencia, en la presente invención, aunque el número de fibras de carbono contenidas en los haces de fibra de carbono que forman la tela tejida no está particularmente restringido, siempre que sean haces de fibra de carbono cada uno comprendiendo fibras individuales de fibras de carbono en un intervalo de 1.000 a 60.000 en número de fibras que se usa generalmente para hacer el tejido de fibra de carbono, se pueden usar sin problemas.

[0029] El material base de fibra de carbono usado puede contener otras fibras que no sean fibras de carbono. Concretamente, puede contener fibras inorgánicas como fibras de vidrio, fibras metálicas y fibras cerámicas y fibras orgánicas como fibras de poliamida, fibras de poliéster y fibras de resina fenólica. Como ejemplos de dichas fibras inorgánicas, tramas de una tela tejida unidireccional o una tela tejida no rizada, se pueden mencionar los hilos auxiliares para formar un camino de flujo para la resina en el momento de la impregnación de resina, etc.. Además, como ejemplos de dichas fibras orgánicas, se pueden mencionar los hilos para soldar para prevenir un patrón de alineación roto de las fibras de carbono o hilos de coser para una tela de costura multiaxial. Sin embargo, si el contenido de estas otras fibras Además de fibras de carbono es demasiado, dado que hay casos en los que las propiedades de un plástico reforzado con fibra de carbono pueden reducirse, o casos en los que los usos se restringen, el contenido de dichas otras fibras en un material base de fibra de carbono debe ser preferiblemente no más del un 10% en peso, más preferiblemente no más del 5% en peso.

[0030] Además, para el material base de fibra de carbono que se va a usar, se puede aplicar un aglutinante, un agente de adhesividad, partículas para reforzar la capa intermedia, etc. en forma discontinua o en forma de partículas. Si un aglutinante o un agente de adhesividad se aplica para el material base de fibra de carbono, debido a que la forma del material base de fibra de carbono se fija o se estabiliza más fuertemente, generalmente resulta difícil convertirlo en un tejido. Sin embargo, incluso si se usa tal material base de fibra de carbono, pasando por un paso preferido en la presente invención, en el que después de que se obtienen las piezas cortadas de un material del borde de un material base de fibra de carbono (por ejemplo, las piezas cortadas que tienen una longitud predeterminada o menos en la longitud de fibra de carbono), preferiblemente las piezas cortadas se refinan pasando por un paso de refinado descrito más adelante, y las piezas cortadas refinadas se convierten en un tejido, los efectos debido a la presente invención pueden mostrarse. A saber, en el caso en el que se aplica un aglutinante, etc, incluso en un caso en el que se desea que las fibras de carbono en un agregado de fibra de carbono que se está obteniendo se refinan casi uniformemente hasta prácticamente el nivel de una fibra individual, pasando por un paso de refinado en la presente invención descrito más adelante en el que se refinan las piezas cortadas con formas adecuadas de un material base de fibra de carbono, por ejemplo, se hace posible obtener un agregado de fibra de carbono con una uniformidad excelente en el cual el coeficiente de variación (valor CV) en grosor o peso areal de las fibras de carbono es menos del 10%. Por lo tanto, usar un material base de fibra de carbono aplicado con dicho aglutinante o agente de adhesividad en forma de partículas, y Además pasar por el paso de refinado descrito más adelante, es un modo de realización preferido en la presente invención para exhibir al máximo el efecto debido a la presente invención.

[0031] Por otro lado, en el caso en el que se desea una forma en la cual las fibras de carbono en un agregado de fibra de carbono no se refinan uniformemente casi a un nivel de fibra única y se deja parcialmente una forma de un haz de fibra de carbono, al contrario, si se usa un material base de fibra de carbono aplicado con un aglutinante o un agente de adhesividad, debido a que la forma del haz de fibra de carbono se fija o se estabiliza más fuertemente que la de un material base de fibra de carbono habitual, la forma del haz de fibra de carbono puede dejarse parcialmente de una forma fácil.

- 5 [0032] Además, típicos ejemplos de las partículas descritas arriba son las que se forman usando únicamente una resina o usando un compuesto de resinas tales como una poliamida, una poliolefina, un poliéster (incluso un poliéster no saturado), una formida de polivinilo, un poliéter sulfona, un polifenileno sulfuro, un acetato de vinilo, éster de vinilo, un epoxi y un fenol. Aunque el contenido de tales partículas no está particularmente limitado, ya que, según la combinación de una resina que forma las partículas y una resina de matriz para hacer el plástico reforzado con fibra de carbono, hay casos en los que las propiedades de un carbón plástico reforzado con fibra finalmente obtenido pueden reducirse o en el que se limitan los usos para los que puede ser usado el mismo, el contenido en el material base de fibra de carbono es deseable que sea del 25% en peso o menos, más preferiblemente del 10% en peso o menos, y más aun preferiblemente del 5% en peso o menos.
- 10 [0033] El método para producir un agregado de fibra de carbono según la presente invención incluye un paso para obtener una pieza cortada cortando un material del borde de un material base de fibra de carbono compuesto de fibras de carbono y un paso para obtener un agregado de fibra de carbono convirtiendo dicha pieza cortada en un tejido y/o en una tela no tejida. El método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la presente invención incluye Además un paso para impregnar una resina de matriz en tal agregado de fibra de carbono. Se aplica el cardado para hacer el tejido y/o tela no tejida.
- 15 [0034] Al cortar un material del borde de un material base de fibra de carbono para obtener una pieza cortada, en el paso para hacer un tejido descrito más adelante, por ejemplo, en el caso de utilizar el cardado, se puede facilitar el control de la cantidad de fibras de carbono a alimentar en la máquina, y se puede estabilizar la calidad de un agregado de fibra de carbono a obtener. Además, un objetivo importante de tal corte es controlar la longitud de las fibras de carbono a fin de que tengan una longitud predeterminada o menos. Si se contienen fibras de carbono que son demasiado largas, debido a que las fibras de carbono pueden enrollarse sobre un rodillo en la máquina de cardar en el paso de cardado o se puede estropear la moldeabilidad cuando se moldea un plástico reforzado con fibra de carbono, dicha condición no es preferible. Los inventores de la presente invención han encontrado que son capaces de solucionar dichos problemas descritos anteriormente cortando de antemano un material base de fibra de carbono compuesto de fibras de carbono para controlar la longitud de las fibras de carbono a fin de que tengan una longitud predeterminada o menos, logrando así la presente invención. En la presente invención, el método para cortar las fibras de carbono no está particularmente limitado; se puede emplear un método tal como un cortador rotatorio o un cortador de Guillotina, la perforación mediante un molde de cortado de Thomson, o un cortador ultrasónico. En particular, como método para obtener la pieza cortada a una alta productividad, se prefiere la perforación mediante un molde de cortado de Thomson.
- 20 [0035] Además, se prefiere realizar de antemano el paso para refinar la pieza cortada, antes de la fabricación de un tejido. En particular, en el caso en que se aplica un aglutinante o un agente de adhesividad para un material base de fibra de carbono tal y como se ha mencionado arriba, refinando de antemano la pieza cortada, se facilita la formación de un tejido o una tela no tejida en la presente invención. Además, realizando el paso de refinado de antemano, en el paso de cardado o el paso de perforación descrito más adelante, se puede conseguir más fácilmente organizar la dirección de las fibras o refinar las fibras. El medio para refinar la pieza cortada de antemano no está particularmente limitado, y se puede usar una máquina refinadora o una máquina de apertura usando un cortador, un clavo grande, una hoja de sierra, varias clases de alambres, etc. así como una cardadora plana o una cardadora de rodillos. En particular, en el caso en que se aplica un aglutinante o un agente de adhesividad para un material base de fibra de carbono, debido a que los haces de fibra de carbono se fijan o se estabilizan en la forma más fuertemente que los de un material base de fibra de carbono habitual, se prefiere Además pasar el material base por la máquina refinadora varias veces y refinarlo suficientemente.
- 25 [0036] El cardado en la presente invención significa una operación para disponer la dirección de las fibras discontinuas o refinar las fibras aplicando una fuerza en aproximadamente una misma dirección sobre un agregado de fibras discontinuas con un elemento parecido a un peine. Generalmente, se realiza usando una máquina de cardado equipada con un rodillo que tiene muchas proyecciones en forma de aguja en la superficie y/o un rodillo enrollado con un alambre metálico que tiene proyecciones en forma de hoja de sierra.
- 30 [0037] Cuando se realiza dicho cardado, es preferible controlar el tiempo (tiempo de residencia) durante el cual las fibras de carbono residen en la cardadora para que dicho tiempo sea corto, a fin de evitar que se doblen las fibras de carbono. Concretamente, es preferible transferir las fibras de carbono existentes en los alambres que se encuentran enrollados sobre el rodillo cilíndrico de la cardadora (la estructura de la máquina se ejemplificará más adelante) a un rodillo de doffer en el menor tiempo posible. Por lo tanto, a fin de acelerar dicha transferencia, se prefiere hacer girar

el rodillo cilíndrico a una alta velocidad rotatoria, por ejemplo, unas 300 revoluciones por minuto o más. Además, por una razón similar, la velocidad superficial del rodillo de doffer es preferiblemente una alta velocidad, por ejemplo, unos 10 m/min. o más alta. Además, de manera similar, es importante ampliar la separación entre los rodillos respectivos en comparación con la del cardado de fibras orgánicas habituales, a fin de evitar que las fibras de carbono se hundan sobre las superficies del rodillo cilíndrico, de los rodillos de trabajo, de los rodillos extractores, etc. al ser presionadas contra ellos. Por ejemplo, las separaciones respectivas entre los rodillos del rodillo cilíndrico, rodillos de trabajo y rodillos extractores se establecen preferentemente en 0,5 mm o más, más preferentemente 0,7 mm o más, y aún más preferentemente 0,9 mm o más.

