

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 012 109**

51 Int. Cl.:

B29B 15/12 (2006.01)

B29K 105/12 (2006.01)

D02J 1/18 (2006.01)

B29C 70/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2021 PCT/JP2021/009970**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.09.2021 WO21187346**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2021 E 21772392 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 4122666**

54 Título: **Método de fabricación de SMC**

30 Prioridad:

18.03.2020 JP 2020047206

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.04.2025

73 Titular/es:

MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION
(100.00%)

1-1, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8251, JP

72 Inventor/es:

WATANABE, YASUSHI;
SAMEJIMA, TADAO;
MIZUTORI, YUKIHIRO y
KANEHAGI, JUNJI

74 Agente/Representante:

BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 3 012 109 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 de fabricación de SMC

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método de fabricación de un SMC (compuesto de moldeo de láminas), y particularmente se refiere a métodos de fabricación de un CF-SMC que es un SMC que usa fibra de carbono (CF).

10 **Antecedentes de la técnica**

En los últimos años, el CFRP (plástico reforzado con fibra de carbono), que es un material compuesto que comprende una fibra de carbono y una resina, se ha usado ampliamente para componentes de aviones, automóviles, barcos y otros vehículos de transporte, artículos deportivos, y de ocio diversos.

15 Cierta tipo de productos CFRP se moldean a partir del CF-SMC usando un método de moldeo por compresión.

El CF-SMC es un tipo de productos preimpregnados de fibra de carbono, y tiene una estructura en la que una esterilla que comprende haces de fibras de carbono cortadas (también denominadas "estopa de fibra de carbono cortada" o "hebra de fibra de carbono cortada") está impregnada con una composición de resina termoendurecible.

El CFRP tiene mayor resistencia cuando está reforzado con un haz de fibras de carbono que tiene un número de filamentos más pequeño. Por otro lado, el haz de fibras de carbono requiere un mayor coste de fabricación al tener un número de filamentos más pequeño (tamaño de estopa más pequeño) (documento de patente 1).

25 Se propone añadir una etapa de dividir parcialmente un haz de fibras de carbono continuas desenrollado de una portabobinas de trama antes de cortar a un método de fabricación de SMC en el que las etapas se realizan de manera continua desde el cortado del haz de fibras de carbono continuas hasta la impregnación de resina de una esterilla de fibras de carbono (documento de patente 2). Se considera que el documento de patente D3 divulga un método de fabricación de SMC, que incluye una etapa de proporcionar un mecanismo 8a de pulverización (basándose en el dibujo, correspondiente a un rodillo de pasadores) directamente bajo una unidad 7 de cortador, y dispersar haces de fibras, que forma parte de la invención como en la reivindicación 1.

35 **[Lista de referencias]**

[Documentos de patentes]

[Documento de patente 1]

40 Solicitud de patente estadounidense, publicación n.º 2012/0213997

[Documento de patente 2]

45 Publicación internacional PCT n.º WO2017/221655

Documento de patente 3

Publicación internacional PCT WO 2017/221688 A1

50 **[Sumario de la Invención]**

[Problema técnico]

55 Se espera que un SMC que puede proporcionar un producto moldeado de CFRP de alta resistencia puede fabricarse a bajo coste usando una técnica de dividir parcialmente antes del uso de un haz de fibras de carbono continuas que tiene un número de filamentos grande, normalmente tal como una estopa grande.

Debido a que se requieren diversos ajustes en la etapa de dividir parcialmente el haz de fibras de carbono continuas, puede mejorarse la eficiencia total de fabricación cuando la etapa y las etapas posteriores se separan en la fabricación del SMC.

60 La presente invención se realiza en un proceso de estudios realizados por los presentes inventores, basándose en la idea descrita anteriormente, y tiene como objetivo principalmente proporcionar una mejora útil en una técnica de fabricación de CF-SMC que incluye un método de fabricación de CF-SMC en el que un haz de fibras de carbono continuas se divide parcialmente antes del uso.

En algunos casos, la presente memoria descriptiva puede divulgar explícita o implícitamente los problemas que pueden resolverse mediante cada realización de la presente invención.

[Solución al problema]

5 Un aspecto de la presente invención se refiere a métodos de fabricación de SMC tal como se define en la reivindicación independiente 1.

[Efectos ventajosos de la invención]

10 Según la presente invención, se proporciona una mejora útil en una técnica de fabricación de CF-SMC que incluye un método de fabricación de CF-SMC en el que una fibra de carbono continua se divide parcialmente antes de su uso.

[Breve descripción de los dibujos]

La figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de fabricación de paquetes de fibras.

20 La figura 2A es una vista en planta de un haz de fibras de carbono continuas inmediatamente después de dividirse parcialmente en cinco partes visto a partir de la dirección del grosor.

La figura 2B es una vista en sección del haz de fibras de carbono continuas inmediatamente después de dividirse parcialmente en cinco partes que representa una sección transversal perpendicular a la dirección de la fibra.

25 La figura 3 es un diagrama esquemático que representa una sección transversal perpendicular a la dirección de la fibra de un haz de fibras de carbono continuas enrollado en una bobina después de dividirse parcialmente en cinco partes.

30 La figura 4 es un diagrama esquemático de un aparato de fabricación de SMC.

La figura 5 es un diagrama esquemático de un cortador rotatorio.

La figura 6 es un diagrama esquemático de un aparato de procesamiento de fragmentación.

35 La figura 7 es un diagrama esquemático de un rodillo de pasadores dispuesto en el aparato de procesamiento de fragmentación.

40 La figura 8 representa una parte de un desarrollo en el plano de una superficie circunferencial de cilindro de un rodillo de pasadores.

La figura 9 es un diagrama esquemático que representa una relación posicional y similar entre dos rodillos de pasadores proporcionados en un aparato de procesamiento de fragmentación.

45 La figura 10 es un histograma que representa una distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en una esterilla de fibras de carbono.

La figura 11 es un histograma que representa una distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en una esterilla de fibras de carbono.

50 La figura 12 es un histograma que representa una distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en una esterilla de fibras de carbono.

La figura 13 es un histograma que representa una distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en una esterilla de fibras de carbono.

55 La figura 14 es una vista en planta que representa un haz de fibras de carbono continuas inmediatamente después de dividirse parcialmente en cinco partes cuando se ve a partir de la dirección del grosor.

60 La figura 15 es un histograma que representa una distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en una esterilla de fibras de carbono.

[Descripción de realizaciones]

1. Método de fabricación de SMC

65 Un SMC es un producto preimpregnado de fibras de carbono con forma de lámina que puede obtenerse

impregnando una esterilla de fibras de carbono que comprende un haz de fibras de carbono cortadas con una composición de resina termoendurecible.

5 Una realización de la presente invención es un método de fabricación de SMC que incluye las siguientes etapas (i) a (iv).

(i) Una etapa de extraer un haz de fibras de carbono continuas de un paquete, teniendo el haz de fibras continuas un número de filamentos de NK y dividido parcialmente en n subhaces de antemano.

10 (ii) Una etapa de cortar el haz de fibras de carbono continuas extraído del paquete con un cortador rotatorio para formar haces de fibras de carbono cortadas.

(iii) Una etapa de depositar los haces de fibras de carbono cortadas sobre una película portadora que se desplaza por debajo del cortador rotatorio para formar una esterilla de fibras de carbono.

15 (iv) Una etapa de impregnar la esterilla de fibras de carbono con una composición de resina termoendurecible.

En el método de fabricación de SMC de la realización, se realiza adicionalmente procesamiento de fragmentación de modo que al menos algunos de los haces de fibras de carbono cortadas antes de depositarse sobre la película portadora se fragmentan al entrar en contacto con un cuerpo rotatorio. A través del procesamiento de fragmentación, una distribución de los números de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas incluidos en la esterilla de fibras de carbono formada en la etapa (iii) anterior se vuelve diferente de cuando no se realiza el procesamiento de fragmentación.

25 Cuando sea necesario, se proporciona además una etapa de espesamiento de la composición de resina termoendurecible después de la etapa (iv).

1.1. Haz de fibras de carbono continuas

30 En el método de fabricación de SMC de la realización, se usa un paquete del haz de fibras de carbono continuas preparado de antemano. El haz de fibras de carbono continuas tiene un número de filamentos de NK y está dividido parcialmente en n subhaces.

35 NK significa $N \times 1000$. Por ejemplo, un número de filamentos de un haz de fibras de carbono que comprende 3.000 filamentos individuales es 3K, y un número de filamentos de un haz de fibras de carbono que comprende 12.000 filamentos individuales es 12K.

40 N es habitualmente 12 o más, preferiblemente 15 o más, y puede ser, pero no se limita a, 18, 24, 36, 48 ó 50, por ejemplo.

Cuando se dice que un haz de fibras de carbono continuas está dividido parcialmente en n subhaces significa, dicho de otro modo, que el haz de fibras de carbono continuas está dividido parcialmente en n partes. Cada uno de los n haces de fibras formados dividiéndolo en n partes se denomina un subhaz.

45 El paquete del haz de fibras de carbono continuas dividido parcialmente puede fabricarse usando, pero sin limitarse a un aparato de fabricación de paquetes de fibras representado en un diagrama conceptual en la figura 1.

Haciendo referencia a la figura 1, un aparato 100 de fabricación de paquetes de fibras incluye una sección 110 de distribución, una sección 120 de división, y una sección 130 de enrollamiento.

50 Un haz 10 de fibras de carbono continuas que sirve como material de partida y que tiene un número de filamentos de NK se extrae de una bobina de suministro B1.

55 El haz 10 de fibras de carbono continuas extraído de la bobina de suministro B1 antes de dividirse, en primer lugar se distribuye en la sección 110 de distribución.

Una barra 111 de distribución proporcionada en la sección 110 de distribución puede calentarse y puede hacerse moverse de manera recíproca en la dirección de la anchura del haz 10 de fibras de carbono continuas. Los mecanismos para lo mismo pueden referirse a una técnica conocida.

60 Mientras que el haz 10 de fibras de carbono continuas tiene originalmente una forma plana, aumenta adicionalmente su anchura y disminuye adicionalmente su grosor frotándose contra la barra 111 de distribución. El grosor del haz 10 de fibras de carbono continuas después de pasar a través de la sección 110 de distribución no está limitado, pero puede ser normalmente de 0,05 a 0,2 mm.

65 Puede omitirse la sección 110 de distribución, cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas es suficientemente

ES 3 012 109 T3

plano en una etapa cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se suministra desde la bobina de suministro B1. Por ejemplo, puede decirse que un haz de fibras de carbono que tiene una anchura de haz de 50 veces o más que un grosor promedio es suficientemente plano.

5 A continuación, el haz 10 de fibras de carbono continuas se alimenta a la sección 120 de división y se divide parcialmente en la misma.

10 La sección 120 de división está dotada de una cuchilla 121 rotatoria para formar una hendidura en el haz 10 de fibras de carbono continuas y una pluralidad de rodillos 123 estiradores para controlar la velocidad de desplazamiento del haz 10 de fibras de carbono continuas.

15 El eje de rotación de la cuchilla 121 rotatoria es paralelo a la dirección de la anchura del haz 10 de fibras de carbono continuas que se desplaza a lo largo de la dirección de la fibra. Una pluralidad de partes 122 de cuchilla se proporcionan en un intervalo regular en la dirección circunferencial en una circunferencia exterior de la cuchilla 121 rotatoria de modo que se forman de manera intermitente hendiduras que tienen una longitud constante en un intervalo regular a lo largo de la dirección de la fibra del haz 10 de fibras de carbono continuas. La longitud de hendidura y la longitud de hueco entre las hendiduras pueden controlarse ajustando la velocidad de desplazamiento del haz 10 de fibras de carbono continuas, la velocidad circunferencial de la cuchilla 121 rotatoria, y/o un intervalo entre las porciones 122 de cuchilla.

