

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 022 265**

51 Int. Cl.:

B29B 15/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2021 PCT/JP2021/007642**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2021 WO21177215**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2021 E 21765040 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025 EP 4116054**

54 Título: **Material compuesto con fibras de refuerzo**

30 Prioridad:

02.03.2020 JP 2020034762

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

28.05.2025

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.00%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku
Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**MIYOSHI, KATSUHIRO;
WATANABE, TADASHI y
ONO, YASUKAZU**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 3 022 265 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

Material compuesto con fibras de refuerzo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un material compuesto reforzado con fibras que contiene fibras de refuerzo discontinuas y una resina de matriz.

10 **Antecedentes de la técnica**

Al tener buenas propiedades mecánicas, los materiales compuestos reforzados con fibras que contienen fibras de refuerzo y resina de matriz se usan en la producción de diversos productos moldeados y su demanda está aumentando año a año en diversos campos.

15

En particular, los materiales compuestos reforzados con fibras que tienen altas propiedades funcionales contienen fibra de carbono como fibra de refuerzo. En el procedimiento usado más ampliamente para producir materiales compuestos de fibra de carbono, se apilan láminas de material preimpregnado, que es un material de base intermedio en un estado semicurado compuesto principalmente por fibras de carbono continuas impregnadas con una resina de matriz, y se calientan a presión para curar la resina de matriz en un recipiente de alta temperatura y alta presión para producir un material compuesto reforzado con fibras continuas. Se denomina el método de moldeo en autoclave. Otro método de moldeo que está usándose en los últimos años para conseguir una mayor eficacia de producción es el método RTM (moldeo por transferencia de resina), en el que se conforma primero una base de fibra de refuerzo continua para el elemento deseado, seguido de impregnación de la misma con una resina de matriz y después curado de la resina. Los materiales compuestos de fibra de carbono producidos mediante estos métodos de moldeo tienen excelentes propiedades mecánicas porque contienen fibras continuas. Además, las fibras continuas se alinean de manera regular, y por tanto, puede diseñarse un material que tenga las propiedades mecánicas requeridas colocando los elementos de base de manera apropiada. El material resultante variará poco en las propiedades mecánicas. Sin embargo, debido a que son continuas, estas fibras son difíciles de procesar para dar formas complicadas tales como las tridimensionales, y por tanto, su aplicación está limitada principalmente a elementos que tienen formas casi planas.

20

25

30

35

Los métodos de moldeo adecuados para formas complicadas tales como las tridimensionales incluyen moldeo SMC (compuesto de moldeo en láminas) y moldeo de láminas estampables. Para producir un producto de SMC moldeado, se cortan hebras de fibras de refuerzo en la dirección perpendicular a las fibras para preparar hebras cortadas con una longitud de fibra de, por ejemplo, aproximadamente 25 mm, y luego se impregnan con una resina de matriz, que es una resina termoestable, para proporcionar un material de base de tipo lámina (SMC) en un estado semicurado, seguido de calentamiento bajo presión. Para producir un producto moldeado en láminas estampables, se impregna una estera de material textil no tejido o similar realizada de hebras cortadas a aproximadamente 25 mm o fibras de refuerzo discontinuas, con una resina termoplástica para preparar un material de base de tipo lámina (lámina estampable), y una vez que se calienta con un calentador de infrarrojos o similar hasta una temperatura no inferior al punto de fusión de la resina termoplástica, se enfría después a presión en un molde mantenido a una temperatura predeterminada.

40

45

En muchos casos, se corta una lámina de SMC o una lámina estampable antes de prensar hasta un tamaño menor que el del producto moldeado previsto y se coloca en un molde, y luego se aplica presión para expandirlo (para hacer que fluya) hasta una forma deseada para producir un producto moldeado. Por consiguiente, este flujo permite que la lámina forme con precisión una conformación complicada, tal como una tridimensional. Para la lámina de SMC y estampable, sin embargo, se producen inevitablemente una distribución irregular de hebras cortadas y una orientación irregular en una estera de material textil no tejido en la etapa de producción de la lámina, lo que conduce a un producto moldeado que tiene propiedades mecánicas deficientes o una gran variación en ellas. Además, tal distribución irregular y orientación irregular tienden a conducir a alabeo, hundimientos de superficie, etc., en particular en elementos moldeados delgados.

50

55

Para compensar los defectos de materiales tal como se ha descrito anteriormente, el documento de patente 1, por ejemplo, propone un haz de fibras cortadas que tiene regiones que comienzan cada una desde cualquier extremo en la dirección de orientación de fibra en el haz de fibras cortadas y en el que el número de fibras de refuerzo aumenta en la dirección de orientación de las fibras de refuerzo hacia el centro del haz de fibras cortadas y también propone un material de moldeo.

60

Además, el documento de patente 2 propone un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que incluye haces de fibras discontinuas con diferentes longitudes caracterizado porque, cuando se proyectan sobre un plano bidimensional, los haces de fibras discontinuas más largos tienen un ángulo de vértice más agudo en los extremos de los haces de fibras de refuerzo discontinuas.

65

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

5 Documento de patente 1: Publicación internacional WO 2008/149615

Documento de patente 2: Publicación internacional WO 2017/145884

Sumario de la invención

10

Problemas que va a resolver la invención

15 Para materiales compuestos que incluyen fibras de refuerzo discontinuas, la entrada de fibras de refuerzo discontinuas en la resina de matriz generalmente conduce a una disminución en la fluidez del material compuesto durante el moldeo, pero tal disminución en la fluidez puede suprimirse aumentando el contenido de las fibras de refuerzo discontinuas que están en forma de agregados de fibras de refuerzo discontinuas. Sin embargo, en un material compuesto reforzado con fibras producido a partir de haces de fibras de refuerzo discontinuas que dan formas de tipo tira cuando se proyectan sobre un plano bidimensional, los defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura pueden formarse fácilmente en porciones donde los haces de fibras se superponen entre sí o en porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras, lo que posiblemente conduce a propiedades mecánicas inferiores.

25 Además, con una longitud creciente de las fibras de refuerzo discontinuas, el material compuesto reforzado con fibras resultante tendrá mejores propiedades mecánicas, pero adolecerá de una mayor disminución en la fluidez debido al aumento del enmarañamiento de las fibras. Por el contrario, con una longitud decreciente de las fibras de refuerzo discontinuas, el material compuesto reforzado con fibras resultante tiende a tener una fluidez más alta, pero adolece de un mayor deterioro en las propiedades mecánicas. Por tanto, la forma óptima del material compuesto reforzado con fibras que enfatiza la alta fluidez no coincide necesariamente con la forma óptima del material compuesto reforzado con fibras que enfatiza las propiedades mecánicas.

30 Además, con una longitud decreciente de las fibras de refuerzo discontinuas, el material compuesto reforzado con fibras resultante tendrá una fluidez más alta, pero en el procedimiento de producción para un material de base de tipo lámina tal como lámina estampable y de SMC, que sirven como precursores para materiales compuestos reforzados con fibras discontinuas, conducirá a un material compuesto reforzado con fibras discontinuas con una anisotropía y variación mayores en las propiedades mecánicas, porque la fuerza de unión entre las fibras de refuerzo discontinuas es tan débil que la resina que fluye provoca flujos no intencionados de las fibras de refuerzo discontinuas durante la impregnación del material de moldeo de tipo lámina con una resina de matriz bajo presión.

40 En este caso, para la invención propuesta en el documento de patente 1 descrito anteriormente, no se realiza un estudio suficiente con respecto al uso de haces de fibras cortadas que tienen una distribución de longitud deseada o con respecto a la porción central, excluyendo ambos extremos, de los haces de fibras cortadas.

45 Además, para la invención propuesta en el documento de patente 2 descrito anteriormente, no se realiza un estudio suficiente con respecto a la longitud de los haces de fibras discontinuas o a los intervalos adecuados de su distribución o con respecto a la porción central, excluyendo ambos extremos, de los haces de fibras de refuerzo discontinuas.

50 Por tanto, el principal objeto de la presente invención es proporcionar un material compuesto reforzado con fibras excelente que pueda lograr tanto alta fluidez durante el moldeo como buenas propiedades mecánicas a un alto nivel, que no pueden lograrse mediante los materiales compuestos reforzados con fibras convencionales compuestos principalmente por fibras de refuerzo discontinuas y una resina de matriz, que pueda suprimir los flujos de las fibras de refuerzo discontinuas provocados por la resina que fluye durante la impregnación del material de moldeo de tipo lámina con una resina de matriz bajo presión en el procedimiento de producción para un material de base de tipo lámina tal como una lámina estampable y de SMC, que son los precursores para el material compuesto reforzado con fibras discontinuas, y también que tenga propiedades mecánicas bien equilibradas.

Medios para resolver los problemas

60

El material compuesto reforzado con fibras según la presente invención tiene las siguientes características para resolver los problemas descritos anteriormente.

65 [1] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que incluye fibras de refuerzo discontinuas que representan el 20 % en peso o más y menos del 70 % en peso y una resina de matriz, en el que al menos parte de las fibras de refuerzo discontinuas forman agregados de fibras y también en el que al menos uno de los

5 agregados de fibras es un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, en el que, cuando una cara del mismo se proyecta sobre un plano bidimensional, las porciones de extremo en la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo alrededor de la cara proyectada y la porción distinta de las dos porciones de extremo contienen cada una al menos una región en la que disminuye el número de filamentos que pertenecen a ese agregado de fibras.

10 [2] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en el punto [1], en el que el 2 % en peso o más y el 15 % en peso o menos de todas las fibras de refuerzo discontinuas forman agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas, donde un agregado (1) de fibras de refuerzo discontinuas es uno de los agregados de fibras de refuerzo que da un rectángulo circunscrito mínimo que tiene una longitud de lado largo de 30 mm o más.

15 [3] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en el punto [2], en el que al menos uno de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas es el agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A.

20 [4] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en uno cualquiera de los puntos [1] a [3], en el que la razón de "el promedio en número de la longitud de lado largo del rectángulo circunscrito mínimo : el promedio en número de la longitud de fibra" en los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas está en el intervalo de desde "1,5:1,0" hasta "2,0:1,0", donde un agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas es el agregado de fibras que da un rectángulo circunscrito mínimo que tiene una longitud de lado largo de menos de 30 mm.

25 [5] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en uno cualquiera de los puntos [2] a [4], en el que los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas son de manera que, cuando una cara de cada uno de ellos se proyecta sobre un plano bidimensional, el promedio en número del ángulo agudo ubicado en el extremo en la dirección longitudinal y medido con respecto a la dirección longitudinal de la cara proyectada es de 5° o más y de 30° o menos.

30 [6] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en los puntos [4] o [5], en el que los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas son de manera que, cuando una cara de cada uno de ellos se proyecta sobre un plano bidimensional, el promedio en número del ángulo agudo ubicado en el extremo en la dirección longitudinal y medido con respecto a la dirección longitudinal de la cara proyectada es de 5° o más y de 30° o menos.