[0038] Además, el agregado de fibra de carbono indicado aquí significa un conjunto que se mantiene en forma por enredo o fricción de las fibras entre sí en una condición en la cual las fibras discontinuas se refinan y se orientan por el cardado arriba mencionado y típicos ejemplos son un tejido fino parecido a una lámina, una brizna parecida a una cuerda obtenida al retorcer y/o estirar un tejido, una tela no tejida obtenida laminando tejidos, según sea necesario, por enredo o adherencia, etc.

[0039] La Fig. 1 es un diagrama esquemático mostrando un modo de realización del paso de cardado para hacer piezas cortadas de un material del borde de un material base de fibra de carbono. Una cardadora 1 mostrada en la Fig. 1 comprende principalmente un rodillo cilíndrico 2, el rodillo de recepción 3 situado próximo a la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2, un rodillo de doffer 4 situado próximo a la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2 en un lado opuesto al lado del rodillo de recepción 3, una pluralidad de rodillos de trabajo 5 situados próximos a la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2 entre el rodillo de recepción 3 y el rodillo de doffer 4, rodillos extractores 6 situado próximo al rodillo de trabajo 5, y un rodillo de alimentación 7 proporcionado cerca del rodillo de recepción 3 y una cinta transportadora 8.

[0040] Las piezas cortadas 9 de un material del borde de un material base de fibra de carbono se suministran a la cinta transportadora 8, y las piezas cortadas 9 se proporcionan a la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2 a través de la superficie circunferencial externa del rodillo de alimentación 7 y luego a través de la superficie circunferencial externa del rodillo de recepción 3. Hasta esta etapa, las piezas cortadas 9 se desenredan y se convierten en fibras de carbono parecidas al algodón en una condición en la cual no se mantiene la forma del material del borde del material base de fibra de carbono. Aunque una parte de las fibras de carbono parecidas al algodón proporcionadas en la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2 se enrollan alrededor de la superficie circunferencial externa del rodillo de trabajo 5, estas fibras de carbono son extraídas por los rodillos extractores 6 y devueltas nuevamente a la superficie circunferencial externa del rodillo cilíndrico 2. Muchas agujas (proyecciones) están derechas en las superficies circunferenciales externas de los rodillos respectivos de alimentación 7, el rodillo de recepción 3, el rodillo cilíndrico 2, los rodillos de trabajo 5 y el rodillo extractor 6, y en los pasos arriba mencionados, mediante la operación de las agujas, las fibras de carbono se refinan para obtener fibras únicas y al mismo tiempo se organizan las direcciones de las mismas. Las fibras de carbono, refinadas y promovidas en la orientación de la fibra a través de dichos pasos, pasan a la superficie circunferencial externa del rodillo de doffer 4 como un tejido 10 parecido a una lámina que es una forma de un agregado de fibra de carbono. Además, al estirar el tejido 10 a la vez que se estrecha el ancho de la misma, se puede obtener una brizna fibrosa, que es otra forma de un agregado de fibra de carbono.

[0041] En la presente invención, aunque el agregado de fibra de carbono pueda ser formado únicamente por fibras de carbono, también puede contener fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio. En particular, se prefiere añadir fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio cuando las piezas cortadas se cardan, debido a que no sólo se puede evitar la rotura de las fibras de carbono en el cardado sino también se puede aumentar la cantidad de salida. Ya que las fibras de carbono son rígidas y frágiles, es difícil que se enreden y tienden a romperse. Por lo tanto, hay un problema con el agregado de fibra de carbono formado únicamente por fibras de carbono debido a que durante la producción, se corta fácilmente o es muy probable que las fibras de carbono se desprendan. Por consiguiente, al contener fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio que son relativamente flexibles, difíciles de romper y que tienden a enredarse, se puede formar un agregado de fibra de carbono alto en uniformidad. En la presente invención, en el caso en el que un agregado de fibra de carbono contiene fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio, el contenido de fibras de carbono en el agregado de fibra de carbono está preferiblemente en un intervalo de 20 a 95% en masa, más preferiblemente en un intervalo de 50 a 95% en masa, y aún más preferiblemente en un intervalo de 70 a 95% en masa. Si el contenido de fibras de carbono es bajo, se hace difícil obtener altas propiedades mecánicas cuando se hace un plástico reforzado con fibra de carbono, y al contrario, si el contenido de

fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio es demasiado bajo, no se puede obtener la ventaja de mejorar la uniformidad arriba mencionada del agregado de fibra de carbono.

5 [0042] En la presente invención, en el caso en el que un agregado de fibra de carbono contiene fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio, la longitud de la fibra de las fibras contenidas no se limita particularmente siempre que se encuentre en un rango capaz de conseguir el objetivo de la presente invención, tal como mantener la forma del agregado de fibra de carbono o evitar la el desprendimiento de las fibras de carbono, y generalmente, se pueden usar fibras de resina termoplásticas o fibras de vidrio que tienen una longitud de aproximadamente 10 a 100 mm. Aquí, también es posible decidir la longitud de la fibra de las fibras de resina termoplástica en base a la longitud de la fibra de las fibras de carbono. Por ejemplo, cuando un agregado de fibra de carbono se estira, debido a que se aplica una tensión más fuerte a una fibra que tiene una longitud de fibra más larga, en el caso en el que se desea orientar las fibras de carbono en la dirección longitudinal del agregado de fibra de carbono aplicando una tensión a las fibras de carbono, la longitud de la fibra de las fibras de carbono se puede hacer más larga que la longitud de la fibra de las fibras de resina termoplástica o las fibras de vidrio, y en caso contrario, la longitud de la fibra de las fibras de carbono se puede hacer más corta que la longitud de la fibra de las fibras de resina termoplástica o las fibras de vidrio.

10 [0043] Además, se prefiere proporcionar un rizado a las fibras de resina termoplástica descritas anteriormente con el objetivo de mejorar el efecto de enredo debido a las fibras de resina termoplástica. El nivel del rizado no se limita particularmente siempre y cuando se encuentre dentro de un rango capaz de conseguir el objetivo de la presente invención, y generalmente, se pueden usar fibras de resina termoplástica que tienen varios rizos en un rango de aproximadamente 5 a 25 crestas por cada 25 mm y una tasa de rizado en un rango de aproximadamente del 3 a 30%.

15 [0044] El material para tales fibras de resina termoplástica no se limita particularmente, y se puede seleccionar adecuadamente de una variedad que no reduce en gran medida las propiedades mecánicas de un plástico reforzado con fibra de carbono. Concretamente, se pueden usar fibras que se preparan mediante el hilado de una resina tal como una resina del grupo poliolefina como polietileno o polipropileno, una resina del grupo poliamida como nilón 6 o nilón 6,6, una resina del grupo poliéster como el tereftalato de polietileno o tereftalato de polibutileno, una poliétercetona, una poliacetona, una polieteretercetona, un un sulfuro de polifenileno, una poliamida aromática o un fenoxi. Se prefiere que tal material para fibras de resina termoplástica se seleccione apropiadamente de acuerdo con la combinación con una resina de matriz a impregnarse en un agregado de fibra de carbono. Además, se prefiere emplear sobre todo fibras que usan una resina termoplástica reciclada como las fibras de resina termoplástica, desde el punto de vista de la mejora de la propiedad de reciclaje que es uno de los temas de la presente invención.

25 [0045] Como fibras de resina termoplástica, en particular, las fibras de resina termoplástica preparadas utilizando la misma resina que una resina de matriz, se prefiere una resina que tenga compatibilidad con una resina de matriz o una resina que tiene una propiedad adhesiva alta con una resina de matriz, porque las propiedades mecánicas de un plástico reforzado con fibra de carbono no se reducen. Por ejemplo, se prefiere que las fibras de resina termoplástica se compongan de al menos una clase de fibras seleccionadas del grupo que consiste en fibras de poliamida, fibras de poliéster, fibras de sulfuro de polifenileno, fibras de polipropileno, fibras de polieteretercetona y fibras de resina fenoxi.

