

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 527**

51 Int. Cl.:

**B32B 5/20** (2006.01)  
**B32B 5/24** (2006.01)  
**B32B 5/28** (2006.01)  
**B29C 43/18** (2006.01)  
**B29C 45/14** (2006.01)  
**B29C 45/16** (2006.01)  
**B32B 5/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2014 PCT/JP2014/068999**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15029634**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2014 E 14840735 (6)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3040195**

54 Título: **Estructura intercalada y artículo moldeado integrado que la utiliza, y procedimientos para producirlos**

30 Prioridad:

**30.08.2013 JP 2013178886**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.05.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HATANAKA, KAZUHIRO;  
 MATSUO, SATOMI y  
 TSUCHIYA, ATSUKI**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 759 527 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**

Estructura intercalada y artículo moldeado integrado que la utiliza, y procedimientos para producirlos

5 **SECTOR TÉCNICO**

La presente invención se refiere a una estructura intercalada excelente en ligereza, delgadez y rigidez, y más particularmente, se refiere a una estructura intercalada con propiedades excelentes especialmente en ligereza y rigidez, que utiliza un componente de núcleo específico y un refuerzo con fibra para un elemento de revestimiento.

10 **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

15 Los plásticos reforzados con fibra (FRP), reforzados mediante un grupo de fibras de refuerzo continuas, se utilizan con frecuencia como materiales de estructuras que requieren ligereza y propiedades mecánicas para aplicaciones tales como aparatos de transporte, incluyendo aeronaves, automóviles, vehículos de dos ruedas y bicicletas, artículos para deportes, incluyendo raquetas de tenis, palos de golf y cañas de pescar, estructuras arquitectónicas, incluyendo materiales de refuerzo resistentes a terremotos, etc.

20 Como una estructura más ligera que tiene propiedades mecánicas suficientes, se conoce una estructura intercalada en la que cada componente de FRP está dispuesto sobre los elementos de revestimiento de un componente de núcleo ligero. Para reducir el peso de una estructura, se utiliza de manera selectiva un componente de núcleo más ligero en peso, y con frecuencia se utiliza un núcleo de balsa, un núcleo de panal de abeja, un núcleo de espuma de uretano, etc., como componentes de núcleo. Además, tales estructuras intercaladas se diseñan para satisfacer propiedades mecánicas requeridas en la práctica y se utilizan ampliamente como materiales estructurales secundarios de aeronaves y también como elementos de automóviles, elementos arquitectónicos, elementos de paneles, etc.

25 El documento de Patente 1 da a conocer un componente de núcleo espumado en el que hay resina espumada y un componente de núcleo en el que monofilamentos de fibra de refuerzo discontinua se intersecan entre sí a través de resina termoplástica, como un componente de núcleo de una estructura intercalada. El documento de Patente 2 da a conocer un material compuesto ligero que tiene una estructura en capas compuesta por una capa de resina reforzada con fibras de una fibra para refuerzo y una capa de fibras porosa producida uniendo fibras cortas para refuerzo dispersadas en direcciones aleatorias con un aglutinante en sus intersecciones.

30 Sin embargo, en el caso de estas estructuras intercaladas o materiales compuestos, es difícil satisfacer tanto la rigidez como la ligereza, y existe un límite para la producción en masa de un artículo de forma complicada de pared delgada. Dado que el componente de núcleo de la estructura intercalada dado a conocer en el documento de Patente 1 se produce utilizando partículas de una resina termoplástica y una fibra de refuerzo discontinua, era difícil equilibrar correctamente la rigidez y la ligereza del componente de núcleo aunque se intersequen entre sí monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua a través de la resina termoplástica. El material compuesto ligero dado a conocer en el documento de Patente 2 es malo en cuanto a la moldeabilidad del componente de núcleo debido a la utilización de carburo obtenido calcinando una resina termoendurecible o similar, como la resina para formar un componente de núcleo.

35 Por otro lado, las aplicaciones de FRP incluyen carcasas de aparatos eléctricos y electrónicos tales como ordenadores personales, aparatos de automatización para oficina, aparatos audiovisuales, teléfonos celulares, teléfonos, faxes, aparatos eléctricos domésticos y juguetes. Estas aplicaciones requieren productividad en masa, moldeabilidad, productividad y eficiencia económica, y, en los últimos años, además delgadez y ligereza. Para cumplir estos requisitos, se pueden utilizar aleaciones de magnesio excelentes en cuanto a la delgadez y la rigidez, pero dado que los materiales metálicos tienen grandes densidades relativas, no son muy satisfactorios en vista de la ligereza. Se prevé que los aparatos electrónicos, tales como ordenadores personales de tipo portátil, teléfonos y terminales de información, se harán cada vez más portátiles y que los usuarios ancianos aumentarán adicionalmente en el futuro. Por tanto, se demanda mucho que se reduzca adicionalmente el peso de estas carcasas de aparatos electrónicos.

40 El documento de Patente 3 da a conocer una estructura intercalada que tiene un material de núcleo y, dispuesto sobre ambas superficies de dicho material de núcleo, un material reforzado con fibra compuesto por una fibra de refuerzo continua y una resina matriz, en la que el material de núcleo anterior comprende un hueco.

45 El documento de Patente 4 da a conocer un procedimiento para producir una estructura intercalada en el que se impregna una banda tridimensional con una resina y, tras extraer a presión alguna parte de la resina, esta conforma un molde para obtener un núcleo de espuma reforzado con fibra y formar un componente de revestimiento laminado sobre ambos lados del componente de núcleo.

DOCUMENTOS DEL ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

DOCUMENTOS DE PATENTE

- 5 Documento de Patente 1: WO 2006/028107  
 Documento de Patente 2: JP-A-63-60743  
 Documento de Patente 3: US 2009/117366 A1  
 Documento de Patente 4: JP-H04-334439A

10 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCIÓN

PROBLEMAS A RESOLVER MEDIANTE LA INVENCIÓN

15 En vista de tales tecnologías convencionales, un objetivo de la invención es dar a conocer una estructura intercalada excelente en ligereza y rigidez. Otro objetivo de la invención es dar a conocer un artículo formado integralmente, excelente en ligereza y rigidez, en el que están integrados esta estructura intercalada y otro elemento. Todavía otro objetivo de la invención es dar a conocer un procedimiento para producir la estructura intercalada o el artículo formado integralmente mediante el cual la estructura intercalada o el artículo formado integralmente se pueden producir con una buena productividad en masa.

20 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, la estructura intercalada de la invención tiene la siguiente configuración:

- 25 • una estructura intercalada formada a partir de un componente de núcleo que comprende una fibra de refuerzo discontinua, una resina termoplástica y huecos, y un elemento de revestimiento que comprende una fibra de refuerzo continua y una resina matriz, en la que, en el componente de núcleo, el 30 % o más de la fibra de refuerzo discontinua está cubierto con la resina termoplástica, y unos monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua se intersecan entre sí a través de la resina termoplástica, estando el componente de núcleo formado a partir de un precursor de dicho componente de núcleo impregnando una estera de fibras de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo con una película o un material textil no tejido de la resina termoplástica.
- 30

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, el procedimiento para producir una estructura intercalada de la invención tiene las siguientes configuraciones:

- 35 • un procedimiento para producir la estructura intercalada expuesta anteriormente, que comprende las siguientes etapas [1] a [3]:
- 40 etapa [1]: una etapa de formar un precursor de un componente de núcleo impregnando una estera de fibras de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo con una película o un material textil no tejido de la resina termoplástica aplicando presión en un estado en el que la resina termoplástica se calienta a una temperatura a la que la resina termoplástica se funde o se ablanda,
- 45 etapa [2]: una etapa de formar un elemento de revestimiento a partir de una fibra de refuerzo continua y una resina matriz,
- etapa [3]: una etapa de formar el componente de núcleo expandiendo el precursor del componente de núcleo ajustando el grosor del mismo de modo que el precursor del componente de núcleo tiene una proporción de expansión en un estado calentado desde 1,1 hasta 8, calculada a partir del grosor del componente de núcleo antes de la expansión  $t_0$  y el grosor del componente de núcleo después de la expansión  $t_1$ , según la siguiente fórmula:
- 50

$$\text{Proporción de expansión} = t_1/t_0.$$

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, el artículo formado integralmente de la invención tiene la siguiente configuración:

- 55 • un artículo formado integralmente obtenido uniendo un primer elemento compuesto por la estructura intercalada, expuesta anteriormente, y un segundo elemento compuesto por otro artículo formado.