35 [7] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en uno cualquiera de los puntos [1] a [6], en el que el promedio en número del ángulo obtuso entre la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo de la cara proyectada de cada agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A y los gradientes de la región que están ubicados fuera de las porciones de extremo y en los que disminuye el número de filamentos es de 135° o más y de 175° o menos.

40 [8] Un material compuesto reforzado con fibras discontinuas tal como se expone en uno cualquiera de los puntos [1] a [7], en el que las fibras de refuerzo discontinuas tienen un promedio en número de longitud de fibra de 3 mm o más y menos de 100 mm.

45 **Efectos ventajosos de la invención**

50 Tal como se describió anteriormente, la presente invención puede proporcionar un material compuesto excelente que contiene fibras discontinuas que muestra alta fluidez durante el moldeo, sirve para producir un producto moldeado con buenas propiedades mecánicas y alta isotropía bidimensional, y adolece de poca variación en tales propiedades mecánicas.

Breve descripción de los dibujos

55 [Figura 1] (1) Muestra un ejemplo de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A usado para la presente invención. (2) Muestra ejemplos de los ángulos de vértice θ y los ángulos obtusos α de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A. (3) Muestra un ejemplo del rectángulo circunscrito mínimo de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A.

60 [Figura 2] Muestra formas típicas conformadas cuando un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A usado para la presente invención se proyecta sobre un plano bidimensional.

[Figura 3] Muestra un procedimiento típico para preparar un material de moldeo que sirve como precursor para un material compuesto reforzado con fibras discontinuas usado para la presente invención

65 [Figura 4] (1) Muestra una máquina de corte típica de tipo de cuchilla de disco usada para la presente invención.

(2) Muestra normalmente un agregado de fibras que se corta mediante una máquina de corte de tipo cuchilla de disco.

[Figura 5] (1) Es un ejemplo de un agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas que no tiene forma de arco.
 (2) Muestra un método típico para medir el ángulo de vértice θ de un agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas.

[Figura 6] Es un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A típico. (2) Muestra un método típico para medir el ángulo α de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A.

Descripción de las realizaciones preferidas

La presente invención se describe en detalle a continuación con referencia a los ejemplos y los ejemplos comparativos.

Para la presente invención, las fibras de refuerzo discontinuas representan el 20 % en peso o más y menos del 70 % en peso del material compuesto reforzado con fibras según la invención. El contenido es más preferiblemente del 30 % en peso o más y del 65 % en peso o menos, y todavía más preferiblemente del 40 % en peso o más y del 60 % en peso o menos. Las fibras de refuerzo discontinuas representan el 20 % en peso o más del material compuesto con el fin de desarrollar buenas propiedades mecánicas, mientras que representan menos del 70% en peso con el fin de desarrollar alta fluidez y moldeabilidad. Si las fibras de refuerzo discontinuas representan el 70 % en peso o más, no sólo se deteriorarán la fluidez y la moldeabilidad, sino que también el material compuesto reforzado con fibras resultante tiende a contener defectos tales como huecos.

Para la presente invención, las fibras de refuerzo discontinuas forman agregados de fibras. Sin embargo, no es necesario que todas las fibras de refuerzo discontinuas estén incluidas en tales agregados de fibras. Al menos uno de los agregados de fibras se caracteriza porque, cuando una cara del mismo se proyecta sobre un plano bidimensional, las porciones de extremo en la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo alrededor de la cara proyectada y la porción distinta de las dos porciones de extremo contienen cada una al menos una región en la que disminuye el número de filamentos que pertenecen a ese agregado de fibras (a continuación en el presente documento denominada ocasionalmente una región en la que disminuye el número de filamentos). En ambas porciones de extremo del agregado de fibras, el número de fibras disminuye hacia los extremos, y hay una o más regiones fuera de las porciones de extremo en las que el número de fibras disminuye hacia el centro desde los extremos. A continuación en el presente documento, un agregado de fibras de este tipo se denomina un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A. Es preferible que el agregado de fibras tenga tal forma de tipo arco porque en ese caso, el grosor del haz de fibras será pequeño en una región donde disminuye el número de filamentos y también porque no se formarán fácilmente defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura en porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras discontinuas o en las porciones donde los haces de fibras discontinuas se superponen entre sí.

Cuando una cara de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A se proyecta sobre un plano bidimensional, la cara proyectada tiene preferiblemente una de las formas mostradas en la figura 2 o una combinación de estas formas. Es preferible que un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A tenga tal forma porque en ese caso, no se formarán fácilmente defectos estructurales en las porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras discontinuas o en las porciones donde los haces de fibras discontinuas se superponen entre sí.

Para la presente invención, no es necesario que todas las fibras de refuerzo discontinuas formen agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, y pueden incluir, además de estas últimas, fibras de refuerzo discontinuas abiertas hasta el nivel de filamento resultante del procedimiento para producir láminas de fibras de refuerzo discontinuas, hebras cortadas formadas directamente mediante el corte de las hebras, hebras cortadas separadas formadas por la separación de las hebras cortadas en la dirección de anchura, hebras cortadas que no tienen una forma característica de un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, hebras cortadas ensanchadas formadas por el ensanchamiento de hebras cortadas completas, y hebras ensanchadas y separadas formadas por el ensanchamiento y la separación de hebras cortadas completas.

Para la presente invención, los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas representan preferiblemente el 2 % en peso o más y el 15 % en peso o menos de todas las fibras de refuerzo discontinuas, presentando cada uno, una cara que da un rectángulo circunscrito mínimo con una longitud de lado largo de 30 mm o más cuando se proyecta sobre un plano bidimensional. Si los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas representan el 2 % en peso o más, en el procedimiento de producción para un material de moldeo de tipo lámina tal como una lámina estampable y de SMC, que son precursores para materiales compuestos reforzados con fibras discontinuas, sirven para aumentar la fuerza de unión entre fibras de refuerzo discontinuas durante la impregnación de un material de moldeo de tipo lámina con una resina de matriz a presión. Esto actúa para suprimir los flujos no intencionados de las fibras de refuerzo discontinuas que pueden provocarse por la resina que fluye y sirve para producir un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que tiene una anisotropía

o variación disminuida en las propiedades mecánicas. Es preferible que los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas representen el 15 % en peso o menos porque sirve para producir un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que no adolece de una disminución significativa en la fluidez.

5 Los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas contienen preferiblemente al menos un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A. Cuando se proyecta sobre un plano bidimensional, un agregado (1) de fibras de refuerzo discontinuas da un rectángulo circunscrito mínimo con una longitud de lado largo relativamente grande y esto puede permitir que se formen defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura en porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras de refuerzo discontinuas o en porciones donde los haces de fibras discontinuas se superponen entre sí. Sin embargo, es más probable que la inclusión de al menos uno en forma de arco en los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas sirva para suprimir la formación de defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura.

15 Para suprimir la formación de defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura, es más preferible que los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A representen el 1 % en peso o más y el 15 % en peso o menos de todas las fibras de refuerzo discontinuas.

20 Es preferible que los agregados de fibras de refuerzo discontinuas contenidos en las fibras de refuerzo discontinuas incluyan aquellos agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas que dan cada uno, un rectángulo circunscrito mínimo con una longitud de lado largo de menos de 30 mm cuando se proyectan sobre un plano bidimensional, y que dan una razón del promedio en número de la longitud de lado largo del rectángulo circunscrito mínimo con respecto al promedio en número de la longitud de fibra en el intervalo de desde 1,5:1,0 hasta 2,0:1,0. El promedio en número de la longitud de lado largo del rectángulo circunscrito mínimo es preferiblemente de no menos de 1,5 veces el promedio en número de la longitud de fibra, porque sirve para suprimir la formación de defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura en porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras de refuerzo discontinuas. El promedio en número de la longitud de lado largo del rectángulo circunscrito mínimo es preferiblemente de no más de 2,0 veces el promedio en número de la longitud de fibra porque sirve para producir un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que no adolece de una disminución significativa en la fluidez.

30 Para ambos agregados (1) y (2) de fibras de refuerzo discontinuas proyectados sobre un plano bidimensional, el promedio en número del ángulo agudo θ con respecto a la dirección longitudinal en cada porción de extremo es preferiblemente de 5° o más y de 30° o menos. Si el promedio en número del ángulo agudo θ en cada porción de extremo es de 5° o más, sirve para producir un material compuesto reforzado con fibras discontinuas que no adolece de una disminución significativa en la fluidez. El promedio en número del ángulo agudo θ es preferiblemente de 30° o menos porque sirve para suprimir la formación de defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura en porciones ubicadas alrededor de los extremos de los haces de fibras de refuerzo discontinuas.

40 Para un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A proyectado sobre un plano bidimensional, el ángulo obtuso α entre la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo en el plano de proyección y cada pendiente de la región en la que disminuye el número de filamentos que existen fuera de las porciones de extremo, es preferiblemente de 135° o más y de 175° o menos. El promedio en número del ángulo obtuso α es preferiblemente de 135° o más y de 175° o menos, porque el grosor total del haz de fibras en una porción donde los haces de fibras de refuerzo discontinuas se superponen entre sí tiende a ser más pequeño y se suprime la formación de defectos estructurales que funcionan como puntos de partida de fractura.

50 El promedio en número de la longitud de fibra de las fibras de refuerzo discontinuas es preferiblemente de 3 mm o más y menos de 100 mm. Es preferible un promedio en número de longitud de fibra en el intervalo de 3 mm o más y menos de 100 mm porque sirve para lograr alta fluidez y buenas características mecánicas en un buen equilibrio.

55 Las fibras de refuerzo útiles para la presente invención incluyen fibras orgánicas tales como fibra de aramida, fibra de polietileno y fibra de poli(parafenileno-benzoxazol) (PBO); fibras inorgánicas tales como fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de carburo de silicio, fibra de alúmina, fibra de Tyranno, fibra de basalto y fibra cerámica; fibras metálicas tales como fibra de acero inoxidable y fibra de acero; y haces de otras fibras de refuerzo tales como fibra de boro, fibra natural y fibra natural modificada. Entre otros, es preferible el uso de fibra de carbono (fibra de carbono a base de poliacrilonitrilo (PAN) en particular) porque es ligera en comparación con otras fibras de refuerzo y, además, tiene buenas propiedades que incluyen alta resistencia específica y alto módulo específico y también con alta resistencia al calor y resistencia química.

65 No hay limitaciones específicas sobre el tipo de fibra de carbono que ha de usarse, pero las útiles incluyen materiales de fibra de carbono de alta resistencia y alto módulo elástico, y pueden usarse solos o como una combinación de dos o más de los mismos. En particular, los buenos ejemplos incluyen materiales de fibra de

carbono a base de PAN, a base de brea y a base de rayón. El uso de un material de fibra de carbono a base de PAN es preferible desde el punto de vista del equilibrio entre la resistencia y el módulo elástico de los productos moldeados que van a producirse. La fibra de carbono que va a utilizarse tiene preferiblemente una densidad de 1,65 a 1,95 g/cm³, más preferentemente de 1,70 a 1,85 g/cm³. El uso de un material de fibra de carbono que tiene una densidad excesivamente alta conduce a un material compuesto de fibra de carbono que es inferior en ligereza, mientras que el uso de uno que tiene una densidad excesivamente baja es probable que dé como resultado un material compuesto de fibra de carbono que tenga propiedades mecánicas inferiores.