30 [0046] En la presente invención, cuando una resina de matriz se impregna en un agregado de fibra de carbono, se puede emplear un método en el que se prepara un agregado de fibra de carbono que contiene fibras de resina termoplástica y las fibras de resina termoplástica contenidas en el agregado de fibra de carbono se usan como resina de matriz tal como son, o se puede emplear un método también en el que un agregado de fibra de carbono que no contiene fibras de resina termoplástica se usa como materia prima, y una resina de matriz se impregna en una etapa arbitraria para producir un plástico reforzado con fibra de carbono. Además, hasta en el caso en el que un agregado de fibra de carbono que contiene fibras de resina termoplástica se usa como materia prima, una resina de matriz se puede impregnar en una etapa arbitraria para producir un plástico reforzado con fibra de carbono. En tal caso, la resina que forma las fibras de resina termoplástica y la resina de matriz pueden ser idénticas, y pueden ser resinas diferentes la una de la otra. En el caso en que la resina que forma las fibras de resina termoplástica y la resina de matriz son diferentes la una de la otra, ambas resinas pueden ser resinas termoplásticas y también pueden ser una combinación de una resina termoplástica y una resina termoestable. Sin embargo, en el caso en el que la resina que forma las fibras de resina termoplástica y la resina de matriz son diferentes la una de la otra, se prefiere que ambas resinas tengan una compatibilidad o una afinidad alta, por ejemplo, es preferible que los parámetros de

solubilidad (valor de SP) definidos en la ecuación siguiente 1 sean próximos entre si, debido a que las propiedades mecánicas de FRP se vuelven altas.

[Ecuación 1]

$$\delta = \sqrt{(\Delta E/V)} \quad (\text{ecuación 1})$$

5 [0047] Donde el ΔE es una energía evaporadora, y V es un volumen molar.

[0048] Por otro lado, en el caso en el que las fibras de resina termoplástica sean usadas, por ejemplo, en el caso en el que una reducción de las propiedades del plástico reforzado con fibra de carbono se observa en una prueba ambiental (un ensayo ambiental tal como un ciclo de calor entre una temperatura alta y una temperatura baja) o una reducción de las propiedades mecánicas después del ensayo ambiental, se prefiere usar fibras de vidrio que son 10 fibras inorgánicas, en vez de todas o una parte de las fibras de resina termoplástica. Como fibras de vidrio, aunque se puede utilizar en particular varias fibras de vidrio como fibras de vidrio E, vidrio S o vidrio T, se prefiere emplear fibras de vidrio recicladas, desde el punto de vista de la mejora de la propiedad de reciclaje que es uno de los temas de la presente invención.

[0049] Como la forma del agregado de fibra de carbono obtenido por el método descrito anteriormente, se prefiere 15 un tejido o una tela no tejida desde el punto de vista de la idoneidad para un uso amplio y la fabricación en serie, y el coste para la producción. Excepto aquellos, se puede procesar en una forma deseada de acuerdo con los objetivos. Por ejemplo, los hilos hilados pueden hacerse estirando y retorciendo una brizna, que es una forma de un agregado de fibra de carbono según la presente invención, usando una máquina de hilar, etc. Por ejemplo, los hilos hilados se pueden obtener pasando por un paso de tensado para orientar las fibras a la vez que se reduce la irregularidad de 20 los grosores de las briznas juntando una pluralidad de briznas y estirándolas, un paso de enhebrado para hacer las denominadas hebras orientando las fibras mediante un retorcido de las briznas mientras se estiran para aumentar la resistencia de los hilos hilados y un paso de hilado fino para retorcer los hilos hilados a la vez que se estiran aún más los hilos hilados para aumentar la resistencia, así como hacer los hilos hilados con un grosor predeterminado. En tal procesamiento, por ejemplo, en el paso de hilado fino, se puede usar una máquina como una máquina de hilar de anillos, una máquina de hilar compacta o una máquina de hilar abierta. Los hilos hilados así preparados, 25 conteniendo fibras inorgánicas discontinuas, pueden transformarse en un CFRP, por ejemplo, después de haber sido convertido en una tela tejida. Como tela tejida, se puede emplear una tela tejida general tal como una tela de tejido liso, un tejido de sarga o un tejido de satén, una tela tejida tridimensional, una tela de costura multiaxial, una tela tejida unidireccional, etc..

[0050] La variación en el peso areal o la variación en el grosor de las fibras de carbono (valor CV) en un agregado de fibra de carbono es preferiblemente menor del 10%. Si el valor CV es del 10% o más, el peso o el grosor de un CFRP varía localmente, y la apariencia y otros por el estilo pueden empeorar. Además, si el valor CV es del 10% o más, cuando se hace un compuesto de fibra de carbono, en el caso de una resina de matriz impregnada mediante 30 moldeos por infusión, concretamente, mediante moldeo por transferencia de resina (RTM), moldeo por transferencia de resina asistida al vacío (VaRTM) o moldeo por inyección y reacción (RIM), existe un caso donde la resina de matriz fluye localmente de manera preferencial a través de una porción pequeña en peso areal (o grosor) y no se puede conseguir una impregnación uniforme, y como resultado, la resina de matriz no se puede extender sobre la superficie entera o se generan vacíos en un CFRP y las propiedades mecánicas se dañan notablemente, y no se prefiere tal condición. Un agregado de fibra de carbono que tiene una variación en el peso areal o una variación en 35 el grosor en el rango arriba mencionado se puede obtener fácilmente pasando por un paso de corte para cortar un material del borde de un material base de fibra de carbono, un paso de refinado para refinar la pieza cortada y un paso de cardado para transformar la pieza cortada refinada en un tejido o una tela no tejida. 40

[0051] Se prefiere que el ángulo crítico de deformación por cizallamiento de un agregado de fibra de carbono sea de 45 30 grados o más. Este ángulo crítico de deformación por cizallamiento es uno de los índices de la trazabilidad de una forma en una forma complicada, y en la presente invención, se determina así. Un agregado de fibra de carbono que tiene un ángulo crítico de deformación por cizallamiento en el intervalo descrito se puede obtener fácilmente, de manera similar, pasando por dicho paso de corte, paso de refinado, y paso de cardado y/o de perforación.

5 [0052] Se prepara una plantilla en la que los marcos se disponen para formar un rectángulo o un rombo y cada vértice es fijado por un pasador y puede moverse en una dirección diagonal, y un material base de fibra de carbono se recorta como una pieza de prueba rectangular a lo largo del tamaño de la plantilla. La pieza de prueba recortada se pone de modo que los lados de la pieza de prueba y los lados de la plantilla queden paralelos entre sí (consulte la Fig. 4 de JP-A 2007 162185 en cuanto al contorno de la plantilla y la condición de sujeción de la pieza de prueba donde los marcos pueden sujetar la pieza de prueba.) . Al deformar los marcos en un rombo aplicando una carga de tracción a los mismos, se transmite un esfuerzo cortante a la pieza de prueba del material base de fibra de carbono. Mientras se aplica un esfuerzo cortante hasta generarse arrugas en el plano de esta pieza de prueba en una porción aparte de la zona de sujeción o una parte del extremo libre en al menos 1 cm o más, se obtiene una curva con relación a una carga de tracción cargada y un cambio del ángulo cuando la plantilla se deforma en un rombo. En esta curva, un punto en el que se genera un gran punto de inflexión, o un ángulo en el que se generan las arrugas descritas anteriormente, se define como un ángulo crítico de deformación por cizallamiento. Si el ángulo crítico de deformación por cizallamiento de un agregado de fibra de carbono es menos de 30 grados, en caso de conformarse en una forma complicada, hay un caso en el que el agregado de fibra de carbono genera arrugas, se forma una irregularidad en una superficie de un CFRP o no se puede obtener un CFRP con una forma predeterminada, y no se prefiere tal condición.

20 [0053] En la presente invención, como resina de matriz usada para la producción de un CFRP, se prefiere una resina termoendurecible desde el punto de vista de la moldeabilidad y las propiedades mecánicas. Como resina termoestable, se usa preferentemente al menos una resina seleccionada de un epoxi, un fenol, un éster de vinilo, un poliéster no saturado, un éster de cianato y una bismaleimida. Además, también se puede usar una resina agregada con un elastómero, un caucho, un endurecedor, un acelerador de curado, un catalizador, etc. Entre aquellos, a fin de conseguir propiedades mecánicas muy altas requeridas para un elemento estructural de un dispositivo de transporte tal como un aeroplano o un automóvil, se prefiere una resina de epoxi, y a fin de conseguir una alta resistencia térmica, se prefiere una resina de bismaleimida, y en particular, se usa preferentemente una resina de epoxi.

25 [0054] Como la resina de matriz, también se pueden usar las resinas termoplásticas, por ejemplo, tal como una poliolefina, un ABS, una poliamida, un poliéster, un éter polifenileno, un poliacetal, un policarbonato, un polifenileno sulfuro, una polimida, una politerimida, un poliéter sulfona, una policetona, una polieteretercetona, una polietercetona cetona y una combinación de los mismos. Además, también se puede usar un precursor de resina termoplástica tal como un poliamida para el RIM, tereftalato de polibutileno cíclico y un policarbonato.