20 El haz 10 de fibras de carbono continuas se divide parcialmente en n partes debido a la formación intermitente de hendiduras a lo largo de la dirección de la fibra entre el número (n-1) de las cuchillas 121 rotatorias alineadas en una dirección paralela a la dirección de la anchura del haz 10 de fibras de carbono continuas en desplazamiento.

25 El número n no está limitado a, pero es preferiblemente de 3 o más y más preferiblemente 5 o más y puede ser de 10 o más.

30 Como ejemplo, las figuras 2A y 2B representan el haz 10 de fibras de carbono continuas inmediatamente después de que las hendiduras que se extienden en la dirección de la fibra se forman de manera intermitente mediante cuatro cuchillas 121 rotatorias.

35 Por conveniencia, cuando en el haz 10 de fibras de carbono continuas, la dirección de la fibra (dirección longitudinal) se define como la dirección x, la dirección de la anchura se define como la dirección y, y la dirección del grosor se define como la dirección z, la figura 2A es una vista en planta cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se observa desde la dirección z y la figura 2B representa una sección transversal del haz 10 de fibras de carbono continuas perpendicular a la dirección x (sección transversal cuando se corta en un plano yz).

40 Tal como se representa en la figura 2A, en el haz 10 de fibras de carbono continuas, se forman cuatro filas de hendiduras incluyendo una primera fila de hendiduras A_{S1} , una segunda fila de hendiduras A_{S2} , una tercera fila de hendiduras A_{S3} , y una cuarta fila de hendiduras A_{S4} .

La primera fila de hendiduras A_{S1} comprende una pluralidad de primeras hendiduras S1 alineadas en la dirección x.

45 La segunda fila de hendiduras A_{S2} comprende una pluralidad de segundas hendiduras S2 alineadas en la dirección x.

La tercera fila de hendiduras A_{S3} comprende una pluralidad de terceras hendiduras S3 alineadas en la dirección x.

50 La cuarta fila de hendiduras A_{S4} comprende una pluralidad de cuartas hendiduras S4 alineadas en la dirección x.

Las cuatro filas de hendiduras se forman mediante diferentes cuchillas rotatorias y, por tanto, son diferentes entre sí en las posiciones en la dirección y.

55 La longitud de hendidura L_S y la longitud de hueco entre hendiduras L_G son constantes en cualquiera de las filas de hendiduras, y son comunes también entre diferentes filas de hendiduras.

60 La razón $L_S/(L_S+L_G)$ de la longitud de hendidura L_S con respecto a la suma de la longitud de hendidura L_S y la longitud de hueco entre hendiduras L_G es habitualmente del 90 % o mayor y preferiblemente del 95 % o mayor y puede ser del 99 % por ejemplo. Por tanto, tal como se representa en la figura 2B, el haz 10 de fibras de carbono continuas se divide en cinco subhaces 11 en la mayoría de las partes.

65 Las posiciones de la primera fila de hendiduras A_{S1} , la segunda fila de hendiduras A_{S2} , la tercera fila de hendiduras A_{S3} , y la cuarta fila de hendiduras A_{S4} en la dirección y se ajustan de modo que las anchuras de los cinco subhaces 11 sean aproximadamente iguales. Por ejemplo, cuando el número de filamentos del haz 10 de fibras de carbono continuas es de 15K, el número de filamentos de cada uno de los subhaces 11 es de $3K \pm 0,5K$.

ES 3 012 109 T3

La longitud de hendidura L_S no está limitada, pero preferiblemente es más larga de 25 mm, más preferiblemente más de 50 mm, y mucho más preferiblemente más de 500 mm. La longitud de hendidura L_S puede ser 10 veces o más, además 20 veces o más, y además 30 veces o más la longitud de corte cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se corta para fabricar un SMC.

Por ejemplo, la longitud de hendidura L_S puede ser más larga de 25 mm y 50 mm o más corta, más larga de 50 mm y 100 mm o más corta, más larga de 100 mm y 200 mm o más corta, más larga de 200 mm y 500 mm o más corta, más larga de 500 mm y 1000 mm o más corta, más larga de 1000 mm y 1500 mm o más corta, más larga de 1500 mm y 2000 mm o más corta, y más larga de 2000 mm y 3000 mm o más corta.

La longitud de hueco entre hendiduras L_G no está limitada a, pero es, por ejemplo, de 5 a 10 mm y puede ser de menos de 5 mm.

En un ejemplo representado en la figura 2A, las posiciones de los huecos entre hendiduras G_S se desplazan en la dirección x entre la primera fila de hendiduras A_{S1} y la segunda fila de hendiduras A_{S2} . Lo mismo aplica a entre la segunda fila de hendiduras A_{S2} y la tercera fila de hendiduras A_{S3} , y entre la tercera fila de hendiduras A_{S3} y la cuarta fila de hendiduras A_{S4} .

Una configuración de este tipo con un desplazamiento en las posiciones de los huecos entre hendiduras G_S en la dirección x entre las filas de hendiduras adyacentes no es esencial. En un ejemplo, las posiciones de los huecos entre hendiduras G_S pueden alinearse entre todas las filas de hendiduras tal como se representa en la figura 14. En otro ejemplo, las posiciones de los huecos entre hendiduras G_S pueden alinearse entre algunas de las filas de hendiduras y desplazarse en la dirección x entre algunas de las otras filas de hendiduras.

La longitud de hendidura L_S , la longitud de hueco entre hendiduras L_G , la razón $L_S/(L_S+L_G)$ de la longitud de hendidura L_S con respecto a la suma de la longitud de hendidura L_S y la longitud de hueco entre hendiduras L_G , y la posición del hueco entre hendiduras G_S tal como se describió anteriormente no se limitan a un caso en el que el haz 10 de fibras de carbono continuas se divide parcialmente en los cinco subhaces, y lo mismo aplica a un caso en el que el haz 10 de fibras de carbono continuas se divide parcialmente en cuatro subhaces o menos o seis subhaces o más.

Independientemente del número n , el número de filamentos del subhaz formado dividiendo el haz 10 de fibras de carbono continuas es preferiblemente de 5K o menos, más preferiblemente 4K o menos, y mucho más preferiblemente 3K o menos.

Independientemente del número n , el número de filamentos del subhaz formado dividiendo el haz 10 de fibras de carbono continuas es preferiblemente de más de 0,5K y más preferiblemente 1K o más. Cuando el número de filamentos es de más de 0,5K, es probable que se mantenga la rectitud del haz de fibras de carbono, y el efecto de refuerzo tiende a ser relativamente alto.

Los límites superiores y los límites inferiores mencionados anteriormente pueden combinarse de manera arbitraria. Por ejemplo, independientemente del número n , el número de filamentos del subhaz formado dividiendo el haz 10 de fibras de carbono continuas es preferiblemente de 0,5K a 5K, más preferiblemente de 0,5K a 4K y mucho más preferiblemente de 1K a 3K.

Haciendo referencia a la figura 1 de nuevo, el haz 10 de fibras de carbono continuas dividido parcialmente en n partes en la sección 120 de división se alimenta a la sección 130 de enrollamiento, y se enrolla en una bobina de enrollamiento B2, completando de ese modo el paquete.

Por ejemplo, la bobina de enrollamiento B2 es un tubo de papel, pero no se limita al mismo. Cuando se usa el paquete, puede sacarse la bobina de enrollamiento B2, y el haz de fibras de carbono continuas puede desenrollarse mediante desenrollamiento interno.

El haz 10 de fibras de carbono continuas se enrolla de modo que no hay ningún hueco entre los subhaces 11. El motivo es para impedir que los subhaces 11 penetren entre sí entre una parte enrollada previamente en la bobina B2 y una parte enrollada posteriormente de modo que se superpone a la parte enrollada previamente. Al enrollar de modo que no haya ningún hueco entre los subhaces 11, puede impedirse que el haz 10 de fibras de carbono continuas se enrede o se corte de un subhaz durante el desenrollamiento mediante un desenrollamiento externo o desenrollamiento interno.

Para enrollar el haz 10 de fibras de carbono continuas en la bobina de modo que no haya ningún hueco entre los subhaces 11, la anchura total W del haz 10 de fibras de carbono continuas puede hacerse más estrecha que la suma de las anchuras de los subhaces W_s tal como se representa en la figura 3.

La figura 3 es una vista en sección cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se corta perpendicular a la dirección de la fibra, mostrando que los cinco subhaces 11 están dispuestos uno junto a otro sin ningún hueco en la

dirección y. Es decir, no hay ninguna parte en la que los subhaces 11 adyacentes estén alejados unos de otros, y cada uno de los subhaces 11 se superpone al subhaz 11 inmediatamente adyacente en una porción de borde.

5 La anchura del haz de fibras de carbono puede reducirse guiando el haz de fibras de carbono con una guía que tiene una anchura más estrecha que la del haz de fibras de carbono. Por tanto, para enrollar el haz 10 de fibras de carbono continuas en la bobina B2 en un estado en el que la anchura total W es más estrecha que la suma total de las anchuras de los subhaces W_s , por ejemplo, puede usarse un rodillo ranurado que tiene una anchura de ranura más estrecha que la suma total de las anchuras de los subhaces en el guiado del haz de fibras de carbono continuas después de dividirse parcialmente en la bobina de enrollamiento. Alternativamente, la anchura de la guía del haz de
10 fibras de un dispositivo transversal puede ser más estrecho que la suma total de las anchuras de los subhaces.

15 Cuando la anchura total del haz de fibras de carbono continuas se estrecha mediante el método descrito anteriormente, no sólo los subhaces pueden superponerse entre sí, sino también algunos subhaces pueden plegarse en la dirección de la anchura. Por tanto, la manera de superponer los subhaces en el haz de fibras de carbono continuas enrollado en la bobina de enrollamiento no está limitada a la manera representada en la figura 3 y pueden ser diversas.

20 Para asegurar que no hay ningún hueco entre los subhaces, la anchura total de los haces 10 de fibras de carbono continuas cuando se enrollan en la bobina de enrollamiento es preferiblemente del 90 % o menos, más preferiblemente el 80 % o menos de la suma total de las anchuras de los subhaces.

25 La anchura total del haz de fibras de carbono continuas cuando se enrolla en la bobina de enrollamiento no se estrecha preferiblemente, pero sin limitación, hasta que la anchura total sea igual a la anchura del subhaz. En particular, en un caso en el que el número n de subhaces es grande, cuando la anchura total es excesivamente pequeña, es probable que se produzca el colapso del enrollamiento.

Un dispositivo transversal (no representado) se instala habitualmente en la sección 130 de enrollamiento.

30 Cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se enrolla transversalmente en la bobina de enrollamiento B2, aunque no limitativo, el ángulo de ataque al comienzo del enrollamiento puede establecerse en, por ejemplo, de 5° a 30° y el ángulo de ataque al final del enrollamiento puede establecerse en, por ejemplo, de 2° a 17°.

35 La razón de enrollamiento representa los tiempos de rotación de la bobina durante un viaje de ida y vuelta de una guía transversal y, dicho de otro modo, la razón de enrollamiento puede parafrasearse como el número de vueltas por un ciclo transversal. Cuando un hilo se enrolla en una bobina con una razón de enrollamiento constante, cuando la razón de enrollamiento es un número entero, el hilo se enrolla en la misma posición de la bobina en todos los ciclos transversales, provocando de ese modo un denominado enrollamiento de cinta y una posible propiedad de desenrollamiento deficiente.