Además, con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, el procedimiento para producir un artículo formado integralmente de la invención tiene cualquiera de las siguientes configuraciones:

- 60 • un procedimiento para producir el artículo formado integralmente, expuesto anteriormente, en el que el segundo elemento es un artículo formado producido mediante moldeo por inyección y el segundo elemento se une al primer elemento mediante moldeo por inyección sobre inserto o moldeo por inyección en receptáculo.
- 65 • un procedimiento para producir el artículo formado integralmente, expuesto anteriormente, en el que el segundo elemento es un artículo formado producido mediante moldeo por prensado y el segundo elemento se une al primer

elemento mediante moldeo por prensado.

En la invención, el término "fibra de refuerzo continua" significa una fibra de refuerzo continua a lo largo de una longitud de 15 mm o más, preferentemente 100 mm o más, en, como mínimo, una dirección.

## RESULTADOS DE LA INVENCION

La estructura intercalada de la invención es excelente en propiedades mecánicas, ligereza y delgadez, en base al diseño característico de su componente de núcleo. El procedimiento para producir la estructura intercalada de la invención tiene una productividad en masa excelente, y la producción se puede realizar de manera muy económica en comparación con la producción convencional. La estructura intercalada y el artículo formado integralmente de la invención se pueden utilizar de manera adecuada como parte, elemento o carcasa de un aparato eléctrico o electrónico, tal como un ordenador personal de tipo portátil.

## BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un diagrama esquemático de una agrupación en un componente de núcleo que se va a utilizar en la invención.

La figura 2 muestra un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de la capa de superficie de contacto entre el componente de núcleo y el elemento de revestimiento en la estructura intercalada de la invención.

La figura 3 muestra un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo del estado de dispersión de una fibra de refuerzo discontinua en un componente de núcleo que se va a utilizar en la invención.

La figura 4 muestra una fotografía de una sección de la estructura intercalada producida en el ejemplo 1.

La figura 5 muestra una vista en perspectiva de un artículo formado integralmente que se va a obtener en un ejemplo de la invención.

La figura 6 muestra una vista en perspectiva de un artículo formado integralmente que se va a obtener en un ejemplo de la invención.

## REALIZACIONES DE LA INVENCION

Los inventores de la presente invención han buscado la rigidez y la ligereza de una estructura intercalada compuesta por un componente de núcleo que comprende una fibra de refuerzo discontinua, una resina termoplástica y huecos, y un material reforzado con fibra compuesto por una fibra de refuerzo continua y una resina matriz y, como resultado, descubrieron que las propiedades se veían influidas por una estructura específica de un componente de núcleo que se va a utilizar para una estructura intercalada, y así consiguieron la invención. La invención se describe en detalle a continuación.

La estructura intercalada es un cuerpo estructural que comprende un componente de núcleo y elementos de revestimiento, en el que el componente de núcleo está intercalado por los elementos de revestimiento. En la invención, el componente de núcleo incluye una fibra de refuerzo discontinua, una resina termoplástica y huecos, y los elementos de revestimiento comprenden, cada uno, una fibra de refuerzo continua y una resina matriz.

En la invención, la fibra de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo es discontinua, y la fibra de refuerzo utilizable para la misma no tiene ninguna limitación concreta con respecto al tipo de la misma, y los ejemplos de la misma incluyen fibras metálicas, tales como una fibra de aluminio, una fibra de latón y una fibra de acero inoxidable, fibras de carbono (incluyendo fibras de grafito), tales como fibras de carbono basadas en poliácilonitrilo (PAN), fibras de carbono basadas en rayón, fibras de carbono basadas en lignina y fibras de carbono basadas en brea, fibras aislantes, tales como fibra de vidrio, fibras orgánicas, tales como fibras de aramida, fibras de poliparafenilenbenzoxazol (PBO), fibras de poli(sulfuro de fenileno), fibras de poliéster, fibras acrílicas, fibras de nailon y fibras de polietileno, y fibras inorgánicas, tales como fibras de carburo de silicio y fibras de nitruro de silicio. Están disponibles asimismo fibras preparadas aplicando un tratamiento en superficie a estas fibras. Ejemplos del tratamiento en superficie incluyen un tratamiento con un agente de acoplamiento, un tratamiento con un agente de apresto, un tratamiento con un aglutinante y un tratamiento de adhesión con un aditivo, además de un tratamiento de deposición con metal conductor. Con respecto a estas fibras de refuerzo, se puede utilizar una especie de las mismas de manera individual o se pueden utilizar dos o más de las mismas en combinación. Especialmente, se utilizan preferentemente, desde el punto de vista de un efecto de reducción del peso, fibras de carbono excelentes en resistencia específica y rigidez específica, tales como fibras de carbono basadas en PAN, fibras de carbono basadas en brea y fibras de carbono basadas en rayón. La fibra de vidrio se utiliza preferentemente con vistas a mejorar la economía de un artículo formado resultante, y la utilización de fibra de carbono en combinación con fibra de vidrio es particularmente preferente en vista del equilibrio entre las propiedades mecánicas y la economía. Con vistas a mejorar la capacidad de absorción de impactos y la propiedad de conferir forma del artículo formado resultante, la utilización de fibra de aramida es preferente, y en particular, la utilización de fibra de carbono en combinación con fibra de aramida es preferente en vista del equilibrio entre las propiedades mecánicas y la capacidad de absorción de impactos. Además, se puede utilizar también una fibra de refuerzo cubierta con metal tal como níquel, cobre o iterbio, con vistas a mejorar la conductividad eléctrica de un artículo formado resultante. De estas, se utiliza más preferentemente fibra de carbono discontinua como la fibra de refuerzo discontinua en el

componente de núcleo en la invención, y, como fibra de carbono, se utiliza de manera particularmente preferente fibra de carbono basada en PAN, que es excelente en resistencia y propiedades mecánicas tales como el módulo.

5 La fibra de refuerzo discontinua tal como se utiliza en el presente documento es una fibra de refuerzo que tiene  
 10 menos de 15 mm de longitud de la fibra, y muchas fibras de refuerzo discontinuas están contenidas en el  
 15 componente de núcleo y constituyen un grupo de fibras de refuerzo discontinuas. Un grupo de fibras de refuerzo  
 20 discontinuas de este tipo está compuesto preferentemente por desde el 0 % en masa hasta el 50 % en masa de  
 25 fibras de refuerzo que tienen más de 10 mm pero menos de 15 mm de longitud, desde el 50 % en masa hasta el  
 100 % en masa de fibras de refuerzo que tienen desde 2 mm hasta 10 mm de longitud, y desde el 0 % en masa  
 hasta el 50 % en masa de fibras de refuerzo que tienen menos de 2 mm de longitud; si el contenido de fibras de  
 refuerzo que son más largas de 10 mm pero más cortas de 15 mm supera el 50 % en masa, la expansión de grosor  
 en la etapa de laminación o la etapa de moldeo se vuelve más grande y la comodidad de manipulación se puede ver  
 afectada. Si el contenido de fibras de refuerzo que tienen menos de 2 mm de longitud de la fibra supera el 50 % en  
 masa, se pueden reducir las propiedades mecánicas de un material de núcleo de fibra de refuerzo resultante. Desde  
 estos puntos de vista, un grupo de fibras de refuerzo discontinuas de este tipo está compuesto más preferentemente  
 por desde el 0 % en masa hasta el 20 % en masa de fibras de refuerzo que tienen más de 8 mm pero menos de 15  
 mm de longitud, desde el 80 % en masa hasta el 100 % en masa de fibras de refuerzo que tienen desde 3 mm hasta  
 8 mm de longitud, y desde el 0 % en masa hasta el 20 % en masa de fibras de refuerzo que tienen menos de 3 mm  
 de longitud. Es preferente asimismo que la distribución de longitudes de la fibra en el grupo de fibras de refuerzo  
 discontinuas tenga, como mínimo, dos picos, uno de los cuales está dentro de un intervalo de longitud de la fibra  
 desde 5 mm hasta 10 mm y el otro está dentro de un intervalo de 2 mm o más pero menos de 5 mm. Formar un  
 grupo de fibras de refuerzo discontinuas que tienen tal distribución de la longitud de la fibra permite que una fibra de  
 refuerzo garantice propiedades mecánicas y una fibra de refuerzo garantice la comodidad de manipulación de un  
 componente de núcleo durante una etapa de laminación o una etapa de moldeo que se va a utilizar en combinación  
 y por tanto puede establecer fácilmente las características de ambas fibras de refuerzo. La proporción en masa de  
 una fibra de refuerzo utilizada en el presente documento significa la proporción del promedio numérico del número  
 de fibras en cada longitud de la fibra cuando se toma el número de todas las fibras en el grupo de fibras de refuerzo  
 discontinuas como el 100 %.