30 [0055] En la presente invención, cuando se impregna un agregado de fibra de carbono con una resina de matriz como se describe anteriormente, la resina de matriz puede impregnarse después de que el agregado de fibra de carbono haya sido procesado en una tela tejida y otros por el estilo, y la resina de matriz puede impregnarse directamente en el agregado de fibra de carbono producido mediante el cardado.

35 [0056] En el caso en el que se impregna la resina después de que se haya hecho una tela tejida a partir de un agregado de fibra de carbono, se puede emplear un método mediante el cual se impregna una resina de matriz en una tela tejida hecha de hilos hilados ejemplificados arriba por un método conocido. Por ejemplo, un plástico reforzado con fibra de carbono puede hacerse mediante un método de moldeo en el cual se prepara un preimpregnado o un semi impregnado impregnando una resina de matriz, y luego se calienta y se cura mientras se presuriza en un autoclave.

40 [0057] Además, como un método de moldeo más preferible en la presente invención, típicos ejemplos de métodos de moldeo por infusión son el moldeo por transferencia de resina (RTM), infusión de película de resina (RFI), moldeo por inyección y reacción (RIM) o el moldeo por transferencia de resina asistida al vacío (VaRTM), que es alto en productividad. Entre estos, desde el punto de vista del coste para el moldeo, se emplean preferentemente un RTM y un moldeo por transferencia de resina asistida al vacío. Como el RTM, por ejemplo, existe un método de moldeo para inyectar una resina presurizada en una cavidad formada por un molde macho y un molde hembra, y preferiblemente, la resina se inyecta después de que la cavidad se haya reducido en presión. Además, como el moldeo por transferencia de resina asistida al vacío, por ejemplo, hay un método de moldeo para reducir la presión existente en una cavidad formada o por un molde macho o un molde hembra, y un material de embolsado como una película (por ejemplo, un material de embolsado como una película de nilón o un caucho de silicona), e infundir una resina mediante una diferencia de presión con una presión atmosférica, y preferentemente, se coloca un medio de distribución de resina sobre una preforma en la cavidad para acelerar la impregnación de resina, y después del moldeo, el medio se separa del material compuesto. En el caso en el que se emplea el método descrito

anteriormente, la resina de matriz es preferiblemente una resina termoestable o un precursor de resina termoplástica.

5 [0058] Además, en tal moldeo por infusión, se prefiere impregnar una resina de matriz en un laminado como la preforma que se prepara laminando un agregado de fibra de carbono y un material base de fibra de carbono diferente del agregado de fibra de carbono en un sándwich aproximado de modo que el agregado de fibra de carbono se convierte en el núcleo del sándwich. Una estructura de laminación de «un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono / un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono» se pone como ejemplo concreto más simple. Si la preforma se forma en una estructura de laminación aproximadamente en forma de sándwich, el material base de fibra de carbono con excelentes propiedades mecánicas como capa superficial, y las propiedades mecánicas como un plástico reforzado con fibra de carbono pueden mostrarse de manera más clara. Además, también como su apariencia, se puede expresar una propiedad de diseño del material base de fibra de carbono, y por lo tanto, es un modo de realización preferible en la presente invención. Por supuesto, una estructura de laminación tal como «un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono / un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono» o «un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono / un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono / un agregado de fibra de carbono» se incluye en la estructura de laminación descrita anteriormente de una forma de sándwich aproximado. Donde, no siempre es necesario que la superficie más externa de una preforma sea formada por un material base de fibra de carbono diferente de un agregado de fibra de carbono, y según el uso, se puede disponer una estera de fibra de vidrio o una estera de fibra de carbono o un agregado de fibra de carbono de acuerdo con la presente invención.

25 [0059] Además, en la presente invención, la longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en el agregado de fibra de carbono se encuentra preferiblemente en un rango de 5 a 100 mm, más preferiblemente en un rango de 10 a 90 mm, y aún más preferiblemente en un rango de 20 a 70 mm. En el caso en el que la longitud de fibra media de las fibras de carbono sea más corta que 5 mm, no se prefiere porque las propiedades mecánicas de un plástico reforzado con fibra de carbono obtenido impregnando una resina de matriz en el agregado de fibra de carbono se vuelven bajas. Por el contrario, si la longitud de fibra media de las fibras de carbono excede los 100 mm, debido a que es difícil mover las fibras de carbono cuando se moldea un plástico reforzado con fibra de carbono, se estrecha la gama de formas capaces de moldearse, y tal condición no se prefiere.

35 [0060] Además, en la presente invención, la longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en la pieza cortada está preferiblemente en un rango de 25 a 100 mm, más preferiblemente en un rango de 40 a 80 mm. Al controlar la longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en la pieza cortada en dicho rango, se hace posible controlar la longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en un agregado de fibra de carbono preparado mediante el cardado en un rango de 5 a 100 mm, preferiblemente en un rango de 10 a 90 mm, y más preferiblemente en rango de 20 a 70 mm. Además, si la longitud de fibra media de las fibras de carbono en la pieza cortada es más corta que 25 mm, es probable que las fibras de carbono se hundan sobre un rodillo cilíndrico o rodillos del trabajo en el paso de cardado, y como resultado, es probable el enrollamiento de las fibras de carbono sobre el rodillo o al contrario, su desprendimiento del rodillo, y tal condición no es preferible. Además, si la longitud de fibra media de las fibras de carbono en el material base de fibra de carbono cortado es más larga que 100 mm, es probable que las fibras de carbono se enreden y se conviertan en un bulto y permanezcan en la cardadora. Las fibras de carbono retenidas se cortan a medida que pasa el tiempo y se generan muchas fibras de carbono que tienen una longitud de fibra corta. Como resultado, se produce el enrollamiento de las fibras de carbono sobre un rodillo o al contrario, su desprendimiento del rodillo, y tal estado no es preferible.

45 [0061] Además, en la presente invención, en el caso en el que se corta un haz de fibra de carbono para obtener piezas cortadas, se prefiere que el haz de fibra de carbono se extienda antes del corte. Debido a que el haz de fibra de carbono se encuentra extendido, es probable que se quede atrapado por las proyecciones sobre las superficies del rodillo cilíndrico y de trabajo, y se vuelve difícil que se hunda sobre las superficies de dichos rodillos, y como resultado, apenas se produce el enrollamiento de las fibras de carbono sobre un rodillo o, por el contrario, desprendimiento del rodillo, y se prefiere tal estado.

[0062] Se puede realizar el estado descrito arriba en el que se extiende el haz de fibra de carbono antes de cortarlo, por ejemplo, usando un material base de fibra de carbono compuesto por fibras de carbono extendidas, en

particular, utilizando un tejido de fibra de carbono después del corte. El tejido compuesto por fibras de carbono extendidas no está particularmente limitado siempre que las fibras de carbono se encuentran extendidas, y se puede utilizar una tela tejida unidireccional, una tela tejida multiaxial, una tela de costura multiaxial, etc. Como tales telas tejidas, aunque se pueden ejemplificar aquellos descritos en JP-A2003-268669, JP-A-2001-164441, JP-A-8-337960, etc., se puede usar telas tejidas aplicados con un método conocido para extender las fibras de carbono, a saber, tal como un método para apretar un haz de fibras mediante una barra redonda, un método para extender las fibras respectivas aplicando un flujo de agua o flujo de aire a alta presión, un método para extender las fibras respectivas haciendo vibrar las fibras mediante ondas ultrasónicas o un método de extensión por aire.

[0063] Además, en la presente invención, cuando se prepara un plástico reforzado con fibra de carbono impregnando una resina de matriz en un agregado de fibra de carbono, sin convertir el agregado de fibra de carbono en un tejido, un plástico reforzado por fibra de carbono puede prepararse directamente mediante el siguiente método ejemplificado.

[0064] Por ejemplo, una brizna, que es una forma de un agregado de fibra de carbono, puede moldearse por inyección utilizando una máquina de moldeo por inyección. En este caso, una resina de matriz se impregna en una brizna en la máquina de moldeo por inyección, luego, se inyecta en un molde, y en un paso siguiente, consolidando la resina de matriz, se puede obtener un plástico reforzado con fibra de carbono. Como máquina de moldeo por inyección, se puede usar una máquina del tipo de tornillo en línea o del tipo preplastificante de tornillo. Además, también se puede añadir pellas de resina, un estabilizador, un retardador de llama, un colorante, etc. a una brizna y alimentarlo a la máquina de moldeo por inyección para hacer productos moldeados. Cuando la brizna se alimenta a una máquina de moldeo por inyección, también se puede alimentar la brizna, después de aumentar la densidad aparente de ésta o eliminar el enganche debido a pelusa y después retorcer o estirar la brizna.