40 Cuando la fracción de la razón de enrollamiento después de la coma decimal es un múltiplo de $1/p$ (p es un número entero de 2 o más), el hilo se enrolla en la misma posición de la bobina cada ciclo transversal p , provocando de ese modo una posible propiedad de desenrollamiento deficiente particularmente cuando p es pequeño, como en un caso en el que la razón de enrollamiento es un número entero.

45 Por tanto, cuando el haz 10 de fibras de carbono continuas se enrolla en la bobina de enrollamiento B2, la razón de enrollamiento habitualmente no es un número entero, y además es preferible que la fracción de la razón de enrollamiento después de la coma decimal sea un múltiplo de ninguno de $1/2$, $1/3$, $1/4$ y $1/5$.

50 1.2. Aparato de fabricación de SMC

La figura 4 representa un diagrama conceptual de un aparato de fabricación de SMC que puede usarse preferiblemente en un método de fabricación de SMC de la realización.

55 Haciendo referencia a la figura 4, un aparato 200 de fabricación de SMC incluye una primera sección 210 de aplicación de resina, una segunda sección 220 de aplicación de resina, una sección 230 de corte, una sección 240 de deposición, y una sección 250 de impregnación. Un aparato 260 de procesamiento de fragmentación se dispone entre la sección 230 de corte y la sección 240 de deposición.

60 La primera sección 210 de aplicación de resina está dotada de un primer aplicador 211 que incluye una rasqueta para formar una primera capa 51 de resina que comprende una composición 50 de resina termoendurecible sobre una primera película 41 portadora extraída de un rollo.

65 La segunda sección 220 de aplicación de resina está dotada de un segundo aplicador 212 que incluye una rasqueta para formar una segunda capa 52 de resina que comprende la misma composición 50 de resina termoendurecible sobre una segunda película 42 portadora extraída de un rollo.

ES 3 012 109 T3

La sección 230 de corte está dotada de un cortador 231 rotatorio para cortar un haz 10 de fibras de carbono continuas extraído de un paquete (puede retirarse la bobina).

5 Tal como se representa en la figura 5, el cortador 231 rotatorio incluye un rodillo 232 guía, un rodillo 233 de presión, y un rodillo 234 cortador. Una pluralidad de cuchillas 235 están dispuestas en la circunferencia exterior del rodillo 234 cortador en un intervalo regular en la dirección circunferencial, y pueden cortarse haces 20 de fibras de carbono cortadas que tienen una longitud de fibra constante uno detrás de otro del haz 10 de fibras de carbono continuas.

10 Habitualmente, una pluralidad de los haces 10 de fibras de carbono continuas están alineados para ser paralelos entre sí en un plano paralelo a la dirección del eje de rotación del cortador 231 rotatorio y se suministran al cortador 231 rotatorio al mismo tiempo.

15 La dirección del eje de rotación del cortador 231 rotatorio es la dirección del eje de rotación de un componente principal del cortador 231 rotatorio, es decir, la dirección del eje de rotación del rodillo 234 cortador. Las direcciones de los ejes de rotación del rodillo 232 guía y el rodillo 233 de presión son también iguales que la dirección del eje de rotación del rodillo 234 cortador.

20 La sección 240 de deposición está dispuesta por debajo de la sección 230 de corte. La primera película 41 portadora se transporta desde la primera sección 210 de aplicación de resina hasta la sección 250 de impregnación a través de la sección 240 de deposición. Cuando la primera película 41 portadora se desplaza en la sección 240 de deposición, se caen los haces 20 de fibras de carbono cortadas producidos en la sección 230 de corte y se depositan sobre la primera capa 51 de resina formada sobre una superficie de la primera película 41 portadora, de modo que se forma una esterilla 30 de fibras de carbono.

25 Un mecanismo para acercar de manera gradual la primera película 41 portadora y la segunda película 42 portadora entre sí se dispone en una parte aguas arriba de la sección 250 de impregnación. Una máquina 251 de impregnación está dispuesta en una parte principal de la sección 250 de impregnación. Para que un material laminado en el que se intercalan la esterilla 30 de fibras de carbono y la composición 50 de resina termoendurecible entre la primera película 41 portadora y la segunda película 42 portadora se transporte intercalándose por encima y por debajo con dos cintas transportadoras, la máquina 251 de impregnación incluye dos transportadores de cinta ubicados por encima y por debajo, e incluye rodillos para presurizar el material laminado intercalándolo junto con las cintas transportadoras.

35 Tal como se representa en la figura 6, el aparato 260 de procesamiento de fragmentación dispuesto entre la sección 230 de corte y la sección 240 de deposición incluye una cubierta 261, y placas 262 de guía y un par de rodillos de pasadores (primer rodillo 263a de pasadores y segundo rodillo 263b de pasadores) que están dispuestos en el interior de la cubierta. El primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores están ubicados por debajo de las placas guía, tienen sustancialmente la misma longitud axial, y tienen los ejes de rotación paralelos entre sí.

40 En el aparato 200 de fabricación de SMC, el aparato 260 de procesamiento de fragmentación está dispuesto de modo que los ejes de rotación del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores son paralelos a la dirección del eje de rotación del cortador 231 rotatorio. La posición del aparato 260 de procesamiento de fragmentación es preferiblemente justo por debajo del cortador 231 rotatorio.

45 Haciendo referencia a la figura 7, el primer rodillo 263a de pasadores tiene un cilindro 264a, y una pluralidad de pasadores 265a que tienen las mismas formas y las mismas dimensiones están dispuestos sobre la superficie del mismo. Tanto el cilindro 264a como el pasador 265a son cuerpos rígidos, y están formados por metal, por ejemplo.

50 El diámetro del cilindro 264a no está limitado, pero puede ser de 60 mm a 150 mm, por ejemplo.

55 Los pasadores 265a se extienden para ser perpendiculares al eje de rotación del primer rodillo 263a de pasadores. Aunque no está limitada, el pasador 265a tiene forma de columna, por ejemplo. El límite entre una superficie de extremo y una superficie circunferencial exterior puede estar en chaflán en el pasador 265a.

El diámetro del pasador 265a no está limitado, pero puede ser, por ejemplo, de 1 mm a 5 mm.

60 La longitud del pasador 265a, es decir, la distancia desde la punta hasta la raíz del pasador no está limitada, pero puede ser de 10 mm a 50 mm, por ejemplo.

Es preferible que el pasador 265a tenga una sección transversal circular para impedir la formación de copos del haz 20 de fibras de carbono cortadas procesado mediante el aparato 260 de procesamiento de fragmentación. El pasador 265a puede tener forma de cono o de cono truncado cuyo diámetro disminuye hacia la punta.

65 Es preferible que la disposición del pasador 265a sobre la superficie circunferencial se superponga a la disposición original cuando se desplaza en de 5 mm a 20 mm en la dirección axial y de 4 mm a 30 mm en la dirección

circunferencial.

5 Por ejemplo, en el caso del cilindro 264a representado en la figura 7, cuando la superficie circunferencial está desarrollada en el plano, el pasador 265a está dispuesto en cada vértice de un teselamiento de triángulos equiláteros (indicados por una línea discontinua) de modo que un lado es paralelo a la dirección axial, tal como se representa en la figura 8. Por ejemplo, cuando la longitud de un lado del triángulo equilátero es de 5 mm, la disposición del pasador 265a representado en la figura 8 se superpone a la disposición original cuando se desplaza en 2,5 mm en la dirección axial y aproximadamente 4,3 mm en la dirección circunferencial.

10 En esta memoria descriptiva, el radio máximo del rodillo de pasadores se define como la distancia desde el eje de rotación hasta la punta del pasador. En el primer rodillo 263a de pasadores, el radio del cilindro 264a es preferiblemente la mitad o más del radio máximo del primer rodillo 263a de pasadores, y es más preferiblemente el 75 % o más. El motivo es que a medida que aumenta la razón del radio del cilindro con respecto al radio máximo del rodillo de pasadores, disminuye la diferencia entre la velocidad circunferencial en la punta del pasador y la velocidad circunferencial en la raíz del pasador cuando se hace rotar el rodillo de pasadores.

15 Todo ello con respecto al primer rodillo 263a de pasadores descrito anteriormente, también se aplica al segundo rodillo 263b de pasadores.

20 Aunque no está limitado, para reducir los costes de diseño, fabricación y mantenimiento del aparato 260 de procesamiento de fragmentación, es preferible que en tantos puntos como sea posible, incluyendo el radio máximo, el diámetro del cilindro y la forma, la dimensión, el número y la disposición de los pasadores, los diseños y especificaciones del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores coincidan entre sí.

25 Haciendo referencia a la figura 9, en el aparato 260 de procesamiento de fragmentación, la suma del radio máximo r_{M1} del primer rodillo 263a de pasadores y el radio máximo r_{M2} del segundo rodillo 263b de pasadores es mayor que la distancia d_{12} entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores.

30 La suma del radio máximo r_{M1} del primer rodillo 263a de pasadores y el radio r_{C2} del cilindro 264b del segundo rodillo de pasadores es más pequeña que la distancia d_{12} entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores. De manera similar, la suma del radio máximo r_{M2} del segundo rodillo 263b de pasadores y el radio r_{C1} del cilindro 264a del primer rodillo de pasadores también es más pequeña que la distancia d_{12} entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores.

35 La diferencia $\{(r_{M1} + r_{M2}) - d_{12}\}$ entre la suma del radio máximo r_{M1} del primer rodillo 263a de pasadores y el radio máximo r_{M2} del segundo rodillo 263b de pasadores y la distancia d_{12} entre los ejes de rotación no está limitado, pero puede ser de 20 mm o menos, 15 mm o menos, 10 mm o menos, o 5 mm o menos.

40 El primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores están accionados de manera rotatoria mediante un mecanismo de accionamiento (no representado). Las velocidades de rotación del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores pueden controlarse de manera independiente.

45 Los sentidos de rotación del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores son tal como se indican por las flechas en la figura 6. Es decir, el primer rodillo 263a rota de modo que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en un lado orientado hacia el segundo rodillo 263b de pasadores, y el segundo rodillo 263b de pasadores rota de modo que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en su lado orientado hacia el primer rodillo 263a de pasadores.

50 Hacer rotar tanto el primer rodillo 263a de pasadores como el segundo rodillo 263b de pasadores de tal manera es ventajoso para impedir que el haz 20 de fibras de carbono cortadas se obstruya entre los dos rodillos de pasadores.

55 Sustancialmente todos los haces 20 de fibras de carbono cortadas producidos en la sección 230 de corte se hacen caer a la sección de deposición entre el cilindro 264a del primer rodillo 263a de pasadores y el cilindro 264b del segundo rodillo 263b de pasadores. Dado que es menos probable que se produzca una diferencia en las posiciones de caída de los haces 20 de fibras de carbono cortadas dependiendo de los tamaños de haz, incluso cuando la distribución de los tamaños de haz de los haces 20 de fibras de carbono cortadas es amplia, existe la ventaja de que es probable que la esterilla 30 de fibras de carbono sea uniforme en la dirección del espesor.

60 En una realización modificada, en el aparato 260 de procesamiento de fragmentación, la suma del radio máximo r_{M1} del primer rodillo 263a de pasadores y el radio máximo r_{M2} del segundo rodillo 263b de pasadores puede ser igual a la distancia d_{12} entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores.

65 En otra realización modificada, en el aparato 260 de procesamiento de fragmentación, la suma del radio máximo r_{M1} del primer rodillo 263a de pasadores y el radio máximo r_{M2} del segundo rodillo 263b de pasadores puede ser ligeramente más pequeña que la distancia d_{12} entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores, y en ese caso, la diferencia $\{d_{12} - (r_{M1} + r_{M2})\}$ entre ellos es preferiblemente de 10 mm o menos, y es más preferiblemente de

5 mm o menos.