30 Los procedimientos para medir la longitud de la fibra de la fibra de refuerzo incluyen, por ejemplo, un procedimiento  
 que comprende aislar la fibra de refuerzo directamente a partir de un grupo de fibras de refuerzo y medir la longitud  
 de la fibra mediante observación microscópica. Cuando se ha adherido resina a un grupo de fibras de refuerzo, se  
 puede emplear un procedimiento en el que la resina contenida en el grupo de fibras de refuerzo se disuelve  
 35 utilizando un disolvente que sólo disuelve la resina y las fibras de refuerzo restantes se recogen mediante filtración y  
 se miden mediante observación microscópica (procedimiento de disolución); cuando no está disponible ningún  
 disolvente capaz de disolver la resina, existe, por ejemplo, un procedimiento que se puede emplear en el que sólo se  
 elimina mediante quemado la resina a una temperatura dentro de un intervalo en el que no se reduce el peso de las  
 40 fibras de refuerzo mediante oxidación y de ese modo se aíslan las fibras de refuerzo y se miden mediante  
 observación microscópica (procedimiento de quemado). La medición se puede realizar seleccionando  
 aleatoriamente 400 fibras de refuerzo del grupo de fibras de refuerzo, midiendo sus longitudes hasta el orden de  
 micrómetros con un microscopio óptico y después determinando las longitudes de la fibra y la proporción de las  
 mismas. Cuando se compara el procedimiento que comprende aislar una fibra de refuerzo directamente a partir de  
 un grupo de fibras de refuerzo y el procedimiento que comprende aislar una fibra de refuerzo mediante el  
 45 procedimiento de disolución o el procedimiento de quemado, no existe ninguna diferencia particular en los resultados  
 obtenidos siempre que las condiciones se seleccionen de manera apropiada. De estos procedimientos de medición,  
 es preferente emplear el procedimiento de disolución porque induce menos cambio en la masa de la fibra de  
 refuerzo.

50 Como fibra de refuerzo discontinua, se puede utilizar una que tiene un módulo de tracción preferentemente dentro  
 de un intervalo de 200 GPa a 1000 GPa, más preferentemente de 220 GPa a 500 GPa, desde el punto de vista de la  
 rigidez de la estructura intercalada. Cuando el módulo de tracción de la fibra de refuerzo es menor de 200 GPa, la  
 rigidez de la estructura intercalada puede ser escasa, y cuando el módulo de tracción es mayor de 1000 GPa, es  
 necesario potenciar la cristalinidad de la fibra de refuerzo, y se hace difícil producir una fibra de refuerzo de este tipo.  
 Es preferente que el módulo de tracción de la fibra de refuerzo discontinua esté dentro del intervalo mencionado  
 55 anteriormente, desde el punto de vista de la rigidez de la estructura intercalada y la productividad de la fibra de  
 refuerzo. El módulo de tracción de la fibra de refuerzo se puede medir mediante el ensayo de tracción de hebra dado  
 a conocer en el estándar JIS R7601-1986.

60 En la invención, el contenido en volumen de la fibra de refuerzo discontinua que se va a utilizar para el componente  
 de núcleo es preferentemente del 1 % al 30 % con respecto al volumen aparente del componente de núcleo, y es  
 más preferentemente del 3 % al 10 % desde el punto de vista de equilibrar correctamente la ligereza y las  
 propiedades mecánicas. Cuando el contenido en volumen de la fibra de refuerzo discontinua es de menos del 1 %, la  
 rigidez es insuficiente, y cuando el contenido en volumen supera el 30 %, la densidad relativa volumétrica del  
 65 componente de núcleo se vuelve excesivamente grande. El volumen aparente del componente de núcleo incluye el  
 volumen de la fibra de refuerzo discontinua, el volumen de la resina termoplástica y el volumen de los huecos. El  
 volumen aparente del componente de núcleo, el volumen de la fibra de refuerzo discontinua que constituye el

componente de núcleo, el volumen de la resina termoplástica y el volumen de huecos se pueden medir con un aparato de inspección por rayos X (tomografía computerizada) (TC por rayos X).

Es importante para la fibra de refuerzo discontinua que se va a utilizar para el componente de núcleo en la invención que el 30 % o más de la superficie de la misma esté cubierto con la resina termoplástica. Es decir, la fibra de refuerzo discontinua está cubierta con la resina termoplástica de tal manera que la cobertura puede ser del 30 % o más con respecto a toda el área de superficie de la fibra de refuerzo discontinua. La cobertura es preferentemente del 50 % o más, más preferentemente del 80 % o más. Logrando tal cobertura, se forma una resina termoplástica reforzada con fibra como un componente de núcleo de una estructura intercalada y se puede potenciar la rigidez, y se puede garantizar la flexibilidad en la proporción de expansión cuando se realiza la expansión mediante calentamiento durante la formación del componente de núcleo tal como se describe más adelante. La cobertura se mide distinguiendo la fibra de refuerzo con respecto a la resina observando una sección transversal de la fibra de refuerzo mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM, "scanning electron microscope"). Además, en el estado de cubrir la fibra de refuerzo discontinua con la resina termoplástica en una realización preferida, la superficie de la fibra de refuerzo no se expone debido a la cobertura con la resina termoplástica, dicho de otro modo, la fibra de refuerzo está cubierta con la resina termoplástica, tal como un alambre eléctrico. Esto puede formar una estructura uniforme como un componente de núcleo, reduciendo la dimensión de la dispersión.

En la invención, es importante para un componente de núcleo que los monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua se intersequen entre sí a través de la resina termoplástica. Como resultado de esto, los monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua se unen mediante la resina termoplástica, y por tanto se aumenta el módulo de cizalladura del componente de núcleo y, como resultado, se aumenta la rigidez como una estructura intercalada. La proporción del número de porciones de intersección en las que se intersecan los monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua entre sí a través de la resina termoplástica es del 50 % o más, preferentemente del 70 % o más, más preferentemente del 90 % o más con respecto al número de todas las porciones de intersección en las que los monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua se intersecan entre sí, y esto contribuye eficazmente al módulo de cizalladura del componente de núcleo y hace que la rigidez de una estructura intercalada sea superior.

En la invención, la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo puede ser cristalina o amorfa.