[0065] En el caso en el que un plástico reforzado con fibra de carbono es producido por el moldeo por inyección como se ha descrito arriba, se prefiere que la longitud de fibra de media de las fibras de carbono contenidas en el plástico reforzado con fibra de carbono obtenido mediante el moldeo por inyección es 0,2 mm o más. En caso de que la longitud de fibra media de las fibras de carbono sea más corta que 0,2 mm, debido a que las propiedades mecánicas del plástico reforzado con fibra de carbono obtenido se vuelven más bajas y tal condición no se prefiere. Por el contrario, en el caso de que dicha longitud de fibra media de las fibras de carbono exceda 25 mm, la fluidez de una resina se deteriora fácilmente, y un producto moldeado con una forma deseada no puede obtenerse o la llanura de la superficie del producto moldeado puede estropearse, y tal condición no se prefiere.

[0066] Además, en el caso de un tejido o una tela no tejida que es una forma del agregado de fibra de carbono según la presente invención, por ejemplo, se puede obtener un plástico reforzado con fibra de carbono impregnando una resina de matriz de antemano como en un prepeg y después moldearlo por prensado. Excepto en el caso anterior, también se puede obtener un plástico reforzado con fibra de carbono, no impregnando una resina de matriz de antemano, sino convirtiendo una resina de matriz en forma de una película o similar, laminándola con un tejido o una tela no tejida que es un agregado de fibra de carbono, e impregnando la resina de matriz mediante el moldeo por prensado. Aquí, debido a que el proceso para impregnar una resina de matriz mediante el moldeo por prensado es menor en número de pasos, se considera que es más ventajoso desde el punto de vista la reducción del coste. Donde, aunque generalmente haya casos en los que una distinción entre un tejido y una tela no tejida no queda clara, en la presente invención, una lámina, obtenida mediante el paso de cardado en una condición en la cual las fibras de carbono se refinan y se orientan, pero donde no se realiza un procesado (descrito más adelante) para el enredo, la adherencia etc. de las fibras entre sí, se denomina 'tejido' (web), y una lámina realizada con el procesado para el enredo, la adherencia, etc. de las fibras entre sí, se denomina 'tela no tejida.'

[0067] Tal tejido no se limita particularmente siempre que se satisfagan las características de la presente invención, y es preferiblemente un tejido obtenido mediante el cardado de piezas cortadas. Aunque un tejido generalmente tiene un peso areal relativamente bajo en un rango de algo más de diez a varias decenas de g/m² en una condición en la cual ha salido de una cardadora tal como está, puede ser impregnada con una resina de matriz tal como está, y una resina de matriz también puede ser impregnada con una resina de matriz después de laminar el tejido hasta lograr un peso areal deseado, según el caso, después de que se enrede pasando por un paso de perforación. Para laminar el tejido, se puede emplear un método conocido, el tejido cortado a un tamaño predeterminado en forma de lámina puede ser laminada, y el tejido también puede ser laminado continuamente empleando un aparato tal como una embaladora automática. Además, realizando un procesado para enredar o adherir entre sí las fibras que forman dicho tejido, se puede obtener una tela no tejida mejorada con estabilidad en la forma. Al hacer una tela no tejida de

este tipo, debido a que se pueden reducir la aparición de elongación y arrugas en un proceso de producción, se puede reducir la variación de las propiedades de un plástico reforzado con fibra de carbono.

[0068] Además, como un método para hacer que las fibras de carbono se adhieran entre sí, se puede aumentar la adhesión usando un aglutinante, y como aglutinante, se puede ejemplificar una poliamida, un poliolefina, un poliéster, un PVA, un acrílico, un acetato de vinilo, un poliuretano, un epoxi, un poliéster no saturado/insaturado, un éster de vinilo, un fenol, etc. Al cardar después de que dicho aglutinante se convierte en fibras o polvo y se mezcla con las fibras de carbono, se prepara un tejido que contiene el aglutinante, y, calentando y/o prensando el tejido, las fibras de carbono pueden adherirse entre sí. O bien, las fibras de carbono pueden adherirse entre sí proporcionando un aglutinante después de hacer un tejido, y posteriormente, calentando y/o prensando el tejido. Como método para proporcionar un aglutinante, se puede emplear un método para aplicar un aglutinante similar a un polvo o partículas directamente sobre un tejido, un método para rociar una solución, una dispersión o una emulsión de aglutinante, cuyo medio es el agua, alcohol, etc., sobre el tejido, o un método para sumergir un tejido en una solución, una dispersión o una emulsión de aglutinante, según sea necesario, exprimiendo el líquido, y posteriormente, quitando el medio mediante secado. Como método de calentamiento para hacer que se adhiera un aglutinante, se puede emplear un método para soplar aire caliente a un tejido, un método para hacer volar el aire caliente desde una dirección de la superficie o de la superficie posterior de un tejido y luego pasar el aire a través del tejido al lado opuesto (método de aire a través), un método para calentar un tejido por un calentador, un método para calentar un tejido poniendo el tejido en contacto con un rodillo de alta temperatura y otros por el estilo, etc.. Además, con el fin de aumentar la fuerza de adhesión de las fibras de carbono entre sí o la eficacia del calentamiento, también se puede prensar el tejido antes o después del paso de calentamiento descrito arriba, o al mismo tiempo que el calentamiento. Como método de prensado, se puede usar una prensa habitual para realizar el prensado comprimiendo el tejido entre placas planas, un rodillo de calandra para realizar el prensado comprimiendo el tejido entre un par de rodillos, etc.

[0069] Además, al estirar tal tejido o tela no tejida en una dirección deseada, se puede cambiar la orientación de las fibras de carbono. La orientación de las fibras de carbono influye enormemente en las propiedades mecánicas y la fluidez de un plástico reforzado con fibra de carbono. Por ejemplo, en la dirección de la orientación de las fibras de carbono, aunque la resistencia y el módulo elástico del plástico reforzado con fibra de carbono sean altos, la fluidez es baja. En un tejido o una tela no tejida en la presente invención, la proporción de las fibras de carbono dirigidas en una dirección especificada es alta, y las fibras de carbono están en una condición de ser orientadas. Por lo tanto, aunque exhibe la denominada anisotropía, al estirar tal tejido o tela no tejida, la anisotropía puede mejorarse aún más, o la denominada isotropía puede mejorarse aliviando la anisotropía.

[0070] La impregnación de una resina de matriz en dicho tejido o tela no tejida no se limita particularmente, y se puede utilizar un método conocido que se ejemplifica a continuación. Por ejemplo, es posible formar una resina de matriz como una lámina tal como una película o una tela no tejida, laminar dicha lámina con un tejido de fibra de carbono o una tela no tejida de fibra de carbono y posteriormente fundir la resina de matriz, impregnando así la resina de matriz, según sea necesario, mediante el prensado. Como máquina para producir una lámina estampable mediante tal método, se puede usar una máquina conocida como una prensadora de doble cinta o una prensadora intermitente.

[0071] Además, en la presente invención, también se puede hacer un plástico reforzado con fibra de carbono cortando una brizna, que es una forma de un agregado de fibra de carbono, a un tamaño apropiado y cargando la brizna cortada en una cavidad de molde para el moldeo por prensado y usarlo como un material para el moldeo por prensado. En caso del moldeo por prensado, también se puede añadir una resina, un estabilizador, un retardador de llama un colorante, etc. y moldearse juntos. En tal caso, cuando la brizna se moldea por prensado en un molde, se pueden añadir en el plástico reforzado con fibra de carbono haciéndolos en forma fibrosa y mezclándolos con la brizna o haciéndolos en una forma parecida a una lámina, como una película o no tejido, y laminando con la brizna.

[0072] En la presente invención, la longitud media de fibra de las fibras de carbono contenidas en un carbón plástico reforzado con fibra obtenido mediante el moldeo por prensado es preferiblemente 3 mm o más. Si dicha longitud media de fibra de las fibras de carbono es más corta, debido a que las propiedades mecánicas del plástico reforzado con fibra de carbono se vuelven más bajas, no se prefiere tal condición. En la presente invención, a fin de hacer que la longitud media de fibra de las fibras de carbono contenidas en un plástico reforzado con fibra de carbono sea de 3 mm o más, por supuesto que se hace que la longitud media de fibra de las fibras de carbono en piezas cortadas de una tela tejida sea de 3 mm o más, sólo que tal condición es insuficiente, y es importante evitar la rotura de las fibras

de carbono en el paso del impregnado de una resina de matriz para obtener un plástico reforzado con fibra de carbono y en el paso de moldeado de un plástico reforzado con fibra de carbono mediante el moldeo por prensado. Por ejemplo, en el caso en el que una resina termoplástica se impregna como una resina de matriz, es importante calentar la resina termoplástica a una temperatura de su punto de fusión o superior y prensar en una condición en la cual disminuye la viscosidad. En el caso de que la fundición de la resina termoplástica sea insuficiente, debido a que la presión aplicada a las fibras de carbono se vuelve no uniforme, si se aplica una alta presión a las fibras de carbono éstas se rompen y la longitud de fibra de las fibras de carbono se hace más corta, y tal condición no se prefiere. Del mismo modo, en el caso de que una resina termoplástica se utilice como resina de matriz también en el moldeo, es importante calentar la resina termoplástica a una temperatura de su punto de fusión o superior y prensar en una condición en la cual se disminuye la viscosidad. Al contrario, en el caso en el que dicha longitud media de fibra de las fibras de carbono exceda los 50 mm, la fluidez de la resina se deteriora y no se puede obtener un producto moldeado con una forma deseada, o sólo la resina fluye y puede ser generada una porción con un contenido bajo de fibras de carbono con una resistencia baja o puede estropearse la llanura de la superficie de un producto moldeado, y tal condición no se prefiere.