1.3. Método de fabricación de SMC

- 5 Se describirá un método de fabricación de SMC de la realización usando, como ejemplo, un caso en el que se usa el aparato 200 de fabricación de SMC descrito en el punto 1.2 anterior.

(Etapa de extracción)

- 10 En una etapa de extracción, un haz de fibras de carbono continuas se extrae de un paquete del haz de fibras de carbono continuas preparado de antemano. El haz de fibras de carbono continuas tiene un número de filamentos de NK y está dividido parcialmente en n subhaces de antemano.

- 15 En esta etapa, el haz de fibras de carbono continuas puede extraerse mediante desenrollamiento externo de un paquete de bobina colocado en un portabobinas de trama, o el haz de fibras de carbono continuas puede extraerse mediante desenrollamiento interno de un paquete del que se retira una bobina.

- 20 Tal como se describió anteriormente, cuando se fabrica el paquete, el haz de fibras de carbono continuas se enrolla en la bobina en un estado en el que los subhaces adyacentes se superponen entre sí. Por tanto, el haz de fibras de carbono continuas extraído del paquete incluye una parte en la que los subhaces están parcialmente superpuestos y pegados entre sí.

(Etapa de corte)

- 25 En una etapa de corte, el haz 10 de fibras de carbono continuas extraído se suministra a la sección 230 de corte y se corta uno detrás de otro mediante el cortador 231 rotatorio, produciendo de ese modo los haces 20 de fibras de carbono cortadas que tienen una longitud de fibra predeterminada. Los haces 20 de fibras de carbono cortadas producidos caen hacia el aparato 260 de procesamiento de fragmentación colocado debajo del cortador 231 rotatorio.

- 30 La longitud de fibra del haz 20 de fibras de carbono cortadas no está limitada, pero puede ser de 5 a 100 mm, preferiblemente de 20 a 60 mm, y puede ser normalmente de aproximadamente 13 mm, de aproximadamente 25 mm, o aproximadamente 50 mm, por ejemplo.

- 35 (Etapa de procesamiento de fragmentación)

- 40 Tal como se describió anteriormente, el haz de fibras de carbono continuas extraído del paquete incluye una parte en la que los subhaces están parcialmente superpuestos y pegados entre sí. Los haces de fibras de carbono cortadas producidos en la etapa de corte incluyen en cierta medida un haz de fibras que tiene un número de filamentos de más de $\{(N/n)+0,5\}K$, que se genera cortando tal parte del haz de fibras de carbono continuas. La etapa de procesamiento de fragmentación tiene como objetivo mejorar la distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono formada en la etapa de deposición (que va a describirse más adelante) mediante fragmentación de tal haz de fibras con el aparato de procesamiento de fragmentación.

- 45 En el aparato 260 de procesamiento de fragmentación, al menos algunos de los haces 20 de fibras de carbono cortadas que caen desde el cortador 231 rotatorio entran en contacto con al menos uno del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores y se dividen en una pluralidad de fragmentos por un impacto.

- 50 El procesamiento de fragmentación no está destinado a la desfibración. Es decir, el procesamiento de fragmentación no es para deshacer el haz de fibras de carbono cortadas para dar filamentos de fibras individuales o un estado cercano a filamentos de fibras individuales. En un ejemplo preferido, la velocidad circunferencial en la punta del pasador de cada uno del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores se establece de modo que el procesamiento de fragmentación no genera un haz de fibras que tiene un número de filamentos de $0,5K$ o menos y un filamento de fibra individual, o incluso cuando se genera, de modo que el contenido de los mismos en la fibra de carbono depositada sobre la primera película 41 portadora es menor del 1 % en peso.

- 60 Uno de los motivos por los que los sentidos de rotación del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores se establecen de tal manera que los pasadores se muevan hacia abajo desde arriba en el lado orientado hacia el otro rodillo de pasadores es para impedir que se aplique una intensa fuerza de cizallamiento a los haces 20 de fibras de carbono cortadas que pasan entre los dos rodillos de pasadores. Es concebible que la intensa fuerza de cizallamiento provoque pelusas o deterioro de la rectitud de los haces de fibras de carbono.

- 65 Para lograr este objeto de manera más efectiva, es preferible que las velocidades de rotación (rpm) del primer rodillo 263a de pasadores y el segundo rodillo 263b de pasadores se establezcan de tal manera que la velocidad circunferencial en la punta del pasador 265a del primero y la velocidad circunferencial en la punta del pasador 265b

del último sean iguales entre sí.

(Etapa de aplicación de resina)

5 En una etapa de aplicación de resina, la primera capa 51 de resina que comprende la composición 50 de resina termoendurecible se forma sobre la primera película 41 portadora extraída de un rollo usando el primer aplicador 211, y la segunda capa 52 de resina que comprende la misma composición 50 de resina termoendurecible se forma sobre la segunda película 42 portadora extraída de otro rollo usando el segundo aplicador 212.

10 La composición 50 de resina termoendurecible es una pasta fluida que contiene una resina termoendurecible como componente principal y en la que se mezclan un espesante y un agente de curado, y si es necesario, se mezclan aditivos tales como un diluyente reactivo, un agente de baja contracción, una carga, y un retardante de la llama.

15 Ejemplos típicos de la resina termoendurecible son una resina epoxídica, una resina de éster vinílico, una resina de poliéster insaturada, una resina de poliimida, una resina de maleimida y una resina de fenol, y pueden mezclarse y usarse dos o más tipos seleccionados de estas resinas.

20 Las resinas termoendurecibles preferidas son la resina epoxídica, la resina de éster vinílico, y la resina de poliéster insaturada en vista de la excelente adhesividad a la fibra de carbono.

Con respecto a una formulación específica de la composición de resina termoendurecible, puede usarse de manera apropiada la técnica relacionada.

(Etapa de deposición)

25 En una etapa de deposición, los haces 20 de fibras de carbono cortadas procesados mediante el aparato 260 de procesamiento de fragmentación caen sobre la primera película 41 portadora transportada por debajo del aparato 260 de procesamiento de fragmentación. Los haces 20 de fibras de carbono cortadas caídos se depositan sobre la primera capa 51 de resina formada sobre una superficie de la primera película 41 portadora, formando de ese modo la esterilla 30 de fibras de carbono.

(Etapa de impregnación)

35 De camino a la máquina 251 de impregnación, la primera película 41 portadora cargada con la esterilla 30 de fibras de carbono depositada sobre la primera capa 51 de resina se lamina con la segunda película 42 portadora con el lado que tiene la segunda capa 52 de resina formada sobre el mismo orientada hacia abajo.

40 La esterilla 30 de fibras de carbono se impregna con la composición 50 de resina termoendurecible presurizando el material laminado formado mediante la laminación con la máquina 251 de impregnación.

45 Después de completarse la etapa de impregnación, la esterilla 30 de fibras de carbono impregnada se enrolla en una bobina mientras que se intercala entre la primera película 41 portadora y la segunda película 42 portadora y se convierte en un producto de SMC a través de una etapa de envejecimiento que va a realizarse cuando sea necesario. En la etapa de envejecimiento, la composición 50 de resina termoendurecible se vuelve muy viscosa por la acción del espesante añadido y se lleva a un estado semicurado.

1.4. Método de fabricación de SMC según la realización modificada

50 Según el método de fabricación de SMC descrito en el punto 1.3, se usa como materia prima el haz de fibras de carbono continuas que tiene un número de filamentos de NK y parcialmente dividido en n subhaces. En el método de fabricación de SMC según una realización modificada, puede usarse como materia prima un haz de fibras de carbono continuas que no se ha procesado para dividirlo parcialmente.

55 Por tanto, el método de fabricación de SMC a continuación también se incluye en la realización de la presente invención.

[36] Un método de fabricación de SMC, que comprende:

60 formar haces de fibras de carbono cortadas mediante corte de un haz de fibras de carbono continuas con un cortador rotatorio;

formar una esterilla de fibras de carbono depositando haces de fibras de carbono cortadas sobre una película portadora que se desplaza por debajo del cortador rotatorio; e

65 impregnar la esterilla de fibras de carbono con una composición de resina termoendurecible,

en el que se realiza un procesamiento de fragmentación usando un aparato de procesamiento de fragmentación (A) por debajo en los haces de fibras de carbono cortadas antes de depositarse sobre la película portadora,

5 el aparato de procesamiento de fragmentación (A) comprende un primer rodillo de pasadores y un segundo rodillo de pasadores, cada uno de los cuales tiene un eje de rotación paralelo a una dirección del eje de rotación del cortador rotatorio, y el primer rodillo de pasadores se acciona de manera rotatoria de tal manera que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en su lado orientado hacia el segundo rodillo de pasadores, y el segundo rodillo de pasadores se acciona de manera rotatoria de tal manera que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en su lado orientado hacia el primer rodillo de pasadores.

10 [37] El método de fabricación según el punto [36],

en el que la suma del radio máximo del primer rodillo de pasadores y el radio máximo del segundo rodillo de pasadores es igual a o mayor que la distancia entre los ejes de rotación del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores.

15 [38] El método de fabricación según el punto [37],

20 en el que la suma del radio máximo del primer rodillo de pasadores y el radio máximo del segundo rodillo de pasadores es mayor que la distancia entre los ejes de rotación del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores.

[39] El método de fabricación según el punto [36],

25 en el que la suma del radio máximo del primer rodillo de pasadores y el radio máximo del segundo rodillo de pasadores es menor que la distancia entre los ejes de rotación del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores, y la diferencia entre los mismos es de 10 mm o menos.

30 [40] El método de fabricación según uno cualquiera de los puntos [36] a [39],

en el que en cada uno del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores, el radio de un cilindro es igual a o mayor que la mitad del radio máximo.

35 [41] El método de fabricación según uno cualquiera de los puntos [36] a [40],

en el que la velocidad circunferencial en la punta del pasador del primer rodillo de pasadores es igual a la velocidad circunferencial en la punta del pasador del segundo rodillo de pasadores.

40 [42] El método de fabricación según uno cualquiera de los puntos [36] a [41],

en el que el contenido de un haz de fibras de carbono que tiene un número de filamentos de más de 0,5K en la esterilla de fibras de carbono es del 99 % en peso o más.

45 [43] El método de fabricación según uno cualquiera de los puntos [36] a [42],

en el que la esterilla de fibra de carbono se presuriza junto con la composición de resina termoendurecible para impregnar la esterilla de fibra de carbono con la composición de resina termoendurecible.

50 [44] El método de fabricación según uno cualquiera de los puntos [36] a [43],

en el que al menos una parte de la composición de resina termoendurecible se aplica a una superficie superior de la película portadora antes de formar la esterilla de fibras de carbono depositando los haces de fibras de carbono cortadas.

55 2. Resultados experimentales

A continuación en el presente documento, se describirán los resultados de los experimentos realizados por los presentes inventores.

60 2.1. Experimento 1

(Preparación de un haz de fibras de carbono continuas dividido parcialmente)

65 Como material de partida, se preparó un haz de fibras de carbono continuas plano (TR50S15L fabricado por Mitsubishi Chemical Corporation) que tenía un número de filamentos de 15K, una anchura inicial de 8 mm y un grosor de 0,1 mm. Al formar cuatro filas de hendiduras que tenían, cada una, una longitud de hendidura de

1.000 mm y una longitud de hueco entre hendiduras de 5 mm usando un divisor que tenía cuatro cuchillas rotatorias, se dividió parcialmente el haz de fibras de carbono continuas en cinco subhaces que tenían, cada uno, una anchura de 1,6 mm. Las posiciones de los huecos entre hendiduras a lo largo de la dirección de la fibra eran iguales entre todas las filas de hendiduras.