Además, la fibra de carbono para su uso para la presente invención está preferiblemente en forma de una hebra de fibra de carbono compuesta por filamentos agrupados desde el punto de vista de la productividad, y es más preferible que tal hebra de fibra de carbono contenga un gran número de filamentos. Cuando se usa una hebra de fibra de carbono, el número de filamentos contenidos está preferiblemente en el intervalo de 1.000 a 100.000, y de manera particularmente preferible en el intervalo de 10.000 a 70.000. Si se requiere, la fibra de carbono que va a usarse puede estar en forma de hebras de fibra de carbono separadas preparadas separando una hebra de fibra de carbono hasta un número de hebras deseado usando un elemento de corte para la separación de hebras o similar, o en forma de una hebra de fibra de carbono parcialmente separada, que se prepara separando parcialmente una hebra cortada a una longitud apropiada. El uso de hebras separadas hasta un número de hebras deseado puede proponerse como método preferido porque, en comparación con una hebra sin procesar, sirven para la producción de un material compuesto de fibra de carbono que tiene una uniformidad más alta y mejores propiedades mecánicas.

En este caso, una etapa de separación parcial de fibras consiste en el ensanchamiento y la separación parcial de fibras, y las técnicas de ensanchamiento útiles incluyen, por ejemplo, la técnica de ensanchamiento por vibración en la que se hacen pasar hebras de fibras de refuerzo sobre un rodillo vibratorio de modo que los haces de fibras se ensanchan en la dirección de anchura mediante calentamiento, frotamiento, vibración, etc., usando una barra de apertura de fibras, y la técnica de ensanchamiento por aire en la que se sopla aire comprimido contra los haces de fibras de refuerzo. En cuanto a la anchura aumentada de la hebra de fibra de refuerzo, la razón de ensanchamiento es preferiblemente del 300 % al 1,200 %.

En la etapa de separación parcial de fibras, por ejemplo, mientras se alimenta una hebra de fibra de refuerzo ensanchada preparada realizando la técnica de ensanchamiento descrita anteriormente, de modo que se desplaza en la dirección longitudinal (dirección de desplazamiento de fibras), una herramienta de separación de fibras rotatoria (por ejemplo, una placa de acero para la separación de fibras) dotada de una pluralidad de salientes se introduce en la hebra de fibra de refuerzo ensanchada para producir una porción separada de fibras y también formar una región de enmarañamiento en la que los filamentos se enmarañan en puntos de contacto con los salientes en al menos una región separada de fibras. En un procedimiento preferido, la herramienta de separación de fibras se extrae posteriormente de la hebra de fibra de refuerzo ensanchada y, después de someterse a la porción de acumulación de enmarañamiento que incluye porciones de enmarañamiento, la herramienta de separación de fibras se introduce de nuevo en las hebras de fibras de refuerzo ensanchadas.

Como resina de matriz para la presente invención se usan una resina termoplástica y/o una resina termoestable. La resina termoplástica que va a usarse no está particularmente limitada, y puede adoptarse una seleccionada de manera apropiada, a menos que su uso conduzca a un producto moldeado que tenga propiedades mecánicas significativamente deterioradas. Las útiles incluyen, por ejemplo, resinas a base de poliolefina tales como resina de polietileno y resina de polipropileno; resinas a base de poliamida tales como resina de nailon 6 y resina de nailon 6,6; resinas a base de poliéster tales como resina de poli(tereftalato de etileno) y resina de poli(tereftalato de butileno); y otras tales como resina de sulfuro de polifenileno, resina de poliéter cetona, resina de polietersulfona y resina de poliamida aromática. En particular, es preferible usar cualquiera de resina de poliamida, resina de polipropileno y resina de sulfuro de polifenileno.

La resina termoestable que va a usarse tampoco está particularmente limitada, y puede adoptarse una seleccionada de manera apropiada, a menos que su uso conduzca a un producto moldeado que tenga propiedades mecánicas significativamente deterioradas. Las útiles incluyen, por ejemplo, resina epoxídica, resina de poliéster insaturado, resina de éster vinílico, resina fenólica, resina de epoxi-acrilato, resina de uretano-acrilato, resina de fenoxilo, resina alquídica, resina de uretano, resina de maleimida y resina de cianato. De estas, las preferibles incluyen resina epoxídica, resina de poliéster insaturado, resina de éster vinílico, resina fenólica, y mezclas de las mismas. Cuando se usa una mezcla de resinas termoestables, las resinas termoestables que van a mezclarse tienen preferentemente compatibilidad entre sí o tienen una alta afinidad entre sí.

No hay limitaciones específicas sobre la viscosidad de las resinas termoestables usadas para la presente invención, pero tienen preferiblemente viscosidades de resina de 100 a 100.000 mPa·s.

La resina de matriz que va a usarse para la presente invención puede contener diversos aditivos además de una resina termoplástica y/o una resina termoestable para adecuarse a fines particulares siempre que sirvan para lograr el objeto de la presente invención.

Las útiles incluyen, por ejemplo, cargas tales como mica, talco, caolín, hidrotalcita, sericita, bentonita, xonotlita, sepiolita, esmectita, montmorillonita, wollastonita, sílice, carbonato cálcico, perla de vidrio, escama de vidrio, microbalón de vidrio, arcilla, disulfuro de molibdeno, óxido de titanio, óxido de cinc, óxido de antimonio, fosfato policálcico, grafito, sulfato de bario, sulfato de magnesio, borato de cinc, borato cálcico, fibra corta monocristalina de borato de aluminio, fibra corta monocristalina de titanato de potasio y compuestos poliméricos;

agentes que confieren conductividad tales como agentes a base de metal, agentes a base de óxido de metal, negro de carbono y polvo de grafito;

retardantes de la llama a base de halógeno tales como resina bromada; retardantes de la llama a base de antimonio tales como trióxido de antimonio y pentóxido de antimonio; retardantes de la llama a base de fósforo tales como polifosfato de amonio, fosfato aromático, y fósforo rojo; retardantes de la llama a base de sales metálicas de ácidos orgánicos tales como borato de metal orgánico, carboxilato de metal, y sal metálica de sulfonimida aromática; retardantes de la llama inorgánicos tales como borato de cinc, cinc, óxido de cinc, y compuestos de circonio; retardantes de la llama a base de nitrógeno tales como ácido cianúrico, ácido isocianúrico, melamina, cianurato de melamina, fosfato de melamina y guanidina nitrogenada; retardantes de la llama a base de flúor tales como PTFE; retardantes de la llama a base de silicona tales como poliorganosiloxano; retardantes de la llama a base de hidróxido metálico tales como hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio; otros retardantes de llama;

adyuvantes de retardo de la llama tales como óxido de cadmio, óxido de cinc, óxido cuproso, óxido cúprico, óxido ferroso, óxido férrico, óxido de cobalto, óxido de manganeso, óxido de molibdeno, óxido de estaño, y óxido de titanio; agentes de nucleación de cristales tales como pigmento, colorante, lubricante, agente de desmoldeo, compatibilizador, agente dispersante, mica, talco, y caolín; plastificantes tales como fosfato; y otros tales como estabilizador térmico, antioxidante, agente anticolorante, absorbente de ultravioleta, agente de mejora de la fluidez, agente espumante, agente antibacteriano, agente de amortiguación de vibraciones, desodorante, agente de mejora de la capacidad de deslizamiento, y agente antiestático tal como poliéter-éster-amida.

Cuando se usa una resina termoestable como resina de matriz, también pueden incluirse aditivos tales como un agente de disminución de la contracción, siempre que sirva para lograr el objeto de la presente invención.

No hay limitaciones específicas en la etapa para preparar un compuesto de moldeo que sirve como precursor para el material compuesto reforzado con fibras según la presente invención siempre que sirva para lograr el objeto de la presente invención. En el caso de un SMC, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 3, la primera lámina portadora se extrae del primer rollo 11 de lámina y se suministra al transportador 12, mientras que la pasta de la resina de matriz se suministra desde el primer baño 13 de resina y se extiende mediante una rasqueta hasta un grosor predeterminado para formar la primera lámina 14 de resina. La primera lámina 14 de resina se transporta por el transportador 12 para desplazarse a una velocidad constante.

Se extraen hebras 22 de fibras de refuerzo continuas de las bobinas 21, se cortan de manera continua a una longitud predeterminada por la máquina 23 de corte, después se deja que colisionen contra la máquina 24 de distribución (distribuidor) para formar fibras de refuerzo discontinuas que contienen una pluralidad de agregados de fibras de refuerzo discontinuas, y se dispersan en la primera lámina 14 de resina. Como resultado, las fibras de refuerzo discontinuas que contienen agregados de fibras de refuerzo discontinuas se dispersan aleatoriamente en la primera lámina 14 de resina en desplazamiento de modo que se forman de manera continua los agregados 31.

A continuación, en una posición aguas abajo del punto en el que se forma de manera continua el agregado 31, se extrae la segunda lámina portadora del segundo rollo 15 de lámina mientras se suministra pasta de la resina de matriz desde el segundo baño 16 de resina y se extiende hasta un grosor predeterminado sobre la superficie de la segunda lámina portadora para formar la segunda lámina 17 de resina. La segunda lámina 17 de resina se transporta por el transportador 12 para desplazarse a una velocidad constante y la segunda lámina 17 de resina se une para formar una estructura estratificada en la que su superficie recubierta con pasta de la resina matriz está en contacto con la cara superior del agregado 31. En este proceso de formación de estructura en capas, el interior del agregado 31, en el que las fibras de refuerzo discontinuas que contienen agregados de fibras de refuerzo discontinuas se extienden aleatoriamente, se impregna parcialmente con la resina de matriz extendida sobre la primera lámina 14 de resina y la segunda lámina 17 de resina para formar el agregado 32 de manera continua.

A continuación, se aplica una presión a una o ambas de las superficies del agregado 32 en el mecanismo 33 de compresión para permitir que las fibras de refuerzo discontinuas se impregnen con la resina de matriz (etapa de impregnación) de modo que se forme el material 34 de moldeo, que está diseñado para funcionar como precursor para un material compuesto reforzado con fibras discontinuas, entre la primera lámina portadora y la segunda lámina portadora. El compuesto 34 de moldeo se enrolla, por ejemplo, junto con la primera lámina 14 portadora y la segunda lámina 17 portadora para formar un rollo.