[0073] Además, en la presente invención, como material base de fibra de carbono compuesto por fibras de carbono, se usa un material del borde. Donde, el material del borde es, por ejemplo, un material base de fibra de carbono innecesario para una preforma, etc. que es un residuo después de cortar un material base de fibra de carbono a fin de hacer una preforma, etc. Dado que tal material de borde ya se ha cortado hasta cierto punto, se puede disminuir relativamente el paso de cortar antes del cardado. Además, debido a que no existe un método eficaz para utilizar un material del borde de un material base de fibra de carbono y que con frecuencia se desecha, se puede obtener a bajo coste y el uso del mismo también es preferible desde el punto de vista de la aplicación eficaz de recursos. Un flujo de proceso del método para producir un agregado de fibra de carbono y un plástico reforzado con fibra de carbono según la presente invención se muestra en la Fig. 2 en un estado simplificado.

[0074] En la Fig. 2, aunque también se muestra un proceso para producir un plástico reforzado con fibra de carbono habitual (un producto moldeado), un flujo de proceso A rodeado por una línea discontinua ejemplifica un flujo de proceso de un método para producir un agregado de fibra de carbono y un carbón plástico reforzado con fibra según la presente invención usando un material de borde de un tejido de fibra de carbono. Sin embargo, «la perforación», mencionada como parte del cuarto paso no forma parte de la invención.

Ejemplos

[0075] En lo sucesivo, la presente invención se explicará más concretamente a través de ejemplos. El método para determinar las propiedades respectivas usadas en estos ejemplos es el siguiente.

(Longitud media de fibra de las fibras de carbono en un agregado de fibra de carbono)

[0076] En el caso en el que un agregado de fibra de carbono era un tejido o una tela no tejida, se cortó a un tamaño de 30 cm², en el caso en el que un agregado de fibra de carbono era una brizna, se cortó a una longitud de 30 cm, y en este caso, el corte del mismo se calentó en un horno eléctrico calentado a 500 °C durante una hora y se quemaron las sustancias orgánicas. Se tomaron aleatoriamente 400 fibras de carbono de las fibras de carbono residuales y se determinaron sus longitudes de fibra, y utilizando sus valores, se determinó la longitud media de fibra de las fibras de carbono. (Longitud media de fibra de las fibras de carbono en la pieza cortada)

[0077] Una pieza cortada se descompuso usando una pinza pequeña hasta que se convirtió en haces de fibra de carbono. Donde, en el caso de que el tejido de fibra de carbono sea difícil de descomponer mediante soldadura o costura, después de calentarlo en un horno eléctrico calentado a 500 °C durante una hora y las sustancias orgánicas se quemaron, el residuo se descompuso usando una pinza pequeña hasta que se convirtió en haces de fibra de carbono. Se tomaron aleatoriamente 400 fibras de carbono de los haces de fibra de carbono obtenidos y se determinaron las longitudes de fibra de las mismas, y usando sus valores, se determinó la longitud media de fibra de las fibras de carbono. (Longitud media de fibra de las fibras de carbono en el plástico reforzado con fibra de carbono)

[0078] Se cortó una muestra de aproximadamente 5g de un producto moldeado (un plástico reforzado con fibra de carbono), después de calentarlo en un horno eléctrico calentado a 500 °C durante una hora y se quemaron las sustancias orgánicas tal como una resina de matriz, las fibras de carbono residuales se dispersaron en agua teniendo cuidado de no romperlas, y la solución acuosa dispersada fue filtrada con un papel de filtro. Usando un

microscopio digital que tiene una función de análisis de imagen, se extrajeron aleatoriamente 400 fibras de carbono de las fibras de carbono que quedaban en el papel de filtro y se determinaron las longitudes de fibra de las mismas, y usando sus valores, se determinó la longitud de fibra media. (Resistencia a flexión del plástico reforzado con fibra de carbono)

5 [0079] Basado en el método ISO178 (1993), se determinó la resistencia a flexión en una condición de n=5. (Contenido del porcentaje de fibras de carbono en el plástico reforzado con fibra de carbono)

10 [0080] Se cortó una muestra de aproximadamente 2g de un producto moldeado de un plástico reforzado con fibra de carbono, y se determinó la masa del mismo. Posteriormente, se calentó en un horno eléctrico calentado a 500 °C durante una hora y se quemaron las sustancias orgánicas tal como una resina de matriz. Después de enfriarse a temperatura ambiente, se determinó la masa de las fibras de carbono residuales. Se determinó el ratio de masa de las fibras de carbono en comparación con la masa de la muestra antes de quemarse con las sustancias orgánicas tal como una resina de matriz, y se definió como el porcentaje de contenido de fibras de carbono.

Ejemplo 1:

15 [0081] Después de cortar en piezas cortadas una tela de tejido liso («C06343», producido por Toray Industries, Inc.) hecha usando fibras de carbono («T300», producida por Toray Industries, Inc., densidad: 1,76 g/cm³, diámetro: 7 mm, número de filamentos: 3000), cada una de dichas piezas teniendo un tamaño de 5cm cuadrados, las piezas cortadas se alimentaron en una máquina de apertura para descomponer la tela tejida, con lo que se obtuvo una mezcla de haces de fibra de carbono y fibras de carbono refinadas. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en la pieza cortada era de 48 mm. Dicha mezcla se alimentó nuevamente en la máquina de apertura, y se obtuvieron fibras de carbono parecidas al algodón, en las cuales los haces de fibra de carbono casi no existen. Las fibras de carbono parecidas al algodón y fibras discontinuas de nilón 6 (finura de fibra única: 1,7 dtex, longitud de corte: 51 mm, número de rizos: 12 crestas/25 mm, índice de rizo: el 15%) se mezclaron en una relación de masas de 50:50. Esta mezcla se alimentó nuevamente en la máquina de apertura y se obtuvo una mezcla de algodón en bruto compuesta por fibras de carbono y fibras de nilón 6.

25 [0082] Dicha mezcla de algodón en bruto mezclado se alimentó en una cardadora con una estructura como se muestra en la Fig. 1 que tiene un rodillo cilíndrico con un diámetro de 600 mm para formar un tejido parecido a una lámina compuesta por fibras de carbono y fibras de nilón 6. Después, se estiró el tejido mientras se estrechaba de ancho para obtener una brizna. En ese momento, la velocidad rotatoria del rodillo cilíndrico era de 350 rpm, y la velocidad del doffer era de 15 m/minuto. En la brizna obtenida, la longitud media de fibra de las fibras de carbono era de 31 mm. En este paso de cardado, no se produjo ni un desprendimiento de, ni el enrollamiento sobre los rodillos de la cardadora de las fibras de carbono.

35 [0083] Después, se estiró la brizna mientras se retorció y se calentaba de manera continua por un calentador infrarrojo para fundir las fibras de nilón 6, se enfrió y se solidificó, y se cortó en una longitud de 10 mm para obtener un material para el moldeo por inyección. Este material para el moldeo por inyección y una resina de nilón 6 («CM1001» producido por Toray Industries, Inc.) se mezclaron de modo que la relación de masas entre las fibras de carbono y las de nilón 6 (incluidas las fibras de nilón 6) se convirtió en 20:80 y la mezcla fue moldeada por inyección, obteniendo así un producto moldeado plano en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 0,9 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana, era de 350 MPa.

40 Ejemplo 2:

[0084] Se obtuvo una brizna de manera similar a la del Ejemplo 1, con la diferencia de una condición en la que el mismo tejido de fibra de carbono que el usado en el Ejemplo 1 se cortó a un tamaño de 1cm². La longitud media de fibra de las fibras de carbono en la pieza cortada era de 9 mm. Además, en la brizna obtenida, la longitud de fibra media de las fibras de carbono era de 6 mm. En este paso de cardado, aunque se observó el desprendimiento de las fibras de carbono, no se produjo el enrollamiento de las fibras de carbono sobre los rodillos de la cardadora.

45 [0085] Utilizando la brizna obtenida, se obtuvo un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono de una manera similar a la del Ejemplo 1. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 0,6 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 310 MPa.

Ejemplo 3:

5 [0086] Se obtuvo una brizna de manera similar a la del Ejemplo 1, con la diferencia de una condición en la que el mismo tejido de fibra de carbono usado en el Ejemplo 1 se cortó a un tamaño de 20 cm cuadrados. La longitud media de fibra media de las fibras de carbono en la pieza cortada era de 18 mm. Además, en la brizna obtenida, la longitud media de fibra de las fibras de carbono era de 31 mm. En este paso de cardado, se observaron el desprendimiento de las fibras de carbono que se hicieron más cortas al ser cortadas en el paso de cardado así como el enrollamiento parcial de las fibras de carbono sobre los rodillos de la cardadora.