5 Después de la división parcial, enrollando el haz de fibras de carbono continuas en una bobina de papel que tenía un diámetro de 82 mm y una longitud de 280 mm con una longitud transversal de 254 mm, se preparó un paquete de tipo extremo cuadrado. Al ajustar la anchura de una guía para guiar el haz de fibras, la anchura total del haz de fibras de carbono continuas durante el enrollamiento se hizo que fuera de 6 mm o menos.

10 (Preparación de esterilla de fibras de carbono)

15 Se preparó una esterilla de fibras de carbono a partir del haz de fibras de carbono continuas que tenía un número de filamentos de 15K y dividido parcialmente en cinco subhaces preparado en el procedimiento descrito anteriormente usando un aparato de fabricación de SMC que tenía la misma configuración que el aparato de fabricación de SMC representado en la figura 4, excepto porque no se proporcionó el aparato de procesamiento de fragmentación.

20 Una pluralidad de los haces de fibras de carbono continuas se suministraron a un cortador rotatorio en un estado de estar alineados en paralelo en un intervalo igual y se cortaron cada 25,4 mm.

25 Se dejaron caer los haces de fibras de carbono cortadas sobre una película portadora que se desplaza por debajo del cortador rotatorio a una velocidad de línea de 5 m/min y no se recubrió con una composición de resina termoendurecible. Se depositaron los haces de fibras de carbono cortadas caídos sobre la película portadora para formar una esterilla de fibras de carbono.

(Medición de la distribución del número de filamentos)

30 Se seleccionó una región de aproximadamente 21 cm × 30 cm depositada cerca de la línea central de la película portadora de la esterilla de fibras de carbono preparada a través del procedimiento descrito anteriormente, y se midió el peso de todos los haces de fibras de carbono cortadas (300 piezas o más) incluidos en la región. La figura 10 representa la distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono, que se obtuvo convirtiendo el peso medido en el número de filamentos.

35 En la esterilla de fibras de carbono preparada, el contenido del haz de fibras de carbono que tenía el número de filamentos de más de 0,5K era del 99,9 % en peso o más.

2.2. Experimento 2

40 Se preparó la esterilla de fibras de carbono usando el mismo aparato de fabricación de SMC usado en el experimento 1, excepto porque se proporcionó el aparato de procesamiento de fragmentación, y la distribución del número de filamentos de la misma se midió de la misma manera que en el experimento 1. El procedimiento para preparar la esterilla de fibras de carbono fue el mismo que el del experimento 1, excepto porque los haces de fibras de carbono cortadas se sometieron a un procesamiento de fragmentación mediante el aparato de procesamiento de fragmentación antes de depositarse sobre la película portadora.

45 La configuración del aparato de procesamiento de fragmentación era la misma que la incluida en el aparato de fabricación de SMC representado en la figura 4. Ambos de los dos rodillos de pasadores estaban formados por metal y tenían la misma configuración. El diámetro y la longitud de un pasador dispuesto sobre la superficie circunferencial del cilindro de cada rodillo de pasadores fueron respectivamente de 3 mm y 20 mm. La disposición de los pasadores sobre la superficie circunferencial del cilindro de cada rodillo de pasadores era periódica, y la disposición se superpuso a la disposición original cuando se desplazó en 7,5 mm en la dirección axial y 6,5 mm en la dirección circunferencial. La suma de los radios máximos de los dos rodillos de pasadores era 10 mm más grande que la distancia entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores.

55 Los dos rodillos de pasadores se hicieron rotar de modo que en ambos rodillos de pasadores las velocidades circunferenciales en las puntas de pasador fueron de 377 m/min y, en cada rodillo de pasadores, los pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en el lado orientado hacia el otro rodillo de pasadores.

60 La figura 11 representa la distribución del número de filamentos del haz de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono preparada.

En la esterilla de fibras de carbono preparada, el contenido del haz de fibras de carbono que tenía el número de filamentos de más de 0,5K era del 99,9 % en peso o más.

65 2.3. Experimento 3

Se preparó la esterilla de fibras de carbono de la misma manera que en el experimento 2, excepto porque se hicieron rotar los dos rodillos de pasadores de tal manera que, en cada rodillo de pasadores, los pasadores se mueven hacia arriba desde abajo en el lado orientado hacia el otro rodillo de pasadores, y se midió la distribución del número de filamentos.

5 La figura 12 representa la distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono preparada.

10 Se halló que los haces de fibras de carbono cortadas tienden a fragmentarse más finamente mediante el procesamiento de fragmentación del experimento 3 en comparación con el del experimento 2.

2.4. Experimento 4

15 Se preparó la esterilla de fibras de carbono de la misma manera que en el experimento 2, excepto porque se hicieron rotar los dos rodillos de pasadores en el mismo sentido, y se midió la distribución del número de filamentos.

La figura 13 representa la distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono preparada.

20 Se halló que los haces de fibras de carbono cortadas tienden a fragmentarse más finamente mediante el procesamiento de fragmentación del experimento 4 en comparación con el del experimento 2.

2.5. Experimento 5

25 Se preparó la esterilla de fibras de carbono de la misma manera que en el experimento 2, excepto que la distancia entre los ejes de rotación de los dos rodillos de pasadores era igual a la suma de los radios máximos de los dos rodillos de pasadores, y se midió la distribución del número de filamentos.

30 La figura 15 representa la distribución del número de filamentos de los haces de fibras de carbono cortadas en la esterilla de fibras de carbono preparada.

2.6. Experimento 6

35 Se produjo un paquete de fibras de tipo extremo cuadrado preparando y dividiendo parcialmente un haz de fibras de carbono continuas plano que tenía el número de filamentos de 15.000 (15K), la anchura inicial de 8 mm y el grosor de 0,1 mm y después de eso, enrollando el haz de fibras de carbono continuas dividido parcialmente en una bobina de papel que tenía un diámetro de 82 mm y una longitud de 280 mm con una longitud transversal de 254 mm. No se realizó el ensanchamiento con un distribuidor.

40 Se usó un divisor que tenía cuatro cuchillas rotatorias para dividir parcialmente el haz de fibras de carbono continuas. Al formar cuatro filas de hendiduras que tenían, cada una, la longitud de hendidura de 1.000 mm y la longitud de hueco entre hendiduras de 5 mm, se dividió el haz de fibras de carbono continuas en cinco subhaces que tenían, cada uno, la anchura de 1,6 mm y se unieron parcialmente entre sí. Las posiciones del hueco entre hendiduras en la dirección de la fibra eran las mismas entre todas las filas de hendiduras.

45 En el enrollamiento, el ángulo de ataque al comienzo del enrollamiento fue de 9,9°, el ángulo de ataque al final del enrollamiento fue de 5°, la razón de enrollamiento fue de 11,30, y la cantidad de enrollamiento fue de 5,0 kg.

50 Al ajustar la anchura de ranura de un rodillo ranurado a través del cual se hace pasar el haz de fibras de carbono continuas después del procesamiento por división, la anchura del haz de fibras de carbono continuas enrollado en la bobina se hizo que fuera de 6 mm que era el 75 % de la suma total de las anchuras de los subhaces. Cuando se sacó la bobina del paquete de fibras producido y se extrajo el haz de fibras de carbono continuas mediante desenrollamiento interno, no se halló ningún problema particular.

55 En cambio, con un paquete de fibras preparado de la misma manera, excepto porque la anchura del haz de fibras de carbono continuas enrollado en la bobina se hizo que fuera de 8 mm que era igual que la suma total de las anchuras de los subhaces, cuando se sacó la bobina y se extrajo el haz de fibras de carbono continuas mediante desenrollamiento interno, la frecuencia de aparición de enredo era relativamente alta.

60 La presente invención se ha descrito anteriormente con referencia a realizaciones específicas. Sin embargo, cada realización se presenta como ejemplo, y no limita el alcance de la presente invención. Cada realización descrita en la presente memoria descriptiva puede modificarse de diversas maneras dentro del alcance definido por las reivindicaciones adjuntas, y pueden combinarse con características descritas en otras realizaciones en la medida de lo posible.

65

[Lista de signos de referencia]

	10: Haz de fibras de carbono continuas
5	11: Subhaz
	20: Haz de fibras de carbono cortadas
10	100: Aparato de fabricación de paquetes de fibras
	110: Sección de distribución
	120: Sección de división
15	130: Sección de enrollamiento
	200: Aparato de fabricación de SMC
20	210: Primera sección de aplicación de resina
	220: Segunda sección de aplicación de resina
	230: Sección de corte
25	240: Sección de deposición
	250: Sección de impregnación
30	260: Aparato de procesamiento de fragmentación

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de SMC, que comprende:
- 5 (i) extraer un haz de fibras de carbono continuas de un paquete, teniendo el haz de fibras continuas un número de filamentos de NK y dividido parcialmente en n subhaces de antemano;
- (ii) formar haces de fibras de carbono cortadas cortando el haz de fibras de carbono continuas extraído del paquete con un cortador rotatorio;
- 10 (iii) formar una esterilla de fibras de carbono depositando los haces de fibras de carbono cortadas en una película portadora que se desplaza por debajo del cortador rotatorio; y
- (iv) impregnar la esterilla de fibras de carbono con una composición de resina termoendurecible,
- 15 en el que se realiza un procesamiento de fragmentación usando un aparato de procesamiento de fragmentación (A) por debajo en el haz de fibras de carbono cortadas antes de depositarse en la película portadora,
- 20 comprendiendo el aparato de procesamiento de fragmentación (A) un primer rodillo de pasadores y un segundo rodillo de pasadores, cada uno de los cuales tiene un eje de rotación paralelo a una dirección del eje de rotación del cortador rotatorio, la suma del radio máximo del primer rodillo de pasadores y el radio máximo del segundo rodillo de pasadores es mayor que la distancia entre los ejes de rotación del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores, y el primer rodillo de pasadores se acciona de manera rotatoria de modo que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en su lado orientado hacia el segundo rodillo de pasadores, y el segundo rodillo de pasadores se acciona de manera rotatoria de modo que sus pasadores se mueven hacia abajo desde arriba en su lado orientado hacia el primer rodillo de pasadores.
- 25
- 30 2. Método de fabricación según la reivindicación 1, en el que en el paquete, el haz de fibras de carbono continuas se enrolla de modo que no hay ningún hueco entre los subhaces.
3. Método de fabricación de fabricación según la reivindicación 1 ó 2, en el que en el paquete, el haz de fibras de carbono continuas se enrolla de modo que los subhaces adyacentes se superponen entre sí.
- 35 4. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que en el paquete, el haz de fibras de carbono continuas se enrolla de modo que los subhaces adyacentes se superponen entre sí.
5. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que N es 15 o más.
- 40 6. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que en cada uno del primer rodillo de pasadores y el segundo rodillo de pasadores, un radio de un cilindro es igual a o mayor que la mitad del radio máximo.
- 45 7. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la velocidad circunferencial en la punta del pasador del primer rodillo de pasadores es igual a la velocidad circunferencial en la punta del pasador del segundo rodillo de pasadores.
- 50 8. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el contenido de un haz de fibras de carbono que tiene un número de filamentos de más de 0,5K en la esterilla de fibras de carbono es del 99 % en peso o más.
- 55 9. Método de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el procesamiento de fragmentación reduce el número de los haces de fibras de carbono cortadas que tienen un número de filamentos de más de $\{(N/n)+0,5\}K$ incluido en un peso unitario de la esterilla de fibras de carbono.