En este caso, la máquina 23 de corte que va a usarse no está particularmente limitada a menos que afecte negativamente al objeto de la presente invención y, por ejemplo, puede usarse un tipo de cuchilla de guillotina o un tipo de cuchilla de disco. Tal como se ilustra en la figura 4, una máquina del tipo de cuchilla de disco tiene un
 5 rodillo 41 de corte equipado con cuchillas 42 de disco que sobresalen dispuestas a intervalos apropiados en la superficie 40 de rodillo, un rodillo 50 compresor con una superficie plana que está ubicada cerca o en contacto con el rodillo de corte y permanece sustancialmente paralelo a la dirección del eje de rotación del rodillo de corte, y la guía 51 transversal que se mueve de un lado a otro en la dirección transversal para guiar la hebra 22 de fibra de refuerzo mientras la hebra 22 de fibra de refuerzo se alimenta al rodillo 41 de corte. Para desempeñar el papel
 10 de una tabla de corte para el rodillo 41 de corte, el rodillo 50 compresor tiene preferiblemente una superficie de rodillo realizada de un material elástico, tal como caucho y resina de uretano.

En el caso de usar una máquina de tipo cuchilla de disco para producir un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A según la presente invención, donde, por ejemplo, la guía 51 transversal se mueve de derecha a izquierda y vuelve en el sentido opuesto para guiar la hebra 22 de fibra de refuerzo de un
 15 lado a otro, es preferible que los intervalos de las cuchillas 42 de disco que sobresalen de la superficie 40 de rodillo de corte sean más pequeños, al menos en la parte circunferencial que recibe la hebra 22 de fibra de refuerzo, que la anchura de la hebra de fibra de refuerzo enviada al rodillo de corte. Es más preferible que la razón del intervalo entre las cuchillas 42 de disco que sobresalen de la superficie del rodillo de corte con respecto a la anchura de la hebra de fibra de refuerzo esté en el intervalo de 0,1:1,0 a 0,9:1,0. En otro ejemplo preferible, la guía transversal que guía la hebra de fibra de refuerzo de un lado a otro en la dirección transversal preferentemente vuelve en el sentido de derecha a izquierda o en el sentido opuesto con una tasa de aceleración de 1 G (aceleración de gravedad) o más.

25 Ejemplos

A continuación, se describen detalles de los ejemplos y ejemplos comparativos de la presente invención.

En primer lugar, se describen los métodos utilizados para medir las características en los ejemplos y ejemplos comparativos.
 30

(1) Medición del tamaño en la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo del agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco

35 Se cortó una muestra que tenía un tamaño de 150 mm × 150 mm de un material compuesto reforzado con fibras discontinuas o un material de moldeo, es decir un precursor, y la muestra cortada se calentó durante aproximadamente de 1 a 2 horas en un horno eléctrico mantenido a de 500 °C a 600 °C para eliminar por quemado los componentes orgánicos, tales como resina de matriz, para extraer una lámina de fibras de refuerzo discontinuas de la muestra. Las fibras de refuerzo discontinuas, todas en forma de agregados, se retiraron de la
 40 lámina de fibras de refuerzo discontinuas usando pinzas o similares con cuidado para que mantuvieran sus formas. En ese momento, se excluyeron de la observación las fibras de refuerzo discontinuas que estaban implicadas en la superficie cortada formada cuando se cortó la muestra que tenía un tamaño de 150 mm × 150 mm. Se colocaron los agregados de fibras de refuerzo discontinuas extraídos sobre una mesa plana y se proyectaron sobre un plano bidimensional usando una cámara o similar, y se determinaron los rectángulos circunscritos mínimos a partir de las formas observadas, seguido por el registro de la longitud de lado largo L y la longitud de lado corto W de cada rectángulo circunscrito mínimo.
 45

Los agregados de fibras de refuerzo discontinuas que dieron cada uno un rectángulo circunscrito mínimo con una longitud de lado corto W de menos del 0,5 mm se clasificaron como agregados (3) de fibras de refuerzo discontinuas, que estaban en el estado de abrirse al nivel de filamento. Los agregados de fibras de refuerzo discontinuas que dieron cada uno un rectángulo circunscrito mínimo con una longitud de lado corto W de 0,5 mm o más se dividieron en los dos grupos siguientes: agregados de fibras de refuerzo discontinuas con una longitud de lado largo L de 30 mm o más, que se clasificaron como agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas, y agregados de fibras de refuerzo discontinuas con una longitud de lado largo L de menos de 30 mm, que se
 50 clasificaron como agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas.
 55

Cuando una lámina de fibras de refuerzo discontinuas no pudo retirarse satisfactoriamente de un material compuesto reforzado con fibras discontinuas, pueden tomarse mediciones de la misma manera a partir de una lámina de fibras de refuerzo discontinuas que no se ha impregnado con la resina de matriz.
 60

(2) Medición de la razón en peso entre los agregados de fibras de refuerzo discontinuas (1) con respecto a (3)

Usando una balanza capaz de medir hasta 1/10.000 g, se midieron los pesos de todos los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas, los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas, y los agregados (3) de
 65 fibras de refuerzo discontinuas. Entonces, se calculó la razón en peso W_a de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas con respecto al peso total de las fibras de refuerzo discontinuas, la razón en peso W_b de

ES 3 022 265 T3

los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas con respecto al mismo, y la razón en peso W_c de los agregados (3) de fibras de refuerzo discontinuas con respecto al mismo, mediante las fórmulas siguientes.

$$W_a = W_1 / (W_1 + W_2 + W_3) \times 100 (\%)$$

5 $W_b = W_2 / (W_1 + W_2 + W_3) \times 100 (\%)$

$$W_c = W_3 / (W_1 + W_2 + W_3) \times 100 (\%)$$

10 W_1 : peso total de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas

W_2 : peso total de los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas

W_3 : peso total de los agregados (3) de fibras de refuerzo discontinuas

15 (3) Método de medición para determinar el promedio en número de ángulo de vértice θ de los agregados de fibras de refuerzo discontinuas

20 Se proyectó individualmente cada uno de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas y los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas sobre un plano bidimensional usando un microscopio digital (fabricado por Keyence). Tal como se ilustra en la figura 5, se trazó un círculo con un radio de 2 mm con el centro en un extremo en la dirección longitudinal con un ángulo agudo del agregado de fibras de refuerzo discontinuas y se midió el ángulo entre las líneas que conectan este extremo de vértice de ángulo agudo y las intersecciones entre el círculo y dos lados. Se designó como el ángulo de vértice θ_1 en un extremo del agregado de fibras de refuerzo discontinuas, y se midió de la misma manera el ángulo del vértice opuesto. Se calculó el promedio de los dos ángulos de vértice (θ_1 , θ_2) y se adoptó como el ángulo de vértice θ_i de ese agregado de fibras de refuerzo discontinuas individual. Cabe señalar que en el caso de que la forma de un vértice esté tan dañada, etc. que sea difícil medir su ángulo, sólo puede adoptarse el ángulo del otro vértice. Si ambos ángulos de vértice son difíciles de medir, se excluyen de la observación.

30 A partir del ángulo de vértice individual θ_i determinado anteriormente, se calcula el promedio en número del ángulo de vértice θ mediante la fórmula facilitada a continuación.

$$\text{Promedio en número de ángulo de vértice } \theta = \sum \theta_i / n$$

35 θ_i : ángulo de vértice de cada uno de los agregados (1) y (2) de fibras de refuerzo discontinuas

n : número de agregados de fibras que tienen cada uno un ángulo de vértice medido realmente entre los agregados (1) y (2) de fibras de refuerzo discontinuas

40 (4) Método de medición para determinar la razón en peso y el promedio en número del ángulo obtuso α de los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A

45 A partir de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas y los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas, se extrajeron todos los haces que pueden considerarse visualmente como agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, tal como se ilustra en la figura 2. Se midieron los pesos de todos estos agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A usando una balanza capaz de medir hasta 1/10.000 g, y se calculó la razón en peso W_y de los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A mediante la fórmula facilitada a continuación.

50 En este caso, se introdujo "Sí" en el registro si se encontró que al menos un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A estaba incluido en los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas, mientras que se introdujo "No" si no se identificó tal agregado.

$$W_y = W_4 / (W_1 + W_2 + W_3) \times 100 (\%)$$

55 W_4 : peso total de los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A incluidos en los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas y los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas

60 Se proyectó individualmente cada uno de los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A sobre un plano bidimensional usando un microscopio digital (fabricado por Keyence) tal como se ilustra en la figura 6. Se trazó un círculo con un radio de 0,5 mm con el centro en un vértice de ángulo obtuso de la región en la que el número de filamentos comenzaba a disminuir, y se midió el ángulo entre las líneas que conectan este vértice de ángulo obtuso y las intersecciones entre el círculo y dos lados. Se designó como el ángulo obtuso α_1 en un vértice obtuso del agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, y si había otro ángulo

obtusos en la posición opuesta, se midió del mismo modo que anteriormente. Si había sólo un ángulo obtuso, se adoptó ese ángulo, mientras que si había dos ángulos obtusos, se adoptó el promedio de los dos ángulos obtusos como el ángulo de vértice obtuso α_i de este agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A individual. Sin embargo, cuando la región en la que el número de filamentos comenzaba a disminuir tiene una forma de ángulo obtuso indistinta, se trazan las tangentes a los dos lados y se extienden y la intersección entre las tangentes extendidas y el ángulo formado entre las tangentes extendidas puede adoptarse como el vértice obtuso y el ángulo obtuso, respectivamente. Si la medición es difícil debido a una forma de borde significativamente dañada o similar, puede adoptarse el único ángulo, mientras que si la forma de borde está significativamente dañada en ambos vértices, se excluyen de la observación.

A partir del ángulo de vértice obtuso α_i individual determinado anteriormente, se calcula el promedio en número del ángulo de vértice obtuso α mediante la fórmula facilitada a continuación.

Promedio en número del ángulo obtuso $\alpha = \Sigma \alpha_i / m$

α_i : ángulo obtuso de cada agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A

m: número de agregados de fibras que tienen cada uno un ángulo obtuso medido realmente entre agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A

(5) Método de medición para determinar el promedio en número de la longitud de fibra l de los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas

Se proyectó individualmente cada uno de los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas sobre un plano bidimensional usando un microscopio digital (fabricado por Keyence Co., Ltd.), y se midieron dos lados de borde paralelos en la dirección de orientación de las fibras en cada agregado de fibras de refuerzo discontinuas con una precisión de 0,1 mm. Se adoptó el promedio como la longitud de fibra l_i del agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas individual. Sin embargo, en el caso de que la forma de un lado de borde esté tan dañada, etc. que sea difícil de medir su longitud, puede adoptarse solo un lado de borde, mientras que si ambos están dañados significativamente, se excluyen de la observación.

A partir de la longitud de fibra l_i individual determinada anteriormente, se calcula el promedio en número de la longitud de fibra l mediante la fórmula facilitada a continuación.

Promedio en número de longitud de fibra l = $\Sigma l_i / p$

l_i : longitud de fibra de agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas individual

p: número de agregados de fibras que tienen cada uno una longitud de fibra medida realmente entre los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas

(6) W_f (contenido de fibras de refuerzo discontinuas)

Se cortó una muestra que tenía un tamaño de 150 mm × 150 mm de un material compuesto reforzado con fibras y se midió el peso del mismo. A continuación, se calentó la muestra durante aproximadamente 1 a 2 horas en un horno eléctrico mantenido a 500 °C a 600 °C para eliminar por quemado los componentes orgánicos, tales como resina de matriz, y se enfrió hasta temperatura ambiente, seguido por la medición del peso de las fibras de refuerzo discontinuas restantes. Se determinó la razón del peso de las fibras de refuerzo discontinuas con respecto al peso de la muestra antes de eliminar por quemado los componentes orgánicos tales como la resina de matriz y se adoptó como el contenido de las fibras de refuerzo discontinuas.