10 [0087] Utilizando la brizna obtenida, se obtuvo un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono de una manera similar a la del Ejemplo 1. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 0,7 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 330 MPa.

Ejemplo comparativo 1:

15 [0088] Se utilizó el mismo tejido de fibra de carbono que el del Ejemplo 1 y se cortó para formar piezas cortadas, y después de amasarlas con una resina de nilón 6 («CM1001», producida por Toray Industries, Inc.) por una extrusora de doble tornillo de modo que la relación de masas entre las fibras de carbono y el nilón 6 se convirtió en 50:50, la mezcla se extruyó en forma de tripa, y se enfrió con agua y se cortó para hacer pellas para el moldeo por inyección. Donde, debido a que el tejido de fibra de carbono cortado no se podía alimentar de manera estable en la extrusora de doble tornillo si fuera grande, el tejido de fibra de carbono se alimentó en la extrusora de doble tornillo después de que se cortó a un tamaño de 1cm cuadrado. La longitud de fibra media de las fibras de carbono en la pieza cortada era de 9 mm. Las pellas obtenidas para el moldeo por inyección se moldearon por inyección de una manera similar a la del Ejemplo 1 para obtener un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 0,1 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 210 MPa.

Ejemplo 4:

25 [0089] Se hizo un tejido de una manera similar a la del Ejemplo 1 hasta hacerse un tejido parecida a una lámina. La longitud de fibra media de las fibras de carbono en el tejido era de 36 mm. La variación en el peso areal (valor CV) de las fibras de carbono en el tejido que era un agregado de fibra de carbono era del 6%, y la variación en el grosor (valor CV) era del 7%. Además, el ángulo crítico de deformación por cizallamiento del agregado de fibra de carbono no indicó un valor máximo local dentro de un rango de hasta 30 grados, y superó los 30 grados.

30 [0090] Los tejidos se laminaron en una misma dirección, y Además, se laminaron las películas de nilón 6 de modo que la relación de masas entre las fibras de carbono y las de nilón 6 (incluidas las fibras de nilón 6) se convirtió en 30:70. El laminado de los tejidos y películas de nilón 6 se pellizó con películas de poliimida y Además con placas de aluminio, y se prensó a 250 °C durante tres minutos mientras se prensaba con una prensa a una presión de 5 MPa, y posteriormente, se enfrió a 40 °C para obtener un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 28 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 410 MPa. Además, no se formaron vacíos en el CFRP, y la apariencia era excelente.

Ejemplo 5:

40 [0091] Utilizando los haces de fibra de carbono, cada uno compuesto por 12000 fibras individuales de fibras de carbono («T700S», producido por Toray Industries, Inc., densidad: 1,8, diámetro: 7 mm) como fibras de refuerzo e hilos de poliéster («Tetron», producido por Toray Industries, Inc., número de filamentos: 24, finura total: 56 tex) como hilos de coser, los haces de fibra de carbono se dispusieron y se laminaron para formar una estructura de -45 grados/90 grados / +45 grados /0 grados/ + 45 grados /90 grados /-45 grados, y fueron integrados por hilos de coser para hacer un material base de costura multiaxial. Aquí, los haces de fibra de carbono se dispusieron en las capas respectivas, de modo que la densidad de la disposición de haces de fibra de carbono llegó a ser 3,75/cm y el peso areal de los haces de fibra de carbono se convirtió en 300 g/m² por dos capas, y el rango de disposición de los hilos de coser se estableció en 5 mm y el paso de costura se estableció en 5 mm. El ratio de los hilos de coser existentes en el material base de costura multiaxial obtenido era del 2% en peso. Se recicló un material del borde después de hacer una preforma para RTM utilizando dicho material base de costura multiaxial, y se colocó en una mesa de un

cortadora mecánico automático que tiene un cortador ultrasónico capaz de moverse sobre la mesa en las direcciones X e Y. Posteriormente, mientras se movía el cortador ultrasónico en la dirección X y la dirección Y en un intervalo de 8 cm, el material del borde del material base de costura multiaxial se cortó para hacer piezas cortadas. La longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en las piezas cortadas era de 42 mm. Se hizo un tejido de manera similar a la del Ejemplo 4 con la diferencia de una condición en la cual las piezas cortadas se cambiaron a las obtenidas como se indicó anteriormente y se mezclaron las fibras de carbono y las fibras discontinuas de nilón 6 en una relación de masas de 80:20. En este Ejemplo, al no utilizar el propio material base de fibra de carbono sino un material del borde del mismo, las piezas cortadas podrían obtenerse más eficazmente y en un tiempo más corto que las del Ejemplo 4. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el tejido era de 40 mm. La variación en el peso areal de las fibras de carbono en el tejido que era un agregado de fibra de carbono era del 8%, y la variación en el grosor era del 8%. Además, el ángulo crítico de deformación por cizallamiento del agregado de fibra de carbono no indicó un valor máximo local dentro de un rango de hasta 30 grados, y superó los 30 grados.

[0092] Los tejidos obtenidos se laminaron en una misma dirección, y Además, se laminó una película compuesta por PPS - polisulfuro de fenileno («Torcon», producido/a por Toray Industries, Inc.) de modo que la relación de masas de las fibras de carbono:PPS llegó a ser 30:80. El laminado del tejido y la película de PPS se comprimió entre películas de poliimida y Además entre placas de aluminio, y se prensó a 340 °C durante tres minutos mientras se prensaba mediante una prensa a una presión de 5 MPa, y posteriormente, se enfrió a 40 °C para obtener un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. La longitud media de fibra de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 21 mm. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 340 MPa.

Ejemplo 6:

[0093] Se hizo un tejido de una manera similar a la del Ejemplo 5 con la diferencia de una condición en la cual se hicieron las piezas cortadas cortando un material del borde del material de base de costura multiaxial después de hacer una preforma para RTM, utilizando un molde de cortado de Thomson para perforar el material de borde a un tamaño de 8 cm cuadrados. En este Ejemplo, usando un molde de cortado de Thomson, el corte del material del borde se podría realizar más eficazmente y en un tiempo más corto que en el Ejemplo 5. Donde, la longitud de fibra media de las fibras de carbono contenidas en las piezas cortadas, la longitud media de fibra de las fibras de carbono en el tejido, la variación en el peso areal y la variación en el grosor de las fibras de carbono en el tejido y el ángulo crítico de deformación por cizallamiento eran los mismos que los del Ejemplo 5.

Ejemplo 7: Solo ejemplo de referencia

[0094] Se hizo un tejido de una manera similar a la del Ejemplo 4 con la diferencia de una condición en la cual como un mismo tejido de fibra de carbono que el usado en el Ejemplo 1, un tejido de fibra de carbono con un aglutinante, que se preparó aplicando partículas de aglutinante (partículas de nilón copolimerizadas cuaternarias de bajo punto de fusión) en 5 g/m² y soldando las partículas, se usó para hacer una preforma para RTM, se recicló un material del borde después de hacer la preforma, se cortó el material del borde reciclado usando un molde de cortado de Thomson, y en vez de fibras discontinuas de nilón 6, se mezclaron fibras de vidrio recicladas (longitud media de fibra: 10 cm) con una relación de masas de fibras de carbono 70: fibras de vidrio recicladas 30. Después de laminar los tejidos en la misma dirección, el laminado se perforó con una aguja para obtener una tela no tejida (100 g/m²). La longitud de fibra media de las fibras de carbono en las piezas cortadas era de 32 mm. Además, la longitud de fibra media de las fibras de carbono en la tela no tejida obtenida era de 27 mm. En el cardado, a pesar de utilizar el tejido de fibra de carbono con un aglutinante el cual era difícil de desprenderse, no se produjo el enrollamiento de las fibras sobre los rodillos de una cardadora, y la propiedad de paso del proceso fue buena.

[0095] La variación en el peso areal de las fibras de carbono en el agregado de fibra de carbono era del 7%, y la variación en el grosor era del 9%. Además, el ángulo crítico de deformación por cizallamiento del agregado de fibra de carbono no indicó un valor máximo local dentro de un rango de hasta 30 grados, y superó los 30 grados.