FIG. 1

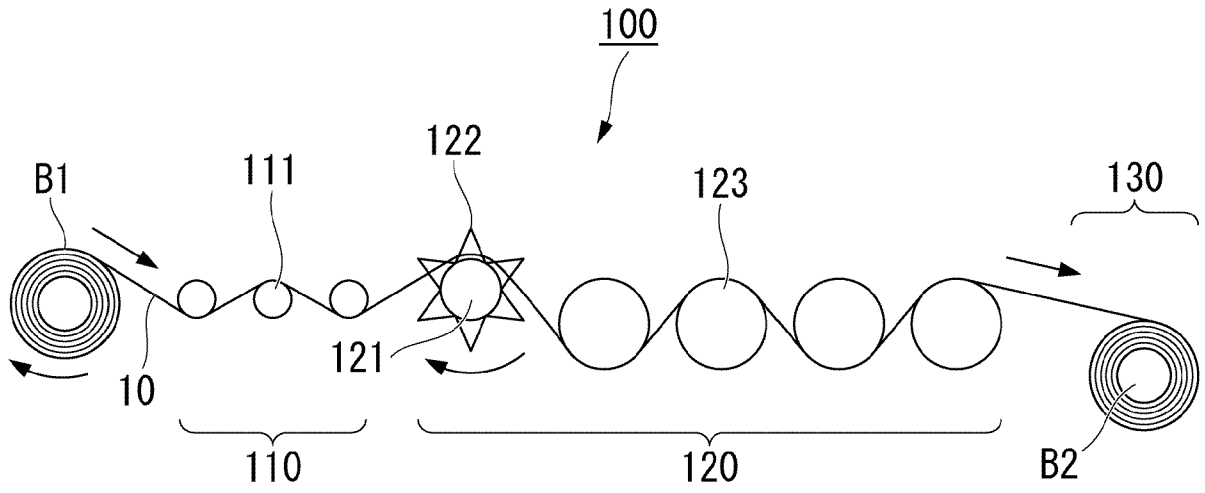


FIG. 2A

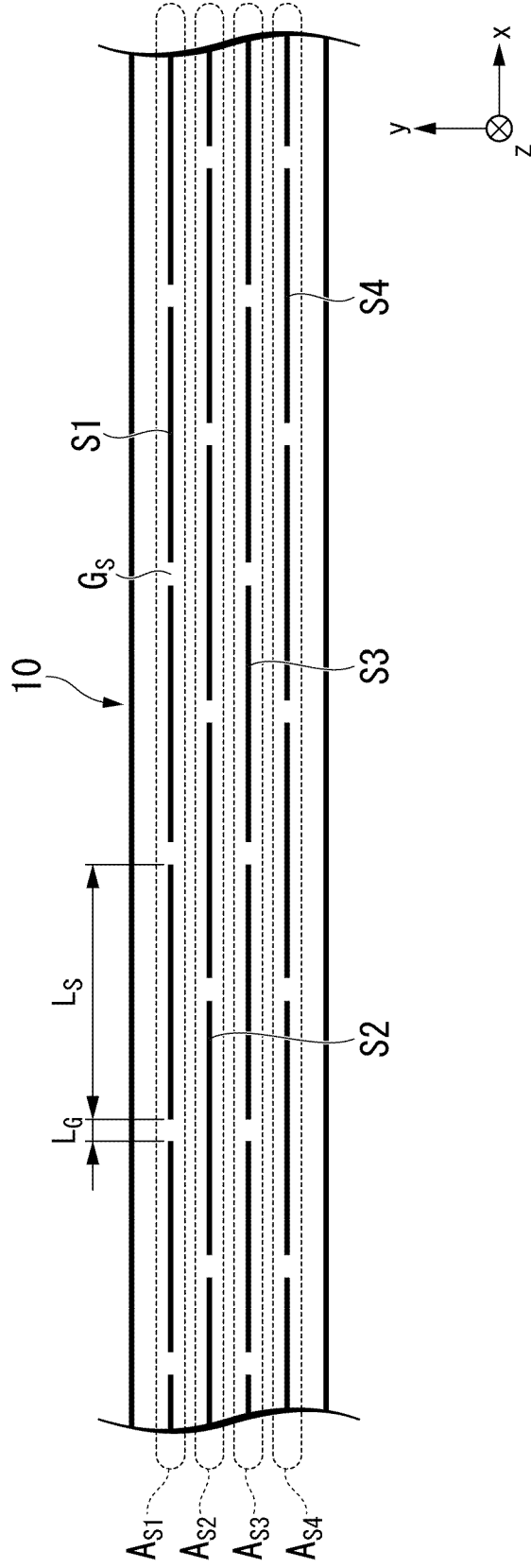


FIG. 2B

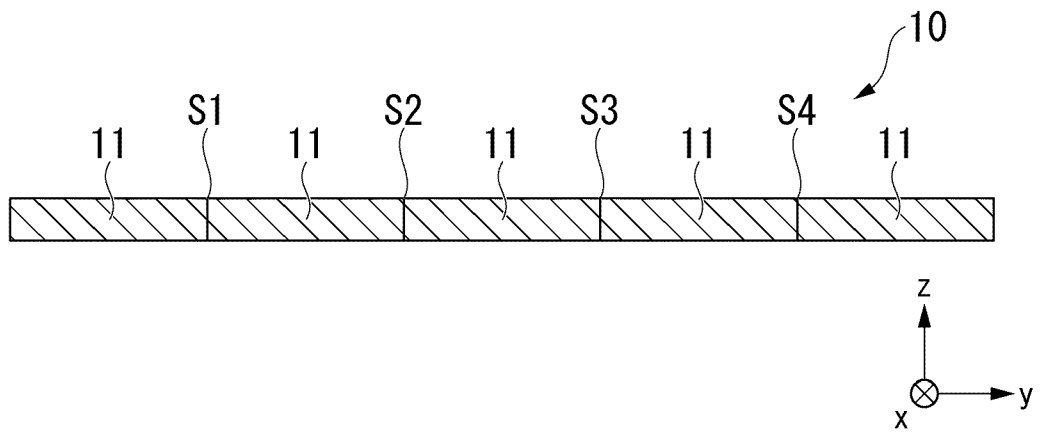


FIG. 3

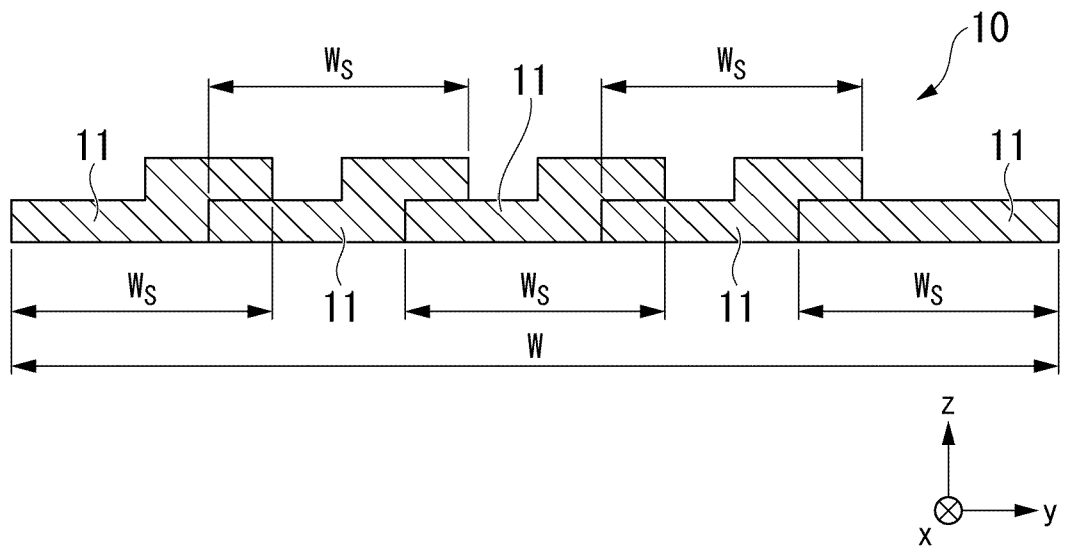


FIG. 4

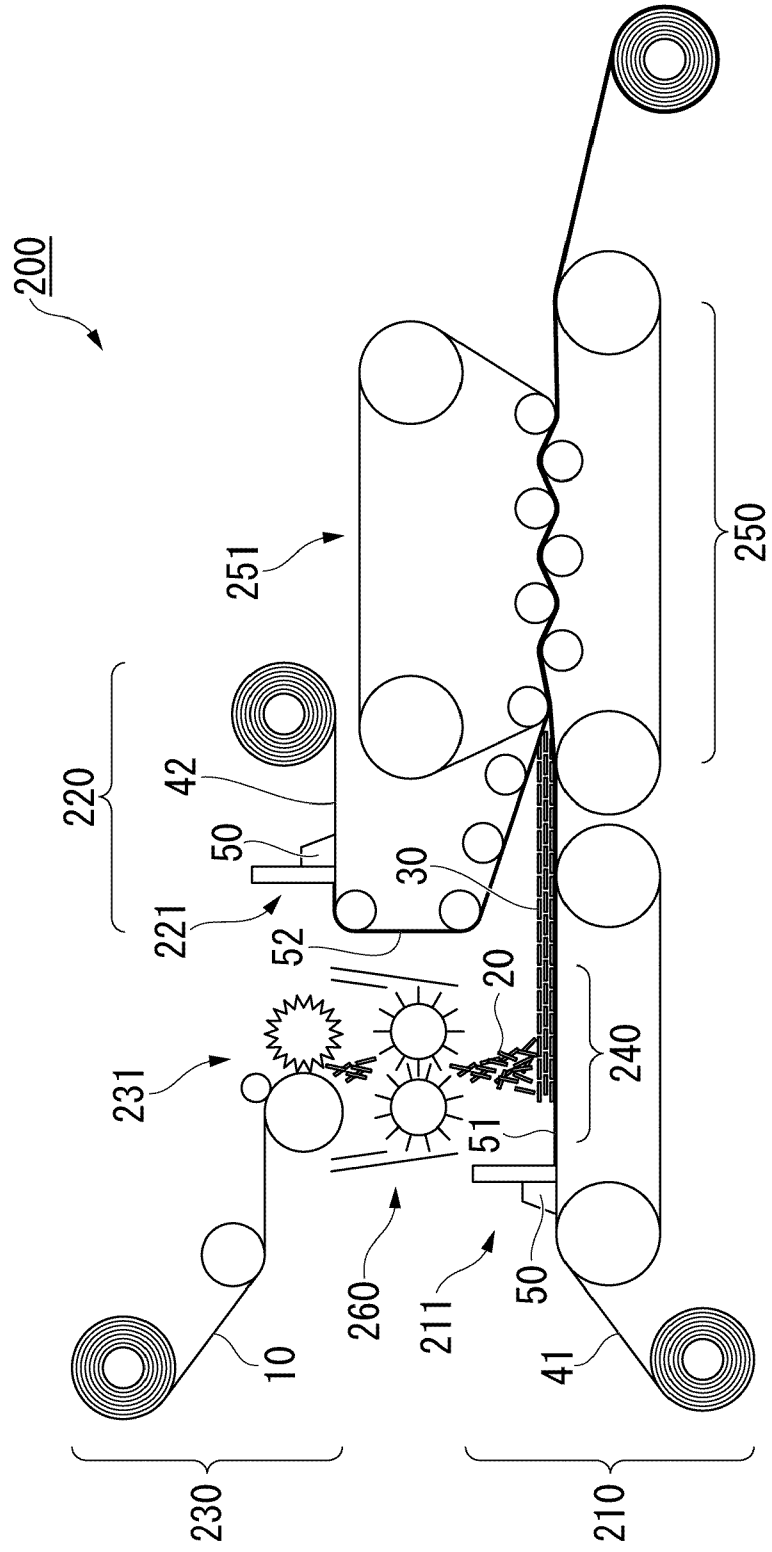