Ejemplos de la resina termoplástica cristalina incluyen poliéster, poliolefina, polioximetileno (POM), poliamida (PA), poli(sulfuro de arileno), policetona (PK), poliéter-cetona (PEK), poliéter-éter-cetona (PEEK), poliéter-cetona-cetona (PEKK), poliéter-nitrilo (PEN), fluororesina y polímero de cristal líquido (LCP). Ejemplos del poliéster incluyen poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(tereftalato de trimetileno) (PTT), poli(naftalato de etileno) (PEN) y poliéster de cristal líquido. Ejemplos de la poliolefina incluyen polietileno (PE), polipropileno (PP) y polibutileno. Ejemplos del poli(sulfuro de arileno) incluyen poli(sulfuro de fenileno) (PPS). Ejemplos de la fluororesina incluyen politetrafluoroetileno.

Ejemplos de la resina termoplástica amorfa incluyen poliestireno, policarbonato (PC), poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(cloruro de vinilo) (PVC), poli(éter de fenileno) (PPE), poliimida (PI), poliamida-imida (PAI), poliéter-imida (PEI), polisulfona (PSU), poliéter-sulfona y poliarilato (PAR). La resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo puede ser asimismo resina fenoxi, poliestireno, poliolefina, poliuretano, poliéster, poliamida, polibutadieno, poliisopreno, resina de flúor, acrilonitrilo y otros elastómeros termoplásticos, y copolímeros y resina modificada de los mismos. De estos, se utilizan preferentemente poliolefina, poliamida, poliéster, policarbonato, poliestireno, poli(éter de fenileno) modificado y poli(sulfuro de arileno) como la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo. Lo preferente es una poliolefina en vista de la ligereza del artículo formado resultante, una poliamida en vista de la resistencia, un poliéster en vista de la higroscopicidad, una resina amorfa tal como un policarbonato, un poliestireno o un poli(éter de fenileno) modificado en vista del aspecto en superficie, un poli(sulfuro de arileno) en vista de la resistencia al calor, y una poliéter-éter-cetona en vista de la temperatura de utilización continua.

Tal como se describió anteriormente, aunque se utiliza preferentemente poliolefina desde el punto de vista de la ligereza de un artículo formado resultante, la poliolefina se divide aproximadamente en poliolefina no modificada y poliolefina modificada. Particularmente en la invención, es preferente utilizar una mezcla de una poliolefina no modificada y una poliolefina modificada como la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo.

La poliolefina no modificada significa una poliolefina que no se ha modificado con grupos funcionales, concretamente, una poliolefina que no contiene sustancialmente grupos funcionales tales como los descritos a continuación, y la poliolefina modificada significa una poliolefina que se ha modificado con un grupo funcional, concretamente, una poliolefina que contiene un grupo funcional tal como los descritos a continuación.

Ejemplos preferentes del grupo funcional mediante modificación en una poliolefina modificada incluyen un grupo carboxilo, un anhídrido de ácido, un grupo hidroxilo, un grupo epoxi y un grupo amino. Mientras tanto, el número de grupos funcionales se puede confirmar utilizando un índice de acidez, índice de OH, índice de epoxi, índice de amina

o similar como un indicador. Entre las poliolefinas modificadas, una poliolefina modificada con ácido es especialmente preferente en vista de la comodidad de manipulación y la facilidad de modificación.

Es preferente, en vista de la adhesión superior, que el número de grupos funcionales de la poliolefina modificada debido a modificación sea mayor. El procedimiento para modificar la poliolefina no está especialmente limitado, y los ejemplos del mismo incluyen una reacción de injerto de un compuesto que contiene grupo funcional, reacción de adición en los extremos, y copolimerización de un bloque que contiene grupo funcional. Por encima de todo, para aumentar los grupos funcionales, es más preferente una técnica de modificación mediante una reacción de injerto de un compuesto que contiene grupo funcional que tiene un doble enlace a una poliolefina insaturada.

Cuando se utiliza una mezcla de una poliolefina no modificada y una poliolefina modificada como la poliolefina, la cantidad mezclada de la poliolefina modificada es preferentemente del 5 % en masa o más, más preferentemente del 10 % en masa al 50 % en masa, con respecto a la masa total de la poliolefina desde el punto de vista de la comodidad de manipulación. Cuando se utiliza una poliolefina modificada con ácido como la poliolefina modificada, el índice de acidez de la poliolefina modificada con ácido es preferentemente de 10 o más, más preferentemente 20 o más, e incluso más preferentemente 30 o más. El índice de acidez de la poliolefina modificada con ácido es preferentemente de 60 o menos porque la viscosidad de la resina es alta y la comodidad de manipulación se puede ver afectada si el índice de acidez es excesivamente grande.

A cualquiera de las resinas termoplásticas indicadas en los grupos anteriores se le puede añadir un agente de mejora de la resistencia a impactos, una carga y otros aditivos utilizados como componentes de elastómeros y cauchos hasta un grado tal que el objetivo de la invención no se vea afectado. Ejemplos de los mismos incluyen una carga inorgánica, un retardante de la llama, un aditivo de conductividad, un agente de nucleación de cristales, un absorbedor de luz ultravioleta, un antioxidante, un material de amortiguación, un agente antimicrobiano, un insecticida, un desodorante, un protector de la coloración, un estabilizador térmico, un agente de desmoldeo, un agente antiestático, un plastificante, un agente deslizante, un colorante, un pigmento, un tinte, un agente espumante, un estabilizador de espuma y un agente de acoplamiento.

En particular, en la invención, es preferente añadir un antioxidante a la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo.

Ejemplos de antioxidante incluyen antioxidantes basados en fenol, antioxidantes que contienen azufre, antioxidantes que contienen fósforo, antioxidantes basados en amina impedida y antioxidantes basados en fenol impedido. De estos, se utilizan preferentemente antioxidantes que contienen fósforo y antioxidantes basados en fenol impedido porque ejercen un efecto de prevención de la oxidación excelente en una resina en la que se ha mezclado una carga inorgánica, un pigmento o similares.

Añadiendo un antioxidante a la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo, se mejora la moldeabilidad porque se inhibe la descomposición térmica de la resina termoplástica durante el moldeo de la resina termoplástica.

La cantidad añadida del antioxidante a la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo es preferentemente del 0,1 % en masa al 5 % en masa, más preferentemente está dentro de un intervalo del 0,1 % en masa al 3 % en masa, incluso más preferentemente dentro de un intervalo del 0,1 % en masa al 1 % en masa desde el punto de vista de equilibrar correctamente la inhibición de la descomposición térmica de la resina termoplástica y la moldeabilidad.

En la invención, el contenido en volumen de la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo es preferentemente del 10 % al 80 % con respecto al volumen aparente del componente de núcleo, y es más preferentemente del 10 % al 40 % desde el punto de vista de equilibrar correctamente la ligereza y las propiedades mecánicas. Cuando el contenido en volumen de la resina termoplástica es de menos del 10 %, la rigidez tiende a ser insuficiente, y cuando el contenido en volumen supera el 80 %, la densidad relativa volumétrica del componente de núcleo se puede hacer excesivamente grande.

En la invención, el contenido en volumen de los huecos en el componente de núcleo es preferentemente del 10 % al 85 % con respecto al volumen aparente del componente de núcleo, y es más preferentemente del 20 % al 85 %, e incluso más preferentemente del 50 % al 80 % desde el punto de vista de equilibrar correctamente la ligereza y las propiedades mecánicas.