[0096] Se preparó un laminado laminando los tejidos obtenidas y los tejidos de fibra de carbono descritos arriba con un aglutinante de modo que los tejidos se convirtieron en un núcleo en una forma de sándwich esquemática con una estructura laminada de 2 capas de los tejidos de fibra de carbono /4 capas de los tejidos / 2 capas de los tejidos de fibra de carbono, y mediante el moldeo por transferencia de resina (RTM), se obtuvo un producto moldeado en forma

5 de una placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. Concretamente, dicho laminado se colocó en una cavidad de un molde en forma de placa plana que comprendía un molde macho y un molde hembra, después de cerrar el molde en condición de sellado, se evacuó la cavidad al vacío desde un puerto de evacuación al vacío de modo que la presión en la cavidad llegó a ser una presión de 0,08 a 0,1 MPa, y se infundió una resina de epoxi, que era una resina de matriz, en una condición presurizada desde un puerto de entrada de resina. Una vez transcurrido un tiempo predeterminado, se detuvo la evacuación al vacío para detener la infusión de la resina de matriz, y después de una hora, se extrajo para obtener un producto moldeado en forma de placa plana de un plástico reforzado con fibra de carbono. Donde, el molde se calentó a 110 °C de antemano antes de la infusión de la resina de matriz, y manteniendo la misma temperatura después de la inyección de la resina, se curó la resina de matriz. Aquí, como la resina de epoxi, se usó «TR-C32» producido por Toray Industries, Inc..

15 [0097] La longitud de fibra media de las fibras de carbono en el producto moldeado obtenido era de 27 mm, y el contenido en peso de fibras de carbono Wf en el producto moldeado era de 55% en peso. Además, cuando se midió la resistencia a flexión de la placa plana obtenida, era de 635 MPa. En RTM, debido a que las variaciones en el peso areal y en el grosor (valores CV) de la tela no tejida podrían establecerse para que fuesen bajas, en la impregnación de resina, no se observó un flujo inestable y se realizó un flujo de resina uniforme, y no se formaron vacíos y se obtuvo un producto moldeado con una apariencia excelente.

Aplicaciones industriales de la invención

20 [0098] La presente invención puede aplicarse a la producción de cualquier agregado de fibra de carbono y cualquier plástico reforzado con fibra de carbono deseado con el reciclaje de piezas cortadas de un material base de fibra de carbono.

Explicación de los símbolos

[0099]

- 1: cardadora
- 2: rodillo cilíndrico
- 25 3: rodillo de recepción
- 4: rodillo de doffer
- 5: rodillo de trabajo
- 6: rodillo extractor
- 7: rodillo de alimentación
- 30 8: cinta transportadora
- 9: pieza cortada
- 10: tejido

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para producir un agregado de fibra de carbono caracterizado por que un material del borde de un material base de fibras de carbono compuesto por fibras de carbono se corta para obtener una pieza cortada (9), y dicha pieza cortada (9) se alimenta a una máquina de apertura para descomponerse, mediante el cual se obtiene una mezcla de haces de fibras de carbono y de fibras de carbono refinadas, la mezcla se alimenta nuevamente a la máquina de apertura para obtener fibras de carbono parecidas al algodón en las cuales apenas existen haces de fibras de carbono, y las fibras de carbono parecidas al algodón se mezclan con fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio y esta mezcla es introducida de nuevo en la máquina de apertura para obtener una mezcla de fibras de carbono parecidas al algodón en bruto compuesta por fibras de carbono y fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio, y esta mezcla de fibras de carbono parecidas al algodón en bruto compuesta por fibras de carbono y fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio se alimenta a una cardadora para formar un tejido (10) y/o para convertirse en una tela no tejida para obtener un agregado compuesto por fibras de carbono y fibras de resina termoplástica o fibras de vidrio, y en el cual se ha aplicado un aglutinante o un agente de adhesividad para dicho material base de fibra de carbono.
- 15 2. Método para producir un agregado de fibra de carbono según la reivindicación 1, en el cual el medio de dicha transformación en un tejido (10) y/o de dicha transformación en una tela no tejida es el cardado y/o perforación, y dicho agregado de fibras de carbono tiene una forma de un tejido (10) y o de una tela no tejida.
3. Método para producir un agregado de fibra de carbono según la reivindicación 1 o 2, en el cual una variación (valor CV) del peso areal de las fibras de carbono en dicho agregado de fibras de carbono es inferior al 10 %.
- 20 4. Método para producir un agregado de fibra de carbono según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual un ángulo crítico de deformación por cizallamiento de dicho agregado de fibra de carbono es de 30 grados o más.
5. Método para producir un agregado de fibra de carbono según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual dichas fibras de resina termoplástica o dichas fibras de vidrio son fibras recicladas.
- 25 6. Método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono, en el cual una resina de matriz es impregnada en un agregado de fibras de carbono producido por un método de producción según una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 30 7. Método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la reivindicación 6, en el cual dicha resina de matriz es un precursor de una resina termoestable o una resina termoplástica, y dicha resina de matriz se impregna mediante un moldeo por infusión, tal como un moldeo por transferencia de resina (RTM), un moldeo por transferencia de resina asistida al vacío (VaRTM) o moldeo por inyección y reacción (RIM).
8. Método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la reivindicación 6 ó 7, en el cual en dicho moldeo por infusión, dicha resina de matriz es impregnada en un laminado que se lamina con dicho agregado de fibra de carbono y un material base de fibra de carbono diferente de dicho agregado de fibras de carbono en forma de sándwich de modo que dicho agregado de fibras de carbono se convierte en un núcleo del sándwich.
- 35 9. Método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la reivindicación 6, en el cual dicha resina de matriz es una resina termoplástica y, después de la impregnación de dicha resina de matriz en dicho agregado de fibra de carbono, se moldean por inyección.
- 40 10. Método para producir un plástico reforzado con fibra de carbono según la reivindicación 6, en el cual dicha resina de matriz es una resina termoestable o una resina termoplástica, y después de la impregnación de dicha resina de matriz en dicho agregado de fibra de carbono, se moldean por prensado.
11. Método para producir un plástico reforzado con fibras de carbono según la reivindicación 6, en el cual dicha resina de matriz es una resina termoestable o una resina termoplástica, y dicha resina de matriz es impregnada mediante el moldeo por prensado.
- 45 12. Método para producir un plástico reforzado con fibras de carbono según la reivindicación 10 ú 11, en el cual, en dicho moldeo por prensado, dicha resina de matriz es impregnada en un laminado que se lamina con dicho agregado de fibra de carbono y un material base de fibra de carbono diferente de dicho agregado de fibra de

carbono en forma de sándwich esquemático de modo que dicho agregado de fibra de carbono se convierte en un núcleo del sándwich.

5

10

FIG. 1

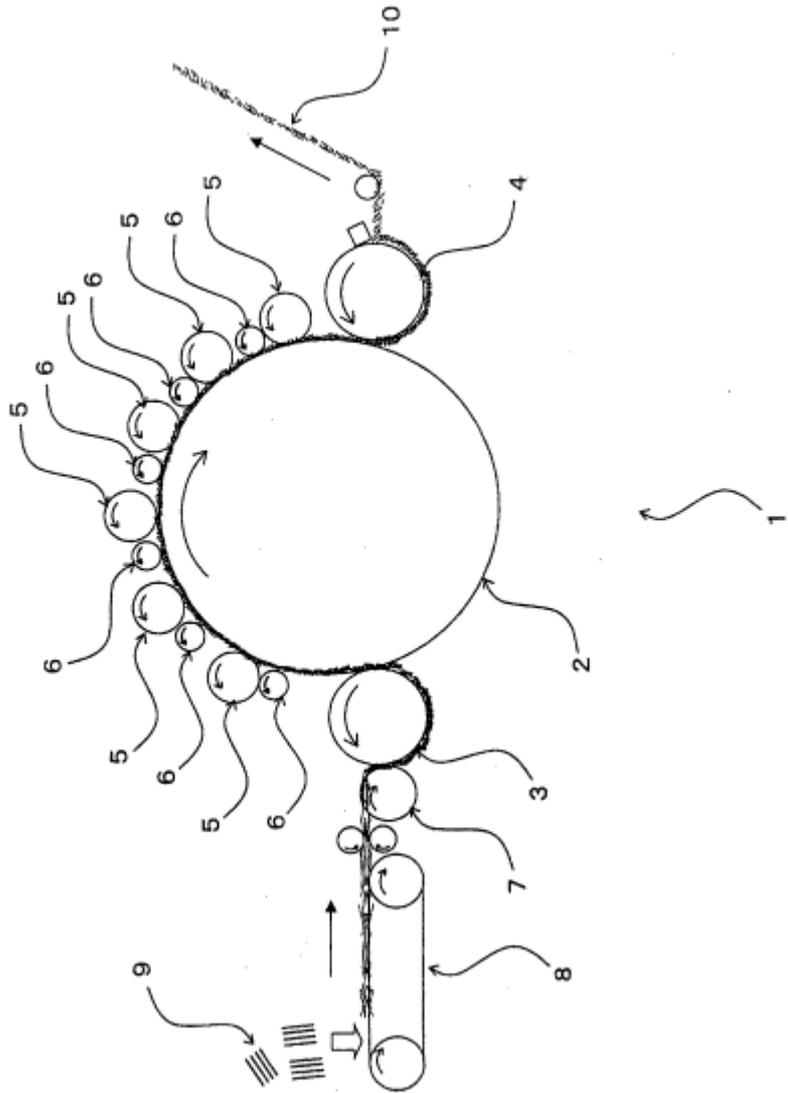


FIG. 2