(7) Resistencia a la flexión y módulo de flexión

Se midió la resistencia a la flexión según la norma JIS-K7171: 2016. Para la resistencia a la flexión, también se calculó el valor de CV (coeficiente de variación [%]) en la resistencia a la flexión. Se consideró que una muestra con un valor de CV del 10 % o menos tenía una pequeña variación (OK) y se consideró que una con un valor de CV de más del 10 % tenía una gran variación (NG). En el ensayo de flexión, además, se tomaron mediciones en una dirección seleccionada aleatoriamente (dirección de 0°) y en la dirección de 90° con respecto a la dirección de 0° en un plano bidimensional, y si la razón del promedio para la dirección de 0° con respecto al promedio para la dirección de 90° está en el intervalo de 1,2 a 0,83, se considera que es isotrópica (OK), mientras que en otros casos, se considera que es anisotrópica (NG).

[Fibra de refuerzo y resina de matriz]

A continuación se enumeran las fibras de refuerzo y las resinas de matriz usadas en los ejemplos y ejemplos

comparativos de la presente invención.

Hebra (1) de fibra de refuerzo:

- 5 Se usó una hebra de fibra de carbono continua que tenía un diámetro de fibra de 7 μm , un módulo elástico de tracción de 230 GPa, un número de filamentos de 12.000, y una anchura de hebra de 6 mm.

Hebra (2) de fibra de refuerzo:

- 10 Se usó una hebra de fibra de carbono continua que tenía un diámetro de fibra de 7,2 μm , un módulo elástico de tracción de 242 GPa, un número de filamentos de 50.000, y una anchura de hebra de 10 mm.

Resina (1) de matriz:

- 15 La resina usada fue una mezcla de 100 partes en masa de resina de éster vinílico (resina de VE) (Derakane 790, fabricada por The Dow Chemical Company), 1 parte en masa de peroxibenzoato de terc-butilo (Perbutyl Z, fabricado por NOF Corporation), 2 partes en masa de estearato de cinc (SZ-2000, fabricado por Sakai Chemical Industry Co., Ltd.) y 4 partes en masa de óxido de magnesio (MgO n.º 40, fabricado por Kyowa Chemical Industry Co., Ltd.).

- 20 Ejemplo 1:

- 25 Se preparó una lámina de SMC, que sirve como precursor para un material compuesto reforzado con fibras discontinuas, usando un aparato tal como se muestra en la figura 3. Se extrajo una primera lámina portadora realizada de polipropileno del primer rollo de materia prima (primer rollo de lámina) y se suministró al primer transportador, y se extendió pasta de una resina de matriz hasta un grosor predeterminado mediante una rasqueta para formar la primera lámina de resina.

- 30 Se extrajo la hebra (1) de fibra de refuerzo a una velocidad constante y se cortó mediante una máquina de corte de tipo cuchilla de disco que tenía una guía transversal diseñada para guiar la hebra de fibra de refuerzo de un lado a otro en la dirección transversal, un rodillo de corte equipado con cuchillas de disco que sobresalen a intervalos apropiados desde la superficie del rodillo, y un rodillo compresor ubicado en contacto con el rodillo de corte y sustancialmente paralelo a la dirección del eje de rotación del rodillo de corte, en la que el corte se realizó de manera continua de tal manera que la hebra (1) de fibra de refuerzo se mantuvo a una longitud predeterminada sin holgura. A continuación, se dejó que colisionara contra una máquina de distribución (distribuidor) y que se dispersara para formar de manera continua una lámina de fibras de refuerzo discontinuas en la que las fibras de refuerzo discontinuas que contenían una pluralidad de agregados de fibras de refuerzo discontinuas estaban orientadas aleatoriamente, que a continuación se dejó caer sobre la primera lámina de resina. En esta etapa, la razón entre la velocidad de extracción y la velocidad transversal fue de 3,7:1,0; la distancia de transporte de la guía transversal fue de 100 mm; la razón del intervalo entre las cuchillas de disco con respecto a la anchura de la hebra (1) de fibra de refuerzo fue de 0,4:1,0; y la velocidad de rotación del distribuidor fue de 400 rpm.

- 45 Posteriormente, se extrajo la segunda lámina portadora realizada de polipropileno del segundo rollo de materia prima (segundo rollo de lámina) y se suministró al segundo transportador, y se extendió la pasta de la resina de matriz hasta un grosor predeterminado mediante una rasqueta para formar la segunda lámina de resina.

- 50 La primera lámina de resina que contenía agregados de fibras de refuerzo discontinuas se combinó con la segunda lámina de resina junto con la segunda lámina portadora, y se aplicó presión a ambas superficies de modo que la lámina que contenía agregados de fibras de refuerzo discontinuas se impregnó con la resina de matriz para preparar una lámina de SMC, es decir, un precursor para un material compuesto reforzado con fibras discontinuas. En cuanto a la lámina de SMC resultante, no hubo los flujos de la lámina de SMC que se producen en la dirección de anchura, que es perpendicular a la dirección de transporte, en la etapa de impregnación, lo que hizo posible producir una lámina de SMC que tenía una anchura deseada. A continuación, la lámina de SMC así preparada se curó a una temperatura de 25 ± 5 °C durante una semana comenzando inmediatamente después de su producción y se sometió a diversas evaluaciones.

- 60 Se cortó la lámina de SMC resultante a un tamaño predeterminado, y se retiraron las láminas portadoras superior e inferior, seguido de la eliminación por quemado de los componentes orgánicos, tales como la resina de matriz. Se midió que el Wf era del 55 % en peso, y cuando las fibras de refuerzo discontinuas restantes se sometieron a diversas evaluaciones, los resultados mostraron que los agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco representaban el 6 % en peso de las fibras de refuerzo discontinuas. Los resultados de las evaluaciones se facilitan en la tabla 1.

- 65 A continuación, se cortaron piezas con un tamaño de 265 × 265 mm de la lámina de SMC, y tres de ellas se apilaron con sus direcciones de transporte (direcciones MD) en la máquina de producción de SMC alineadas en

la misma dirección, y se colocaron en la porción central de un molde de tipo placa plana que tenía una cavidad de 300 × 300 mm (tasa de carga de aproximadamente el 80 %). A continuación, la resina se curó a aproximadamente 140 °C durante 5 minutos a una presión de 10 MPa en una máquina de moldeo por presión de tipo calentamiento, produciendo de este modo un producto moldeado plano de tipo placa con un tamaño de 300 × 300 mm × 3 mm.

El producto moldeado resultante se cortó y se sometió a medición de la resistencia a la flexión y el módulo de flexión, y los resultados mostraron que el producto moldeado tenía una resistencia a la flexión de 450 MPa y un módulo de flexión de 33 GPa, con un valor de CV del 10 % o menos, lo que demostró que el producto moldeado tenía una baja variación y una alta isotropía. Los resultados de las evaluaciones se facilitan en la tabla 1.

Ejemplo 2:

Excepto en que, cuando se produjo una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto, la guía transversal tenía una distancia de transporte de 160 mm, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 1 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 1.

Ejemplo 3:

Excepto en que, cuando se produjo una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto, se usó la hebra (2) de fibra de refuerzo, la guía transversal tenía una distancia de transporte de 160 mm, y la razón del intervalo entre las cuchillas de disco con respecto a la anchura de la hebra (2) de fibra de refuerzo era de 0,24:1,0, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 1 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 1.

Ejemplo 4:

Se desenrolló la hebra (2) de fibra de refuerzo mediante una bobinadora a una velocidad constante, y la hebra (2) de fibra de refuerzo desenrollada se hizo pasar entre rodillos de ensanchamiento de tipo vibración que vibran axialmente a 10 Hz para ensanchar los haces de fibra de refuerzo y luego se hizo pasar entre rodillos de regulación de anchura con una anchura regulada de 50 mm, proporcionando de ese modo una hebra (2) de fibra de refuerzo ensanchada con una anchura aumentada de 50 mm. A continuación, se introdujo y se retiró de manera intermite una herramienta de separación de fibras que tenía placas de acero de separación de fibras que tenían, cada una, una forma sobresaliente con un grosor de 0,3 mm, una anchura de 3 mm y una altura de 20 mm y estaban dispuestas a intervalos iguales de 3 mm en la dirección de anchura de una hebra (2) de fibra de refuerzo ensanchada, y luego la hebra se hizo pasar entre rodillos de regulación de la anchura con una anchura regulada de 10 mm, preparando así una hebra (2) de fibra de refuerzo separada parcialmente con una anchura regulada de 10 mm.

Excepto en que, cuando se produjo una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto reforzado con fibras, se usó la hebra (2) de fibras de refuerzo separada parcialmente resultante, la guía transversal tenía una distancia de transporte de 160 mm, y la razón del intervalo entre las cuchillas de disco con respecto a la anchura de la hebra (2) de fibras de refuerzo separada parcialmente era de 0,24:1,0, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 1 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 1.

Ejemplo 5:

Excepto en que, cuando se produce una lámina de SMC, la velocidad de desenrollado de la lámina portadora y la holgura entre la rasqueta y la lámina portadora se ajustaron para producir una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto reforzado con fibras que daría un Wf del 45 % en peso después de eliminar por quemado los componentes orgánicos tales como resina de matriz, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 4 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 1.

Ejemplo comparativo 1:

Se usó una primera máquina de corte de tipo guillotina que tenía una cuchilla colocada en diagonal con respecto a la dirección de transporte de la hebra, de modo que el rectángulo circunscrito mínimo tuviera una longitud de 60 mm y que el ángulo de corte del vértice fuera de 15°, junto con una segunda máquina de corte de tipo guillotina que tenía una cuchilla colocada en diagonal con respecto a la dirección de transporte de la hebra, de modo que el rectángulo circunscrito mínimo tuviera una longitud de 20 mm y que el ángulo de corte del vértice fuera de 15°, y se transportó una hebra (2) de fibra de refuerzo de tal manera que la razón entre la velocidad para transportar la hebra (2) de fibra de refuerzo para la primera máquina de corte de tipo guillotina y la de la segunda máquina de corte de tipo guillotina fue de 12:88. La hebra (2) de fibra de refuerzo se cortó de manera continua por cada máquina de corte de tipo guillotina a una longitud predeterminada sin holgura, y luego, se dejó

que colisionara contra una máquina de distribución (distribuidor) y que se dispersara para formar de manera continua una lámina de fibras de refuerzo discontinuas en la que las fibras de refuerzo discontinuas que contenían una pluralidad de agregados de fibras de refuerzo discontinuas estaban orientadas aleatoriamente, produciendo así una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto. Excepto por esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 3 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 2.