En la invención, en el componente de núcleo, la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica que constituyen el componente de núcleo forman habitualmente agrupaciones. Es preferente desde el punto de vista de la rigidez de la estructura intercalada y del componente de núcleo que el promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones sea de 100  $\mu\text{m}$  o más, preferentemente de 200  $\mu\text{m}$  o más, más preferentemente de 300  $\mu\text{m}$  o más cuando se observa una sección transversal del componente de núcleo porque esto permite que la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica se unan firmemente y puede hacer que el módulo de cizalladura del componente de núcleo sea mayor. Cuando el promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones es

excesivamente grande, el contenido en volumen de huecos en el componente de núcleo es pequeño y por tanto se espera que la ligereza del componente de núcleo se vea afectada, y por tanto el promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones es preferentemente de 800  $\mu\text{m}$  o menos. Una agrupación significa un agregado de una fibra de refuerzo discontinua y una resina termoplástica que se reconoce cuando se observa una porción del componente de núcleo a un aumento de X200 con un microscopio láser en una sección en la dirección del grosor de una estructura intercalada o un componente de núcleo, y específicamente significa una masa formada a partir de la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica. En el campo observado de una sección, las agrupaciones se ensamblan habitualmente sin estar en contacto entre sí. La longitud máxima de una agrupación es la longitud más grande de líneas rectas trazadas en la agrupación en una imagen tomada observando una porción del componente de núcleo con un microscopio láser en una sección en la dirección del grosor de una estructura intercalada o un componente de núcleo. La agrupación se ilustra en una realización mostrada en la figura 1, y la longitud máxima de la agrupación en este caso es la línea recta más larga 2 de las líneas rectas 2, 3 y 4. Se preparan tres imágenes observadas de una porción del componente de núcleo tomadas en sitios diferentes y se seleccionan arbitrariamente 10 agrupaciones en cada imagen observada. Se trazan líneas rectas en las agrupaciones individuales y se mide individualmente la longitud máxima. El promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones se determina promediando las longitudes máximas medidas de las diez agrupaciones.

En la invención, habitualmente, el 30 % o más de la superficie de la fibra de refuerzo discontinua está cubierto con la resina termoplástica, y los monofilamentos de fibra de refuerzo discontinua se intersecan entre sí a través de la resina termoplástica y forman una agrupación. El 30 % o más de toda el área de superficie de la fibra de refuerzo discontinua en una agrupación se ha cubierto con la resina termoplástica y por tanto se ha formado una resina termoplástica reforzada con fibra, y por tanto se aumenta la rigidez de un componente de núcleo y la rigidez de una estructura intercalada que utiliza el componente de núcleo se vuelve notablemente alta.

En la invención, el módulo de flexión del componente de núcleo es preferentemente de 2,5 GPa a 20 GPa, más preferentemente de 3,0 GPa a 15 GPa desde el punto de vista de la rigidez de una estructura intercalada. Si el módulo de flexión del componente de núcleo es menor de 2,5 GPa, la rigidez de la estructura intercalada puede ser insuficiente, y si el módulo de flexión es mayor de 20 GPa, la ligereza de una estructura intercalada puede ser insuficiente. El módulo de flexión del componente de núcleo se determina según ASTM D790 realizando un ensayo de flexión en tres puntos con una distancia entre apoyos ajustada a 16 veces el grosor de la muestra. El resultado evaluado mediante el promedio de cinco muestras se utiliza como módulo de flexión.

En la invención, la densidad relativa volumétrica de un componente de núcleo es preferentemente de 0,01 a 0,6, más preferentemente de 0,1 a 0,6 desde el punto de vista de la ligereza. Si la densidad relativa volumétrica del componente de núcleo es menor de 0,01, la rigidez de la estructura intercalada puede ser insuficiente debido a un aumento de los huecos en el componente de núcleo, y si la densidad relativa volumétrica es mayor de 0,6, puede no lograrse la ligereza de una estructura intercalada. La densidad relativa volumétrica de un componente de núcleo se determina tomando una muestra cortando únicamente el componente de núcleo a partir de una estructura intercalada para obtener un tamaño de 100 mm de anchura, 100 mm de longitud (y el grosor del componente de núcleo de grosor), y después calculando la densidad relativa volumétrica a partir de la masa P (g) y el volumen aparente V ( $\text{cm}^3$ ) de la muestra, según la fórmula facilitada a continuación.

Densidad relativa volumétrica =  $P/V$

En la invención, el mismo tipo de fibra de refuerzo que la fibra de refuerzo discontinua que se va a utilizar para el componente de núcleo descrito anteriormente, por ejemplo, se puede utilizar como la fibra de refuerzo continua que se va a utilizar para el elemento de revestimiento. Especialmente, las fibras de refuerzo continuas en el elemento de revestimiento son de manera particularmente preferente fibras de carbono continuas.

El módulo de tracción de las fibras de refuerzo continuas utilizables está preferentemente dentro de un intervalo de entre 360 GPa y 1000 GPa, más preferentemente desde 500 GPa hasta 800 GPa desde el punto de vista de la rigidez de una estructura intercalada. Cuando el módulo de tracción de las fibras de refuerzo es menor de 360 GPa, la rigidez de una estructura intercalada puede ser escasa, y cuando el módulo de tracción es mayor de 1000 GPa, es necesario mejorar la cristalinidad de las fibras de refuerzo y se vuelve difícil producir tales fibras de refuerzo. Es preferente que el módulo de tracción de las fibras de refuerzo esté dentro del intervalo mencionado anteriormente desde el punto de vista de la mejora adicional en la rigidez de una estructura intercalada y la mejora en la productividad de las fibras de refuerzo. El módulo de tracción de las fibras de refuerzo se puede medir mediante el ensayo de tracción de hebra dado a conocer en el estándar JIS R7601-1986.

En la invención, ejemplos de una resina matriz utilizada preferentemente para el elemento de revestimiento incluyen resinas termoendurecibles, tales como resina de poliéster insaturado, resina de éster vinílico, resina epoxídica, resina de fenol (tipo resol), resina de urea, resina de melamina, resina de poliimida, resina de maleimida y resina de benzoxazina. Se puede emplear asimismo una resina preparada combinando dos o más de las mismas. De estas, la resina epoxídica es especialmente preferente desde el punto de vista de las propiedades mecánicas y la resistencia al calor de un artículo formado. Con el fin de desarrollar propiedades mecánicas excelentes de tal resina epoxídica, la resina epoxídica está contenida preferentemente como un componente principal de la resina que se va a utilizar,

y, específicamente, está contenida preferentemente en una cantidad del 60 % en masa o más con respecto a la masa total de la composición de resina.

5 Se utiliza preferentemente una resina epoxídica, cuyos precursores son una amina, un fenol y un compuesto que tiene un doble enlace carbono-carbono, como la resina epoxídica.

10 Como un agente de curado para una resina epoxídica, se puede utilizar cualquier compuesto que tenga un grupo activo capaz de reaccionar con un grupo epoxi. Como el agente de curado, resulta adecuado un compuesto que tiene un grupo amino, un grupo anhídrido de ácido carboxílico o un grupo azida. Ejemplos del agente de curado incluyen más específicamente dicianodiamida, diaminodifenilmetano (incluyendo diversos isómeros),  
15 diaminodifenilsulfona (incluyendo diversos isómeros), ésteres de ácido aminobenzoico, diversos anhídridos de ácido, resinas de fenol-novolaca, resinas de cresol-novolaca, compuestos de polifenol, derivados de imidazol, aminas alifáticas, tetrametilguanidina, aminas con adición de tiourea, anhídridos de ácido carboxílico (por ejemplo, anhídrido metil-hexahidroftálico), hidrazidas de ácido carboxílico, amidas de ácido carboxílico, polimercaptanos y complejos de ácidos de Lewis (por ejemplo, complejo de trifluoruro de boro-etilamina). Se pueden utilizar tales agentes de curado de manera individual o se pueden utilizar dos o más de los mismos en combinación.

20 Mediante la utilización de una diamina aromática como agente de curado, se obtiene una resina curada que tiene buena resistencia al calor. Especialmente, los isómeros de diaminodifenilsulfona son los más adecuados para obtener una resina curada que tiene buena resistencia al calor. En el caso de utilizar una diamina aromática como un agente de curado, es preferente añadir la diamina de tal manera que su cantidad añadida pueda ser estequiométricamente equivalente, pero, según las circunstancias, se obtiene una resina curada que tiene un módulo de elasticidad superior, por ejemplo, mediante una utilización de aproximadamente desde 0,7 hasta 0,8 equivalentes.