FIG. 5

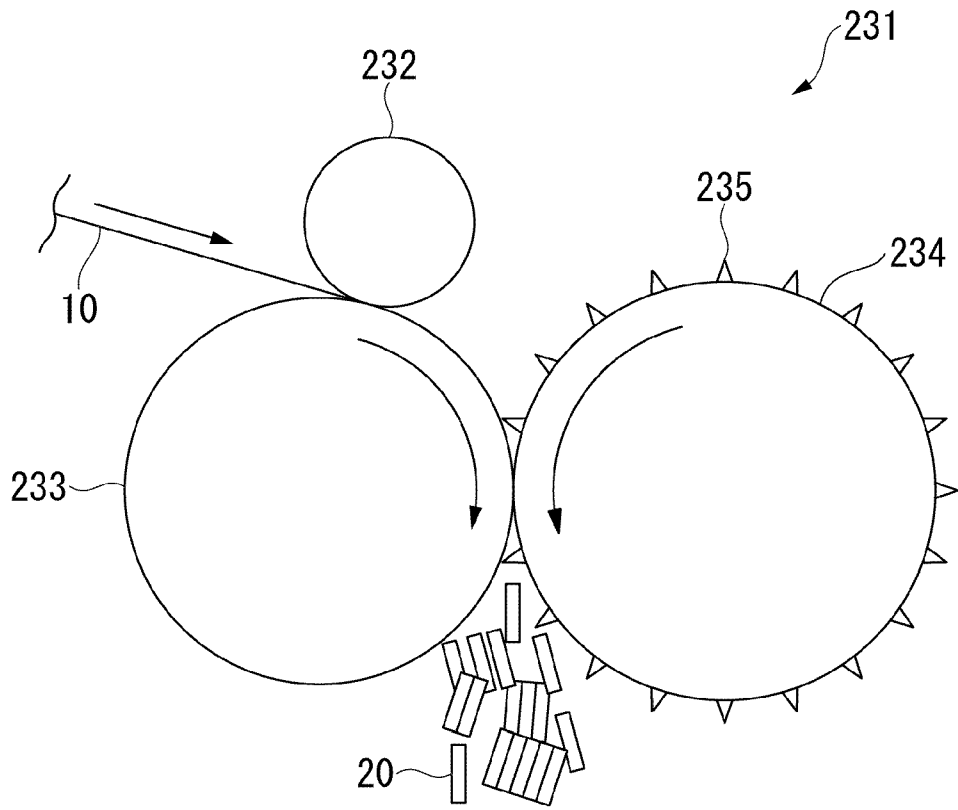


FIG. 6

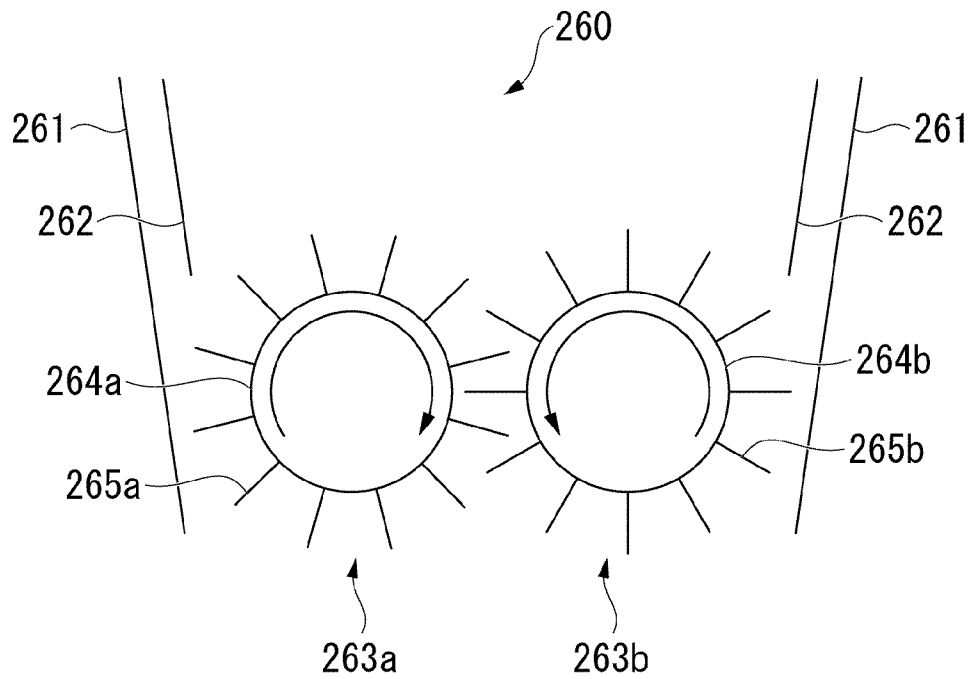


FIG. 7

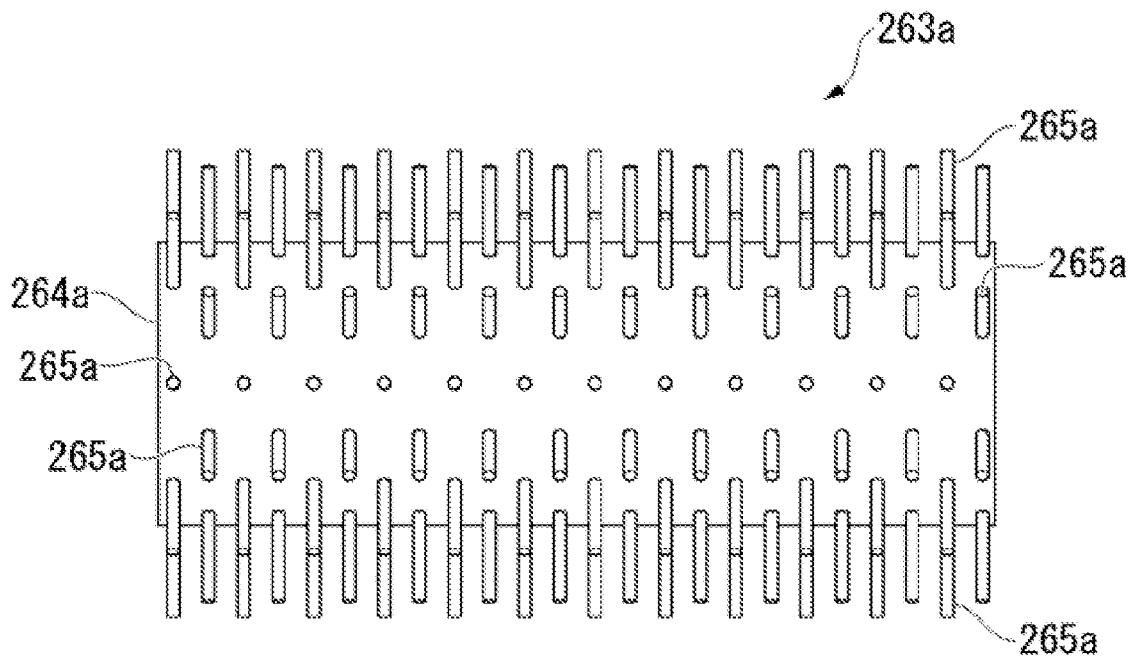


FIG. 8

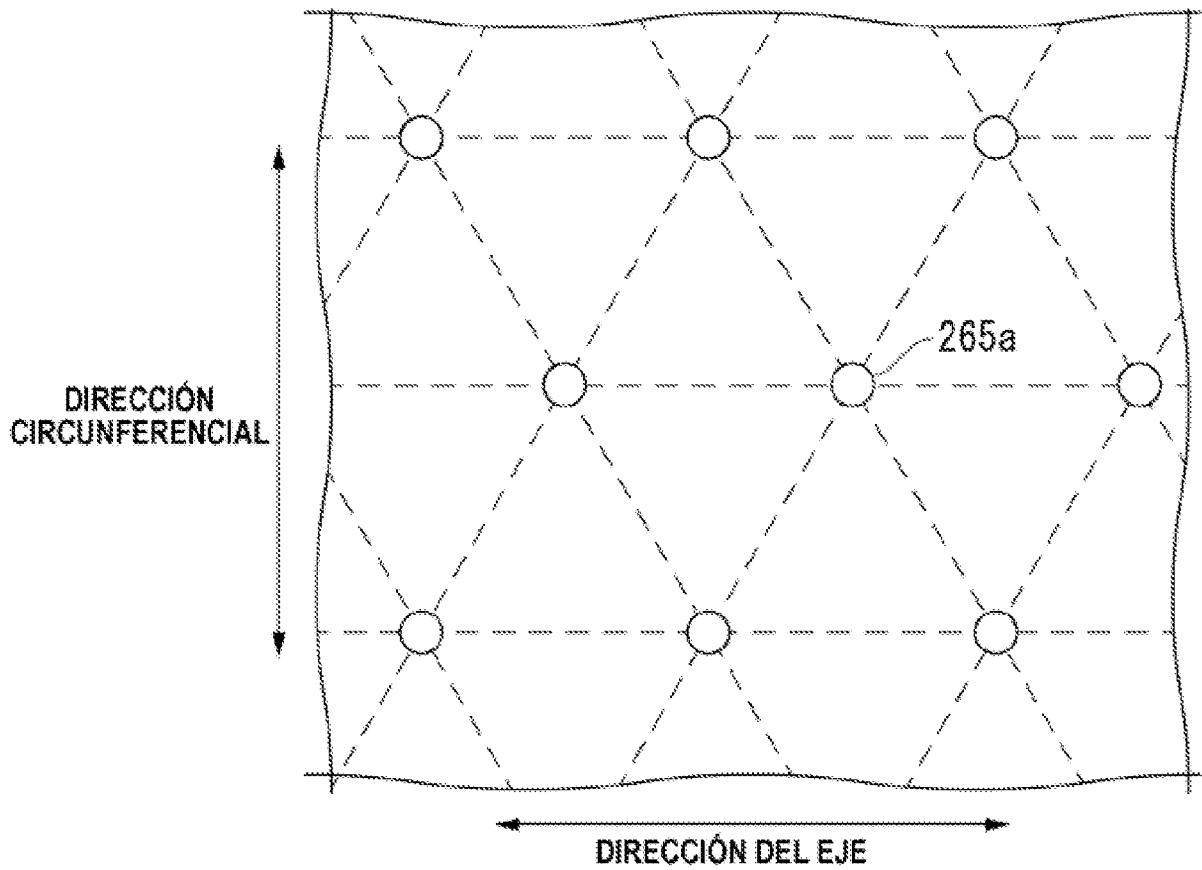


FIG. 9

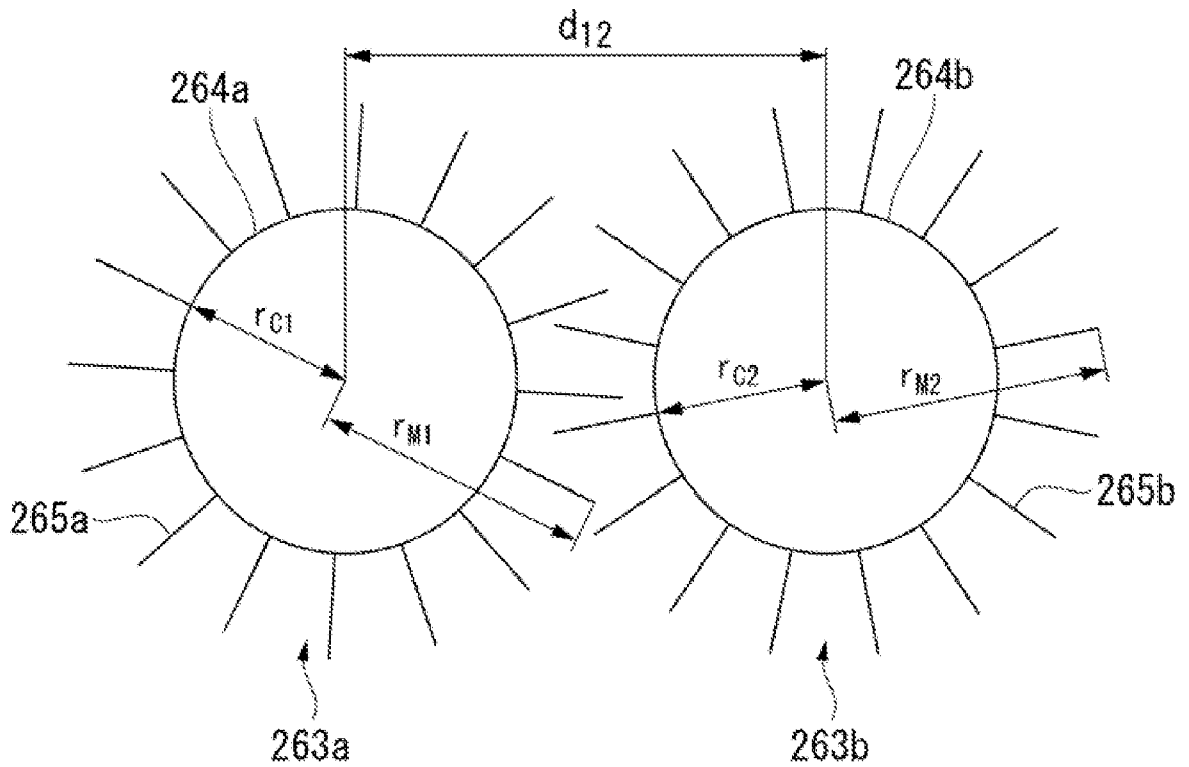


FIG. 10