El producto moldeado resultante fue inferior en la resistencia a la flexión y en el módulo de flexión y, particularmente porque no contenía agregados de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco, fue más probable que se produjeran defectos estructurales en porciones donde los haces de fibras de refuerzo discontinuas se solapaban entre sí. Como resultado, el producto moldeado tenía una gran variación con un valor de CV de más del 10 %.

Ejemplo comparativo 2:

Sólo se usó la segunda máquina de corte de tipo guillotina que tenía una cuchilla colocada en diagonal con respecto a la dirección de transporte de la hebra, de modo que el rectángulo circunscrito mínimo tuviera una longitud de 20 mm y que el ángulo de corte del vértice fuera de 15°, y la hebra (2) de fibra de refuerzo se cortó de manera continua por la máquina de corte de tipo guillotina hasta una longitud predeterminada sin holgura. A continuación, se dejó que colisionara contra la máquina de distribución (distribuidor) y que se dispersara para formar de manera continua una lámina de fibras de refuerzo discontinuas en la que las fibras de refuerzo discontinuas que contenían una pluralidad de agregados de fibras de refuerzo discontinuas estaban orientadas aleatoriamente, produciendo así una lámina de SMC destinada como precursor para un material compuesto. Excepto por esto, se llevó a cabo el mismo procedimiento que en el ejemplo 3 para producir un producto moldeado y realizar evaluaciones. Los resultados se facilitan en la tabla 2.

Esta lámina de SMC fluyó en la dirección de anchura, que es perpendicular a la dirección de transporte, en la etapa de impregnación. Por consiguiente, la lámina de SMC resultante tenía una anchura mayor que la especificada.

El producto moldeado fue inferior en la resistencia a la flexión y el módulo de flexión. En particular, debido al flujo de la lámina de SMC en la dirección de anchura en la etapa de impregnación, la razón del promedio para la dirección de 0° con respecto al promedio para la dirección de 90° estaba fuera del intervalo de 1,2 a 0,83, dando como resultado un producto moldeado con anisotropía.

[Tabla 1]

[Tabla 1]

Ejemplo		1	2	3	4	5
fibra de refuerzo		fibra (1) de carbono	fibra (1) de carbono	fibra (2) de carbono	fibra (2) de carbono	fibra (2) de carbono
resina de matriz		resina (1) de matriz	resina (1) de matriz	resina (1) de matriz	resina (1) de matriz	resina (1) de matriz
Wf de fibras de refuerzo discontinuas	% en peso	55	55	55	55	45
	razón Wy	6	3	4	3	3
	ángulo obtuso α	165	163	160	163	163
agregado (1) de fibras de refuerzo discontinuas	razón Wa	12	7	8	6	6
	existencia de agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A	Si	Si	Si	Si	Si
	ángulo de vértice θ	11	11	11	10	10
agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas	longitud L de rectángulo circunscrito mínimo	58	55	50	52	52
	razón Wb	88	93	92	94	94
	ángulo de vértice θ	15	15	14	14	14
agregado (3) de fibras de refuerzo discontinuas	longitud L de rectángulo circunscrito mínimo	20	20	21	19	19
	longitud de fibra l	12	12	12	12	12
	razón Wc	0	0	0	0	0
resistencia a la flexión	% en peso	450	470	420	490	400
	módulo elástico de flexión	33	34	32	35	26
variación, CV	..	OK	OK	OK	OK	OK
	isotropía/anisotropía	OK	OK	OK	OK	OK

[Tabla 2]

[Tabla 2]

Ejemplo comparativo		1	2
fibra de refuerzo		fibra (2) de carbono	fibra (2) de carbono
resina de matriz		resina (1) de matriz	resina (1) de matriz
Wf de fibras de refuerzo discontinuas agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A	% en peso	55	55
	razón Wy	0	0
ángulo obtuso α	ángulo obtuso α	-	-
	razón W _a	12	0
	existencia de agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A	No	No
	ángulo de vértice θ	15	-
agregado (1) de fibras de refuerzo discontinuas	longitud L de rectángulo circunscrito mínimo	60	-
	razón W _b	88	100
	ángulo de vértice θ	15	15
	longitud L de rectángulo circunscrito mínimo	20	20
agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas	longitud de fibra l	12	12
	razón W _c	0	0
agregado (3) de fibras de refuerzo discontinuas	resistencia a la flexión	390	400
	módulo elástico de flexión	31	32
	variación CV	NG	NG
isotropía/anisotropía		OK	NG

Aplicabilidad industrial

El material compuesto reforzado con fibras según la presente invención puede lograr tanto alta fluidez durante el moldeo como buenas propiedades mecánicas a un alto nivel, que no pueden lograrse mediante los materiales compuestos reforzados con fibras convencional compuestos principalmente por fibras de refuerzo discontinuas y una resina de matriz. Puede impedirse que se produzcan flujos de las fibras de refuerzo discontinuas provocados por la resina que fluye durante la impregnación de un material de moldeo de tipo lámina con una resina de matriz bajo presión en el procedimiento de producción para un material de moldeo de tipo lámina tal como lámina de SMC y lámina estampable, que sirven como precursores para el material compuesto.

Explicación de los números de referencia

1. Una forma típica de agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A

2. Un rectángulo circunscrito mínimo típico de agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A

L: Una longitud de lado largo típica del rectángulo circunscrito mínimo

W: Una longitud de lado corto típica del rectángulo circunscrito mínimo

θ_1, θ_2 : Ángulos de vértice agudo típicos del agregado de fibras de refuerzo discontinuas

α_1, α_2 : Ángulos obtusos típicos del agregado de fibras de refuerzo discontinuas

11. Primer rollo de lámina típico

12. Un transportador típico

13. Un primer baño de resina típico

14. Una primera lámina de resina típica recubierta con pasta de resina de matriz hasta un grosor predeterminado

15. Un segundo rollo de lámina típico

16. Un segundo baño de resina típico

17. Una segunda lámina de resina típica recubierta con pasta de resina de matriz hasta un grosor predeterminado

21. Una bobina típica de hebra de fibra de refuerzo

22. Una hebra de fibra de refuerzo continua típica

23. Una máquina de corte típica

24. Una máquina de distribución típica (distribuidor)

31. Agregados de fibras de refuerzo discontinuas típicos dispersados aleatoriamente en la primera lámina de resina

32. Agregados impregnados parcialmente con resina de matriz extendida sobre la primera lámina de resina y la segunda lámina de resina

33. Una máquina de prensado típica

34. Un material de moldeo típico destinado como precursor para material compuesto reforzado con fibras discontinuas

40. Una superficie de rodillo de corte típica de máquina de corte de tipo cuchilla de disco

41. Un rodillo de corte típico para la máquina de corte de tipo cuchilla de disco

42. Una cuchilla de disco típica

50. Un rodillo compresor típico para la máquina de corte de tipo cuchilla de disco

ES 3 022 265 T3

51. Una guía transversal típica para la máquina de corte de tipo cuchilla de disco

60. Un agregado de fibras de refuerzo discontinuas típico producido por la máquina de corte de tipo cuchilla de disco

5

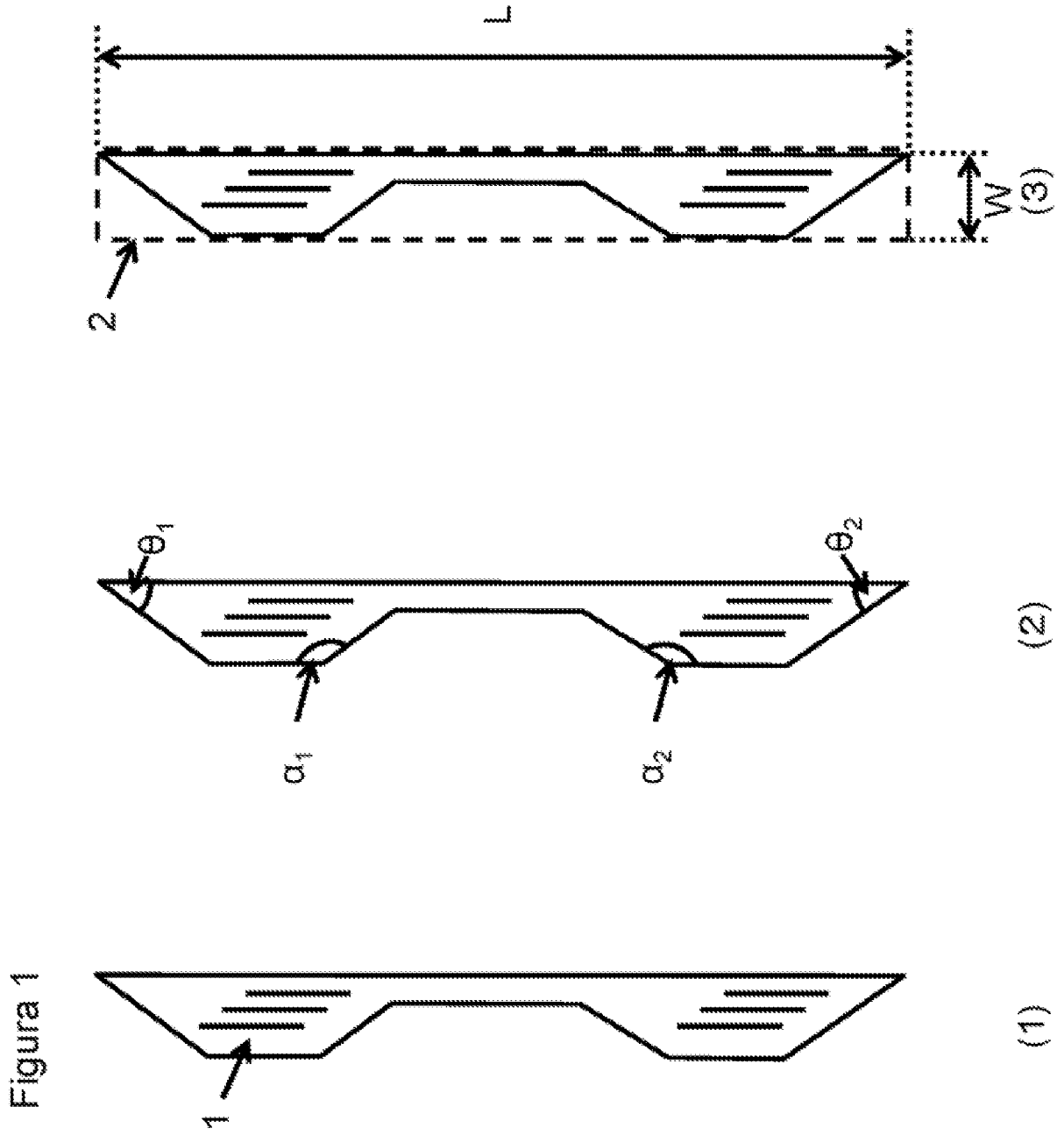
70. Un agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas típico

I1, I2: Una longitud de fibra típica del agregado de fibras de refuerzo discontinuas