25 Además, mediante la utilización de una combinación de dicianodiamida y un compuesto de urea (por ejemplo, 3,4-diclorofenil-1,1-dimetilurea) o un compuesto de imidazol como un agente de curado, se obtiene una alta resistencia al calor y al agua, mientras se cura a temperaturas relativamente bajas. Curar con un anhídrido de ácido proporciona una resina curada que tiene una tasa de absorción de agua inferior en comparación con un caso en el que se utiliza un compuesto de amina como un agente de curado. Además, se puede utilizar una forma latente de un agente de curado de este tipo, tal como una forma microencapsulada.

30 Como agentes de curado para una resina epoxídica, se utiliza preferentemente una combinación de dicianodiamida y un compuesto de urea porque permite fácilmente curar dentro del plazo de 10 minutos a una temperatura de 145 °C o superior.

35 Una resina epoxídica y un agente de curado de este tipo, o un material obtenido haciendo reaccionar de manera preliminar una parte de los mismos, se puede incorporar en una composición. Este procedimiento puede ser eficaz en la regulación de la viscosidad o la mejora de la estabilidad en almacenamiento.

40 Es preferente asimismo añadir una resina termoplástica a la composición de resina epoxídica mencionada anteriormente disolviéndose la resina termoplástica. En general, una resina termoplástica de este tipo es preferentemente una resina termoplástica que tiene, en su cadena principal, un enlace o una unión seleccionado de un enlace carbono-carbono, una unión amida, una unión imida, una unión éster, una unión éter, una unión carbonato, una unión uretano, una unión tioéter, una unión sulfona o una unión carbonilo, y puede tener parcialmente una estructura reticulada. Además, puede tener cristalinidad o puede ser amorfa. En particular, es preferente que, como mínimo, una resina seleccionada del grupo que consiste en poliamida, policarbonato, poliactal, poli(óxido de fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poliarilato, poliéster, poliamida-imida, poliimida (por ejemplo, poliimida que tiene una estructura de feniltrimetilindano), poliéter-imida, polisulfona, polietersulfona, poliéter-cetona, poliéter-éter-cetona, poliaramida, poliéter-nitrilo y polibencimidazol se haya disuelto en la composición de resina epoxídica.

50 Una resina termoplástica se utiliza de manera adecuada asimismo como la resina matriz que se va a utilizar para el elemento de revestimiento, y los ejemplos de la misma incluyen las mismas especies que las resinas termoplásticas que se van a utilizar para el componente de núcleo descrito anteriormente.

A continuación, se describe en más detalle la estructura intercalada de la invención.

60 En la estructura intercalada de la invención, es preferente que parte de la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo haya penetrado en el elemento de revestimiento y la distancia de permeación máxima de la parte que ha penetrado sea de 10  $\mu\text{m}$  o más desde el componente de núcleo, desde el punto de vista de la fuerza de unión entre el componente de núcleo y el elemento de revestimiento, y que la distancia de permeación máxima sea más preferentemente de 15  $\mu\text{m}$  o más. El procedimiento para medir la distancia de permeación máxima no está limitado particularmente, y la distancia de permeación de la resina termoplástica que se va a utilizar para el componente de núcleo que ha penetrado en el elemento de revestimiento se puede medir, por ejemplo, observando la superficie de contacto entre el elemento de revestimiento y el componente de núcleo mediante observación de la

sección transversal de la estructura intercalada.

En la estructura intercalada de la invención, el precursor del componente de núcleo tiene habitualmente una capacidad de expansión térmica tal como se describe a continuación. La capacidad de expansión térmica significa que un grupo de fibras de refuerzo en el precursor del componente de núcleo mantenidas en un estado comprimido mediante aplicación de presión se expanden debido a una fuerza de resistencia derivada del módulo de elasticidad de las fibras de refuerzo mediante calentamiento del precursor hasta una temperatura igual o superior al punto de fusión de la resina termoplástica que constituye el precursor. Esto permite formar una estructura que contiene huecos y permite un control libre del grosor del componente de núcleo dentro de un intervalo permitido por las características de las fibras de refuerzo y la resina termoplástica.

El precursor del componente de núcleo, tal como se denomina en el presente documento, significa el material del componente de núcleo compuesto por fibras de refuerzo discontinuas y una resina termoplástica y que no contiene sustancialmente ningún hueco. Si el contenido en volumen de huecos es igual o inferior al 5 % con respecto al volumen aparente del precursor del componente de núcleo, habitualmente se considera que no está contenido sustancialmente ningún hueco.

Es preferente, con la estructura intercalada de la invención, que parte de las fibras de refuerzo discontinuas en el componente de núcleo penetre en el elemento de revestimiento. El estado en el que las fibras de refuerzo discontinuas penetran en el elemento de revestimiento se ilustra como un ejemplo en la realización representada en la figura 2. Es decir, las fibras de refuerzo discontinuas 8 están presentes con una resina matriz 7 y una resina termoplástica 6, estando encerradas en la capa de superficie de contacto formada por la resina matriz que constituye el elemento de revestimiento y la resina termoplástica que constituye el componente de núcleo tal como se representa en la figura 2, dicho de otro modo, la resina matriz y la resina termoplástica se mantienen en un estado unido fuertemente debido al anclaje mediante las fibras de refuerzo discontinuas. El grado de penetración de la fibra de refuerzo discontinua (el grado de penetración de los monofilamentos 8 en la figura 2) no está limitado siempre que el efecto de la invención no se vea afectado, y desde el punto de vista de que el componente de núcleo que contiene fibras de refuerzo discontinuas funciona como un medio de unión y afecta a la capacidad para unir el elemento de revestimiento y el componente de núcleo, existe preferentemente un estado de penetración en el que la distancia de penetración máxima de las fibras de refuerzo discontinuas del componente de núcleo en el elemento de revestimiento es preferentemente de 5  $\mu\text{m}$  o más, más preferentemente 10  $\mu\text{m}$  o más. La distancia de penetración de la fibra de refuerzo discontinua del componente de núcleo en el elemento de revestimiento se representa mediante la distancia más corta desde la profundidad (plano horizontal) de la punta de la fibra en el lado de la resina matriz del elemento de revestimiento hasta el punto de penetración en la superficie de contacto entre la resina matriz del elemento de revestimiento y la resina termoplástica del componente de núcleo, y en el caso de una fibra de refuerzo discontinua 8 en la figura 2, la distancia de penetración se representa mediante la distancia indicada por el numeral 9. De las distancias de penetración medidas, se toma el valor más grande como la distancia de penetración máxima. Específicamente, la distancia de penetración máxima de la fibra de refuerzo discontinua del componente de núcleo en el elemento de revestimiento se puede medir de la siguiente manera. Se corta una porción de unión entre un elemento de revestimiento y un componente de núcleo de una estructura intercalada y se fotografía una sección transversal de la misma en la dirección del grosor en diez puntos arbitrarios (diez imágenes) a un aumento de X1000 utilizando un microscopio láser, y a partir de las imágenes tomadas, se determina una distancia de penetración para cada monofilamento de las fibras de refuerzo discontinuas del componente de núcleo que penetran en el elemento de revestimiento, y el valor máximo de las mismas se define como una distancia de penetración máxima.

En la estructura intercalada de la invención, sólo se requiere que las fibras de refuerzo discontinuas que se van a utilizar para el componente de núcleo estén dispuestas de tal manera que el precursor del componente de núcleo pueda tener capacidad de expansión térmica, pero están dispuestas preferentemente en un estado sustancialmente de monofilamentos, más preferentemente en un estado de monofilamentos, y, adicionalmente, es más preferente que las fibras de refuerzo estén distribuidas aleatoriamente. Por ejemplo, una estera es excelente en la propiedad de conferir forma y, por tanto, de ese modo se facilita el moldeo para dar una forma complicada. Dado que los huecos formados por la estera se densifican, la resina matriz y la resina termoplástica forman una superficie de contacto más complicada y desarrollan una capacidad de unión excelente. Además, dado que se minimizan las partes débiles en los extremos de los haces de la fibra de refuerzo discontinua, también se confiere isotropía además de una capacidad de unión excelente, reforzando la eficiencia y la fiabilidad. El estado sustancialmente de monofilamentos, tal como se denomina en el presente documento, significa que los monofilamentos están presentes en la forma de una hebra de tamaño fino que tiene menos de 500 filamentos.