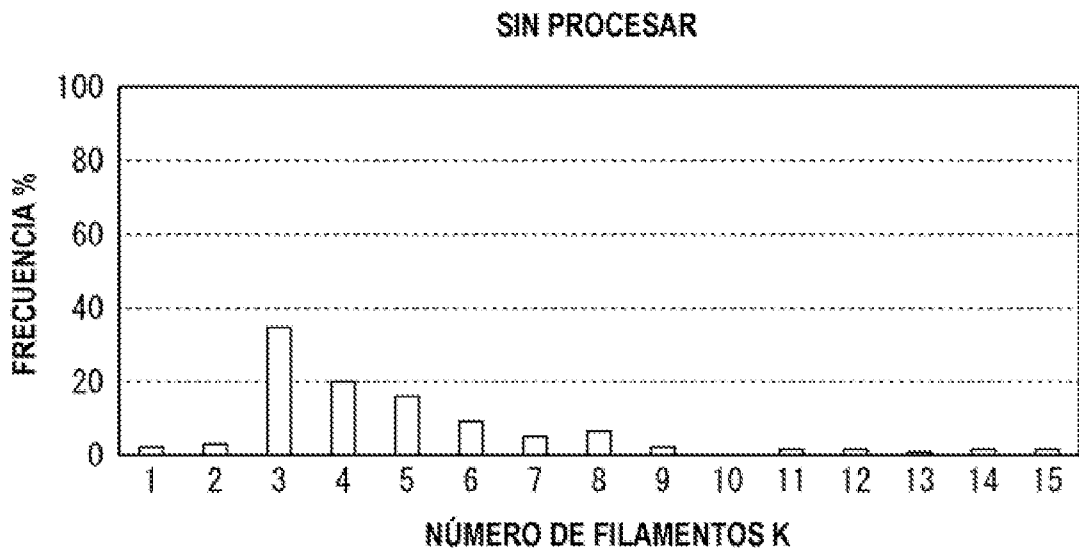


FIG. 11

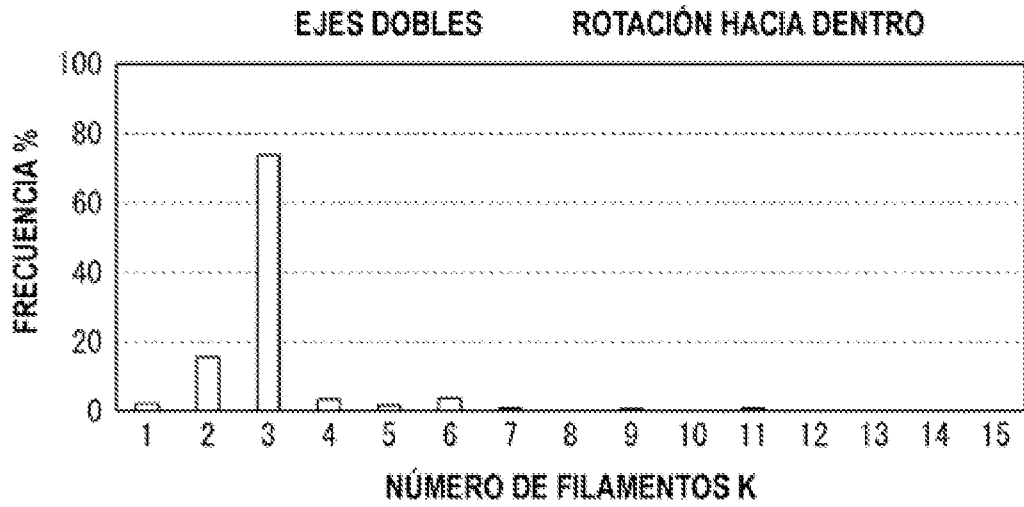


FIG. 12

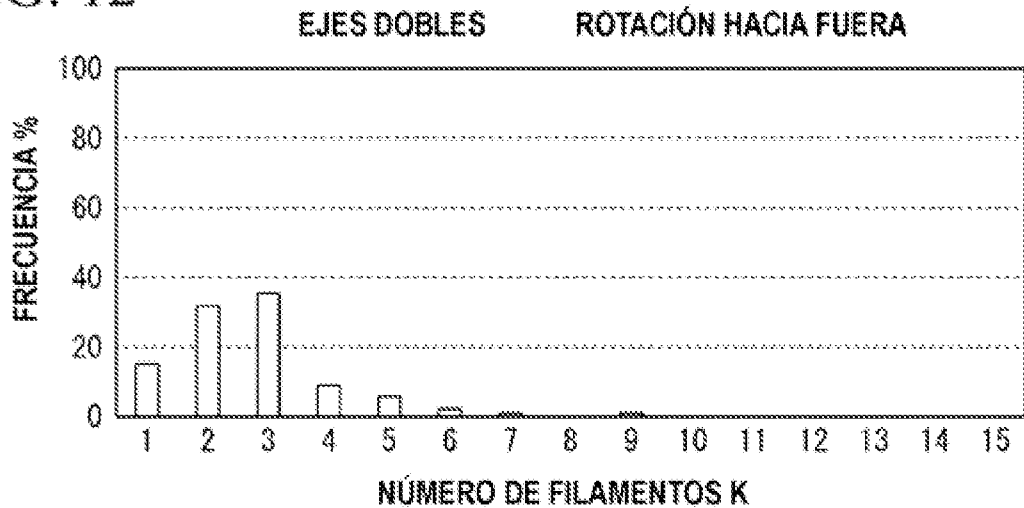


FIG. 13

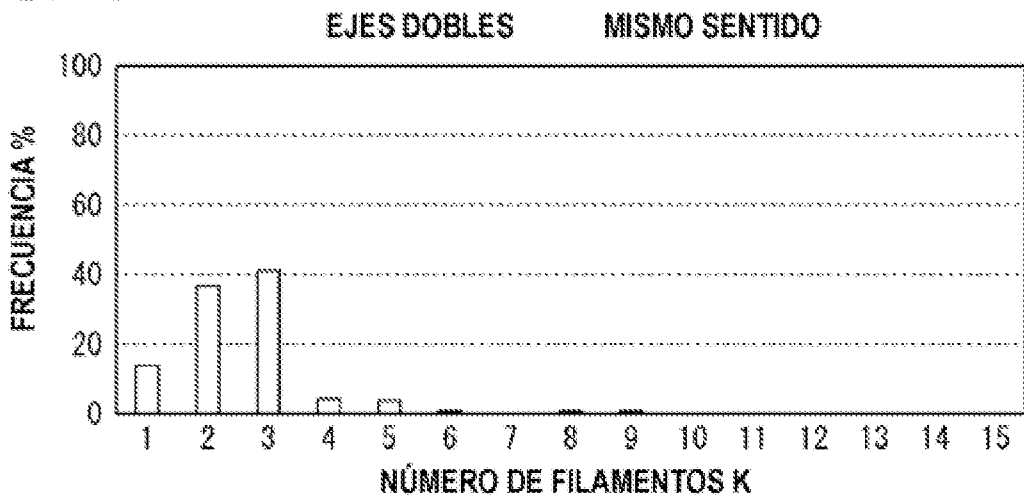


FIG. 14

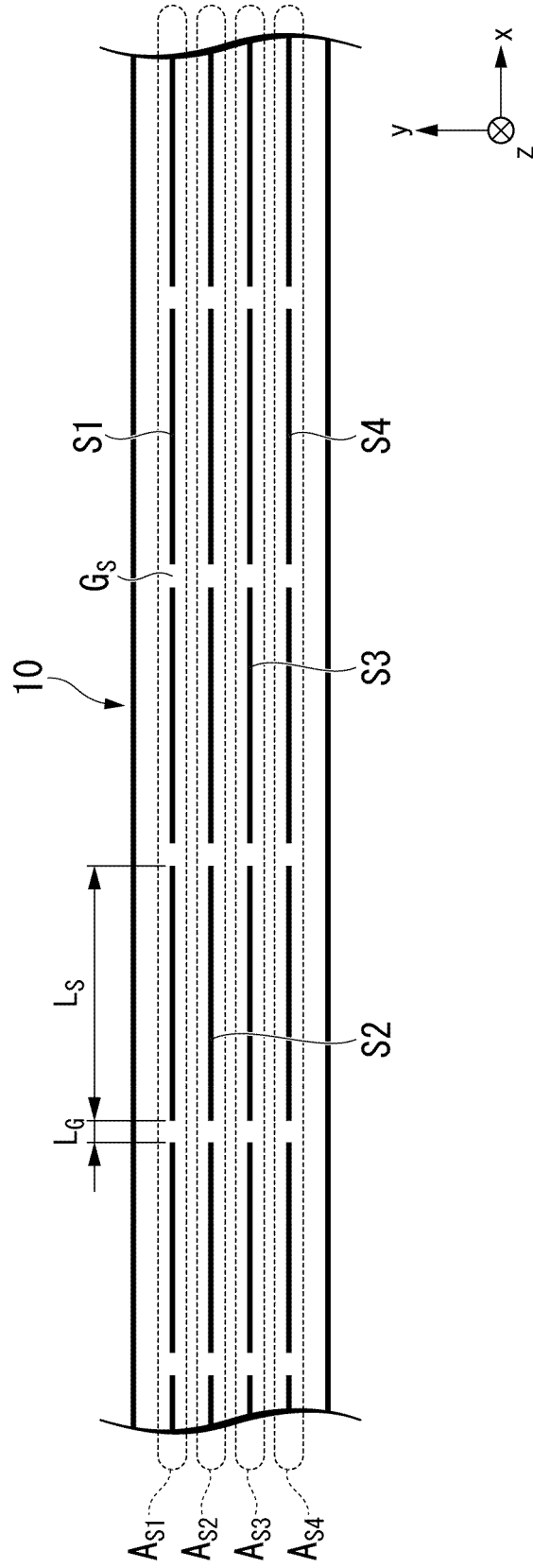


FIG. 15