10

REIVINDICACIONES

1. Material compuesto reforzado con fibras que comprende fibras de refuerzo discontinuas que representan el 20 % en peso o más y menos del 70 % en peso y una resina de matriz,
- 5 en el que al menos parte de las fibras de refuerzo discontinuas forman agregados de fibras y también
- en el que al menos uno de los agregados de fibras es un agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A, en el que, cuando una cara del mismo se proyecta sobre un plano bidimensional,
- 10 cada una de las porciones de extremo en la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo alrededor de la cara proyectada y la porción distinta de las dos porciones de extremo
- 15 contienen al menos una región en la que disminuye el número de filamentos que pertenecen al agregado de fibras.
2. Material compuesto reforzado con fibras según la reivindicación 1, en el que el 2 % en peso o más y el 15 % en peso o menos de todas las fibras de refuerzo discontinuas forman agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas, donde un agregado (1) de fibras de refuerzo discontinuas es uno de los agregados de fibras de refuerzo que da un rectángulo circunscrito mínimo que tiene una longitud de lado largo de 30 mm o más.
- 20 3. Material compuesto reforzado con fibras según la reivindicación 2, en el que al menos uno de los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas es el agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A.
- 25 4. Material compuesto reforzado con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la razón de "el promedio en número de la longitud de lado largo del rectángulo circunscrito mínimo : el promedio en número de la longitud de fibra" en los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas está en el intervalo de desde "1,5:1,0" hasta "2,0:1,0", donde un agregado (2) de fibras de refuerzo discontinuas es el agregado de fibras que da un rectángulo circunscrito mínimo que tiene una longitud de lado largo de menos de 30 mm.
- 30 5. Material compuesto reforzado con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que los agregados (1) de fibras de refuerzo discontinuas son de manera que, cuando una cara de cada uno de ellos se proyecta sobre un plano bidimensional, el promedio en número del ángulo agudo ubicado en el extremo en la dirección longitudinal y medido con respecto a la dirección longitudinal de la cara proyectada es de 5° o más y de 30° o menos.
- 35 6. Material compuesto reforzado con fibras según cualquiera de las reivindicaciones 4 ó 5, en el que los agregados (2) de fibras de refuerzo discontinuas son de manera que, cuando una cara de cada uno de ellos se proyecta sobre un plano bidimensional, el promedio en número del ángulo agudo ubicado en el extremo en la dirección longitudinal y medido con respecto a la dirección longitudinal de la cara proyectada es de 5° o más y de 30° o menos.
- 40 7. Material compuesto reforzado con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el promedio en número del ángulo obtuso entre la dirección longitudinal del rectángulo circunscrito mínimo de la cara proyectada de cada agregado de fibras de refuerzo discontinuas en forma de arco A y los gradientes de la región que están ubicados fuera de las porciones de extremo y en los que disminuye el número de filamentos es de 135° o más y de 175° o menos.
- 45 8. Material compuesto reforzado con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que las fibras de refuerzo discontinuas tienen un promedio en número de longitud de fibra de 3 mm o más y menos de 100 mm.
- 50