El estado de dispersión de las fibras de refuerzo discontinuas en un componente de núcleo se puede especificar, por ejemplo, observando las fibras de refuerzo en una sección en la dirección del grosor del componente de núcleo con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

Además, el término "dispersión en un estado de monofilamentos" significa que la proporción de los monofilamentos que tienen el ángulo de contacto bidimensional de 1° o más (también denominado de ahora en adelante como "grado de dispersión de la fibra") es del 80 % o más en las fibras de refuerzo discontinuas seleccionadas arbitrariamente en el núcleo de la estructura intercalada, y dicho de otro modo, que el haz de los monofilamentos en

el que 2 o más monofilamentos están en contacto y se extienden en paralelo es menos del 20 % en el componente. Por consiguiente, como mínimo, para la fibra de refuerzo que constituye la estera, la fracción en masa de los haces de fibra que contienen hasta 100 monofilamentos corresponde al 100 %.

5 El "ángulo de contacto bidimensional" tal como se utiliza en el presente documento es un ángulo formado entre un monofilamento de la fibra de refuerzo discontinua y un monofilamento en contacto con ese monofilamento, y se define como un ángulo agudo desde 0 grados hasta 90 grados de los ángulos formados por los dos monofilamentos en contacto entre sí. Este ángulo de contacto bidimensional se describe adicionalmente con referencia a los dibujos. La figura 3(a) y la figura 3(b) ilustran una realización de la invención y son diagramas esquemáticos de fibras de refuerzo discontinuas en una estructura intercalada observada desde la dirección del plano (a) y la dirección del grosor (b), respectivamente. Cuando se considera un monofilamento 11 como la referencia, se observa que el monofilamento 11 se interseca con los monofilamentos 12 a 16 en la figura 3(a), pero el monofilamento 11 no está en contacto con los monofilamentos 15 y 16 en la figura 3(b). En este caso, los objetos que se van a utilizar para la evaluación del ángulo de contacto bidimensional con respecto al monofilamento 11 como una referencia son los monofilamentos 12 a 14, y de dos ángulos formados por dos monofilamentos en contacto entre sí, el ángulo agudo 17 de entre 0 grados y 90 grados es un ángulo de contacto bidimensional.

Un procedimiento para medir el ángulo de contacto bidimensional no está limitado particularmente, y un procedimiento a modo de ejemplo comprende amolar la superficie de la estructura intercalada para exponer la fibra de refuerzo discontinua del componente de núcleo y observar la orientación de la fibra de refuerzo discontinua. Otro procedimiento a modo de ejemplo comprende tomar una imagen de orientación de la fibra de refuerzo discontinua mediante observación de penetración de TC por rayos X. En el caso de fibras de refuerzo con alta capacidad de penetración en rayos X, es preferente la adición de una fibra indicadora a la fibra de refuerzo o la aplicación de un agente indicador a la fibra de refuerzo porque esto hace que la observación de la fibra de refuerzo sea más fácil. Cuando es difícil realizar la medición mediante los procedimientos descritos anteriormente, otro procedimiento a modo de ejemplo comprende colocar una estructura intercalada en un horno o similar para quemar un componente de resina termoplástica a alta temperatura, y después observar la orientación de la fibra de refuerzo mediante un microscopio óptico o un microscopio electrónico a partir de una estera de la fibra de refuerzo extraída. En base al procedimiento de observación descrito anteriormente, se mide el grado de dispersión de la fibra mediante el siguiente procedimiento. Se mide un ángulo de contacto bidimensional para todos los monofilamentos (los monofilamentos 12 a 14 en la figura 3) que están en contacto con un monofilamento seleccionado aleatoriamente (el monofilamento 11 en la figura 3). Se realiza este procedimiento para 100 monofilamentos, y se calcula la proporción a partir de la proporción del número de monofilamentos cuyo ángulo de contacto bidimensional era de 1 grado o más con respecto al número total de todos los monofilamentos cuyo ángulo de contacto bidimensional se midió.

Además, es particularmente preferente que la fibra de refuerzo discontinua esté dispersada aleatoriamente. Que la fibra de refuerzo discontinua esté dispersada aleatoriamente significa en el presente documento que el promedio de los ángulos de orientación bidimensionales de fibras de refuerzo seleccionadas arbitrariamente en el componente de núcleo de la estructura intercalada es de 30 grados a 60 grados. El ángulo de orientación bidimensional es un ángulo formado entre un monofilamento de una fibra de refuerzo discontinua y un monofilamento que se interseca con ese monofilamento, y este ángulo se define como el ángulo agudo de 0 grados a 90 grados de los ángulos formados por los dos monofilamentos que se intersecan entre sí. El ángulo de orientación bidimensional se describe adicionalmente con referencia a los dibujos. Cuando se considera el monofilamento 11 como referencia en las figuras 3(a) y 3(b), el monofilamento 11 se interseca con otros monofilamentos 12 a 16. El término "intersecar" significa un estado en el que se observa que el monofilamento considerado como la referencia se interseca con otro monofilamento en el plano bidimensional que se está observando, y no se requiere que el monofilamento 11 y los monofilamentos 12 a 16 estén en contacto entre sí, y se incluye también el caso en el que se observa la intersección cuando se proyecta. Dicho de otro modo, todos los monofilamentos 12 a 16 se someten a evaluación del ángulo de orientación bidimensional con respecto al monofilamento 11, y el ángulo de orientación bidimensional es un ángulo agudo 17 de 0 grados a 90 grados de los dos ángulos definidos por los dos monofilamentos que se intersecan en la figura 3(a).

Un procedimiento para medir el ángulo de orientación bidimensional no está limitado particularmente, y un procedimiento a modo de ejemplo comprende la observación de la orientación de la fibra de refuerzo discontinua desde la superficie del componente, y la medición se puede llevar a cabo mediante un procedimiento similar a la medición del ángulo de contacto bidimensional. Específicamente, el promedio de los ángulos de orientación bidimensionales se mide mediante el siguiente procedimiento. Se mide el promedio de los ángulos de orientación bidimensionales entre un monofilamento seleccionado aleatoriamente (el monofilamento 11 en la figura 3) y todos los monofilamentos que se intersecan con ese monofilamento (los monofilamentos 12 a 16 en la figura 3). Por ejemplo, cuando muchos monofilamentos se intersecan con un determinado monofilamento, se puede utilizar un promedio medido seleccionando aleatoriamente 20 monofilamentos intersecantes. Se repite este procedimiento cinco veces en total para diferentes monofilamentos, y se calcula el promedio de las mediciones para su utilización como el promedio de los ángulos de orientación bidimensionales.

La distribución aleatoria de la fibra de refuerzo discontinua en un estado de monofilamentos contribuye para maximizar las prestaciones obtenidas por la fibra de refuerzo discontinua mencionada anteriormente dispersada en

un estado sustancialmente de monofilamentos, y se desarrolla una adhesión particularmente buena en la capa de superficie de contacto. Además, se puede conferir isotropía a las propiedades mecánicas de una estructura intercalada y un artículo formado integralmente preparado utilizando la estructura intercalada, y dado que se reduce la tensión interna en la capa de superficie de contacto provocada por la anisotropía, se pueden conferir excelentes propiedades mecánicas en la capa de superficie de contacto. Desde tal punto de vista, el grado de dispersión de la fibra de la estera compuesta por la fibra de refuerzo es preferentemente del 90 % o más, y el grado de dispersión de la fibra más próximo al 100 % es más preferente. El promedio del ángulo de orientación bidimensional de la fibra de refuerzo es preferentemente de 40 grados a 50 grados, y un ángulo más próximo al ángulo ideal de 45 grados es más preferente.