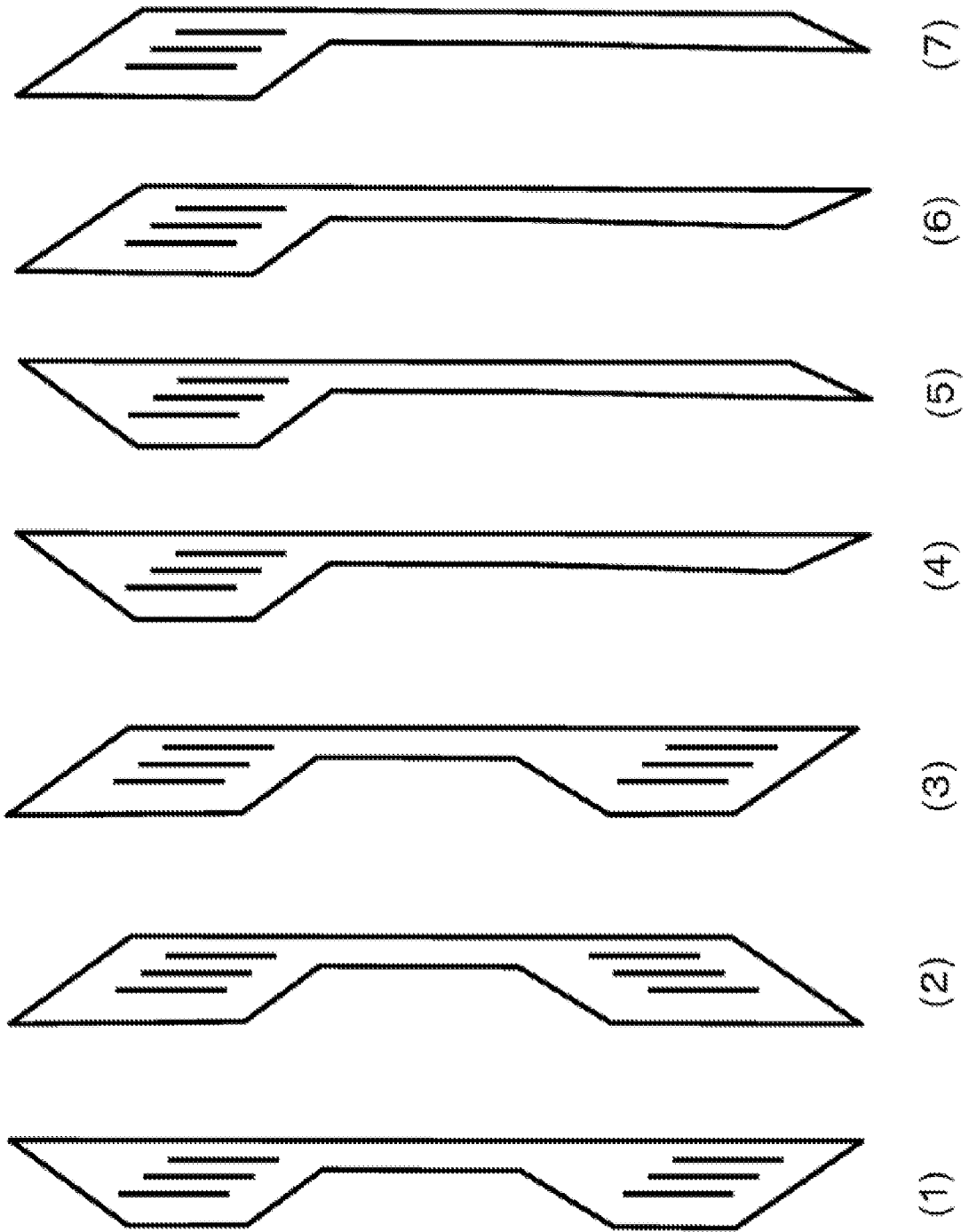


Figura 2

Figura 3

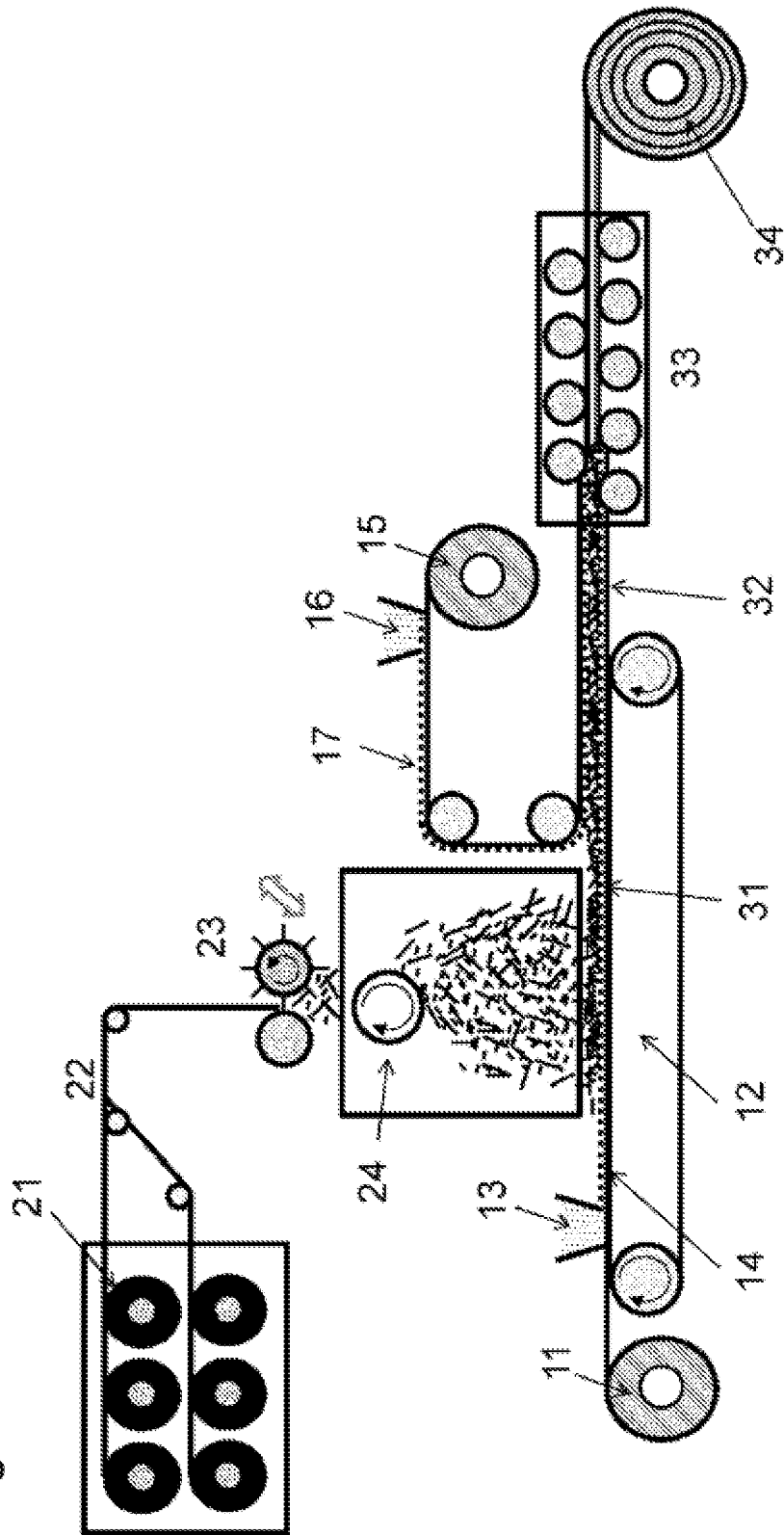


Figura 4

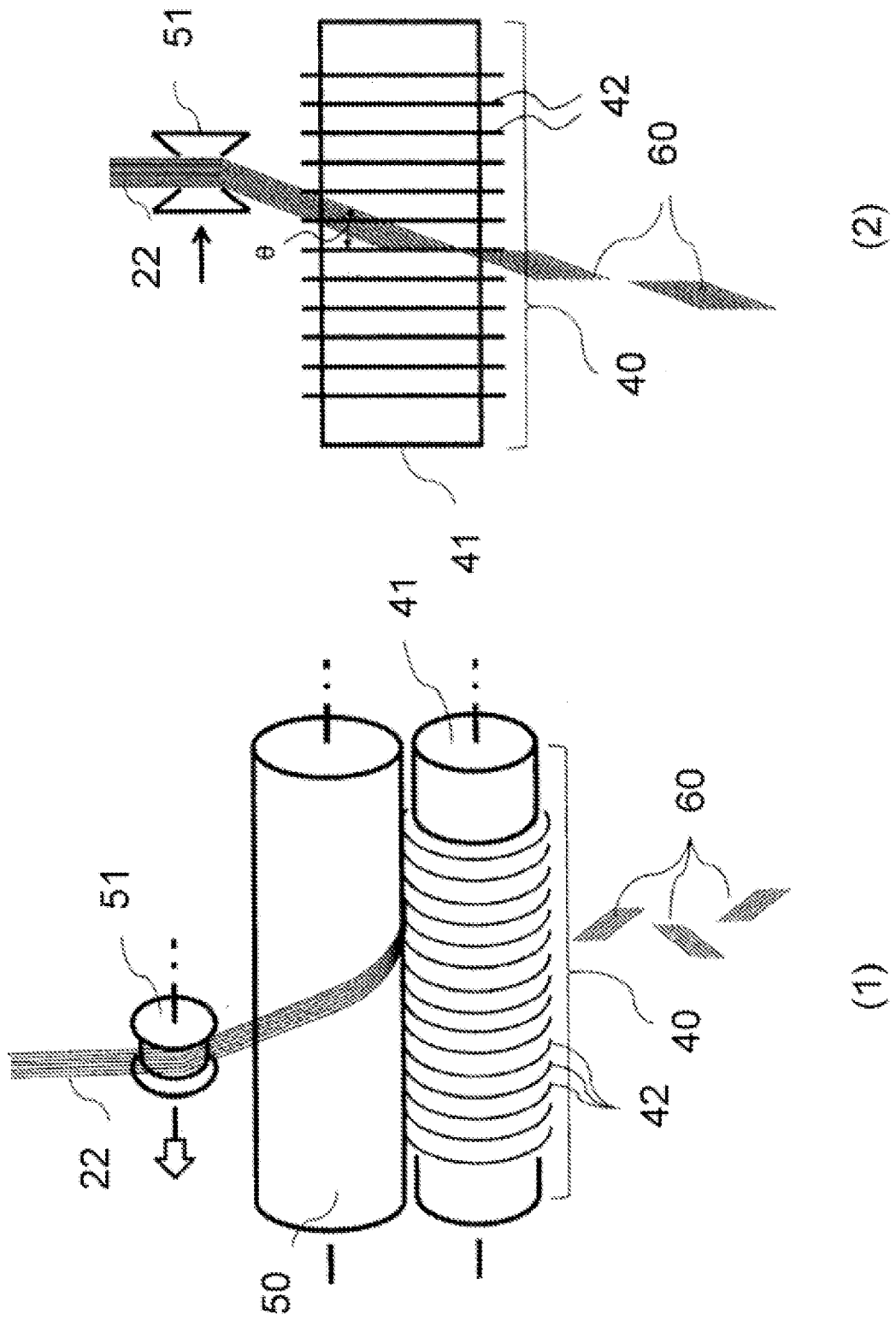
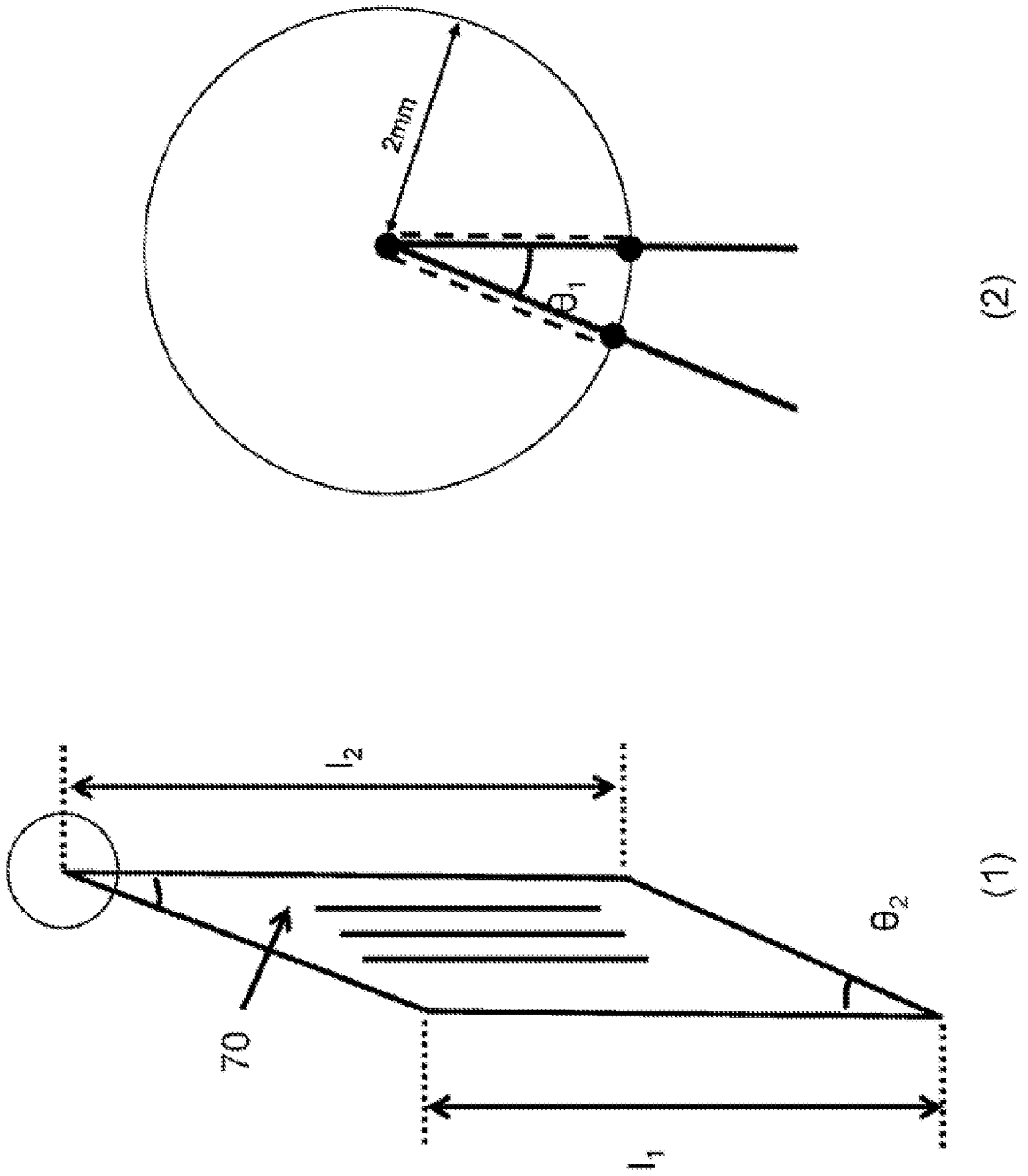


Figura 5



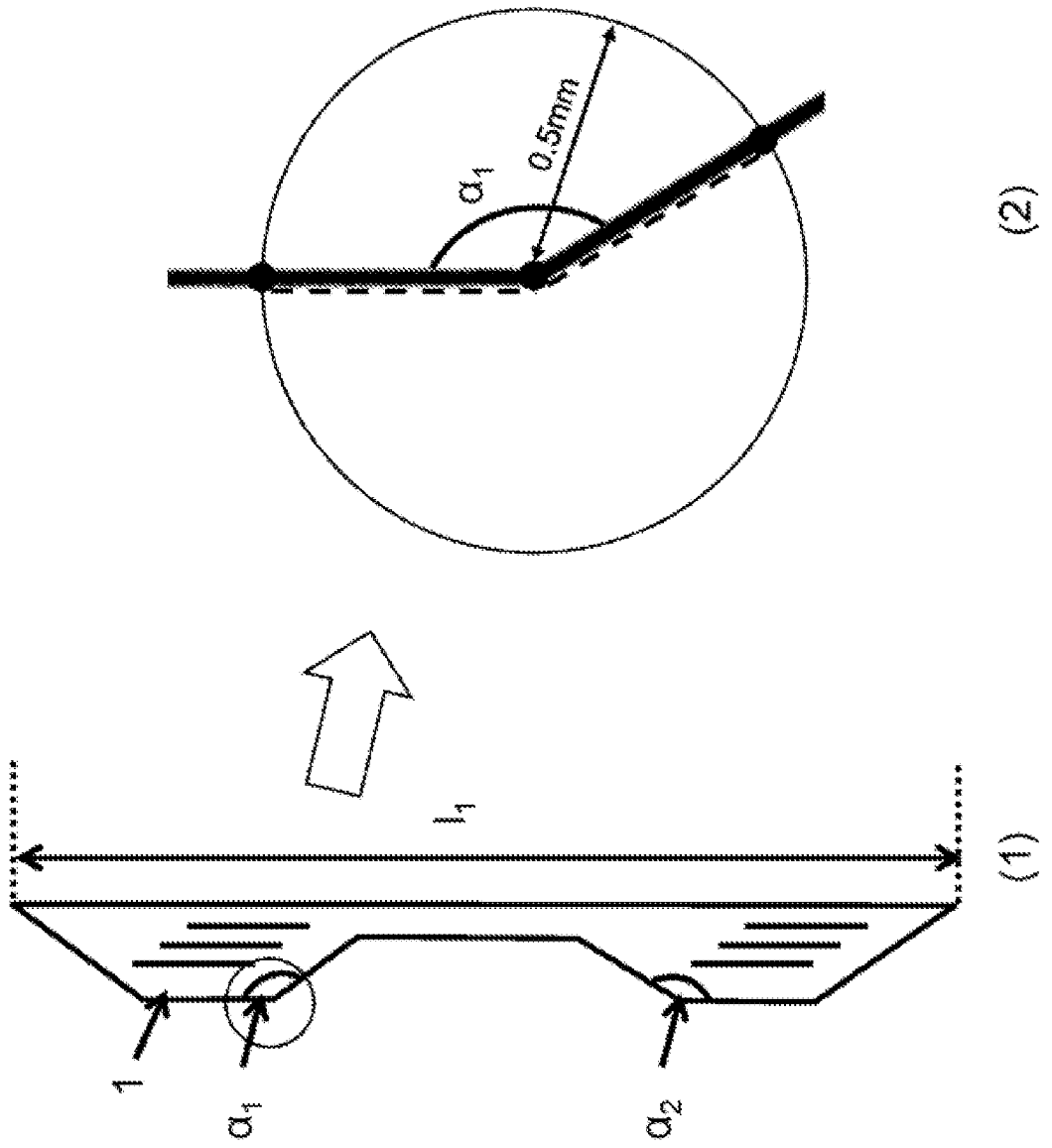


Figura 6