La estera compuesta por fibra de refuerzo discontinua (algunas veces denominada de manera resumida a continuación en el presente documento como "estera de fibras de refuerzo discontinuas") que se va a utilizar de manera adecuada para el precursor del componente de núcleo se produce, por ejemplo, dispersando por adelantado la fibra de refuerzo discontinua en un estado de hebras, preferentemente en un estado sustancialmente de monofilamentos, más preferentemente en un estado de monofilamentos. Los ejemplos específicos de los procedimientos conocidos en la técnica para producir la estera de fibras de refuerzo discontinuas incluyen procesos en seco tales como el procedimiento por chorro de aire en el que la fibra de refuerzo discontinua se dispersa mediante un flujo de aire y después se fabrica en láminas y el procedimiento de cardado en el que se forma una lámina mientras se peina mecánicamente la fibra de refuerzo discontinua, y procesos en húmedo tales como el procedimiento de Radright en el que la fibra de refuerzo discontinua se agita en agua y se fabrica en una lámina. Los medios a modo de ejemplo para llevar la fibra de refuerzo discontinua más cerca de un estado de monofilamentos incluyen, en el caso de un proceso en seco, la provisión de una barra de apertura, la vibración de la barra de apertura, la utilización de un cardado más fino, el ajuste de la velocidad de rotación de cardado, y en el caso de un proceso en húmedo, el ajuste de las condiciones utilizadas en la agitación de la fibra de refuerzo discontinua, la utilización de la dispersión de la fibra de refuerzo a una concentración inferior, el ajuste de la viscosidad de la dispersión, la supresión del vórtice durante la transferencia de la dispersión. Más particularmente, la estera de fibras de refuerzo discontinuas se produce preferentemente mediante un proceso en húmedo, y la proporción de la fibra de refuerzo en la estera de fibras de refuerzo discontinuas se puede ajustar fácilmente, por ejemplo, aumentando la concentración de la fibra que se va a alimentar o ajustando la velocidad del flujo (caudal) de la dispersión y la velocidad del elemento de transporte de malla. Por ejemplo, cuando la velocidad del elemento de transporte de malla se reduce con respecto al caudal de dispersión, es menos probable que la fibra en la estera de fibras de refuerzo discontinuas resultante esté orientada en la dirección de captación, y de ese modo se permite la producción de una estera de fibras de refuerzo discontinuas voluminosa. La estera de fibras de refuerzo discontinuas puede estar constituida únicamente a partir de la fibra de refuerzo discontinua, o, alternativamente, la fibra de refuerzo discontinua se puede mezclar con un componente de resina matriz en polvo o fibroso, o la fibra de refuerzo discontinua puede estar en forma de una mezcla con un compuesto orgánico o un compuesto inorgánico, o las fibras de refuerzo discontinuas se pueden llenar con un componente de resina.

El precursor del componente de núcleo se produce impregnando una estera de fibras de refuerzo discontinuas de este tipo con una película o un material textil no tejido de resina termoplástica. La presión aplicada durante la impregnación con la película o el material textil no tejido de resina termoplástica es preferentemente de 0,5 MPa a 30 MPa, más preferentemente de 1 MPa a 5 MPa. Si la presión es inferior a 0,5 MPa, la estera de fibras de refuerzo discontinuas puede no impregnarse con la resina termoplástica, y si la presión es superior a 30 MPa, es difícil ajustar el grosor del precursor del componente de núcleo. La temperatura aplicada durante la impregnación con la película o el material textil no tejido de la resina termoplástica es preferentemente una temperatura igual o superior al punto de fusión o al punto de transición vítrea de la resina termoplástica, más preferentemente una temperatura igual o superior a una temperatura calculada sumando 10 °C al punto de fusión o al punto de transición vítrea, e incluso más preferentemente una temperatura igual o superior a una temperatura calculada sumando 20 °C al punto de fusión o al punto de transición vítrea. Las temperaturas iguales o inferiores a una temperatura calculada sumando 150 °C al punto de fusión o al punto de transición vítrea de la resina termoplástica son preferentes porque se puede producir la descomposición o la degradación de la resina termoplástica cuando la temperatura aplicada durante la impregnación con la película o el material textil no tejido de la resina termoplástica es excesivamente superior al punto de fusión o al punto de transición vítrea de la resina termoplástica.

Como una instalación para realizar el procedimiento de impregnación de la estera de fibras de refuerzo discontinuas con la película o el material textil no tejido de la resina termoplástica, se puede utilizar de manera adecuada una máquina de moldeo por compresión o una máquina de prensado de doble cinta. La máquina de moldeo por compresión es una máquina de tipo por lotes, y el empleo de un sistema de prensado intermitente que tiene dos o más máquinas incluyendo una para calentar y una para enfriar permite una mejora en la productividad. La máquina de prensado de doble cinta es una máquina de tipo continuo y es superior en la productividad continua porque se puede realizar fácilmente un proceso continuo con la misma.

El grosor de la estructura intercalada de la invención es preferentemente de 0,4 mm a 2 mm, más preferentemente de 0,4 mm a 1 mm. Reducir el grosor de una estructura intercalada también tiene un efecto de aligerar el peso y una estructura intercalada más delgada que 0,4 mm puede tener una mala rigidez.

La estructura intercalada de la invención se puede producir preferentemente mediante un procedimiento que comprende las siguientes etapas [1] a [3]:

5 etapa [1]: una etapa de formar un precursor de un componente de núcleo impregnando una estera de fibras de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo con una película o un material textil no tejido de la resina termoplástica aplicando presión en un estado en el que la resina termoplástica se calienta a una temperatura a la que la resina termoplástica se funde o se ablanda,

etapa [2]: una etapa de formar un elemento de revestimiento a partir de fibras de refuerzo continuas y una resina matriz,

10 etapa [3]: una etapa de formar el componente de núcleo expandiendo el precursor del componente de núcleo ajustando el grosor del mismo de modo que el precursor del componente de núcleo tiene una proporción de expansión en un estado calentado desde 1,1 hasta 8, calculada a partir del grosor del componente de núcleo antes de la expansión  $t_0$  y el grosor del componente de núcleo después de la expansión  $t_1$ , según la siguiente fórmula:

15 
$$\text{Proporción de expansión} = t_1/t_0.$$

La etapa [1] es una etapa de preparar un precursor de un componente de núcleo, en la que se prepara el precursor de un componente de núcleo impregnando una fibra de refuerzo discontinua con una resina termoplástica añadiendo una presión de 0,5 MPa a 30 MPa a la resina termoplástica y la fibra de refuerzo en un estado de calentarse a una temperatura a la que la resina termoplástica se funde o se ablanda, es decir, una temperatura igual o superior al punto de fusión o al punto de ablandamiento de la resina termoplástica. Después, según se necesite, se enfría ese producto hasta una temperatura inferior al punto de fusión o al punto de ablandamiento de la resina termoplástica y se añade una presión de 0,5 MPa a 30 MPa en un estado en el que la resina termoplástica ni se funde ni se ablanda, y por tanto se prepara un precursor de un componente de núcleo.

25 La etapa [2] es una etapa de preparar un elemento de revestimiento, en la que, por ejemplo, el elemento de revestimiento se prepara añadiendo una presión de 0,3 MPa a 30 MPa a un material preimpregnado preparado impregnando una fibra de refuerzo continua con una resina matriz.

30 La etapa [3] es una etapa de expandir el precursor de un componente de núcleo y formar así un componente de núcleo que tiene huecos, en la que el grosor del precursor de un componente de núcleo se ajusta de tal manera que se alcanzará una proporción de expansión prescrita en un estado calentado, y de ese modo se expande el precursor para preparar un componente de núcleo. En este momento, la fuerza de unión de la resina termoplástica a la fibra de refuerzo discontinua se debilita mediante calentamiento, y, por tanto, se libera la tensión residual de la fibra de refuerzo y se provoca que se recupere la expansión. La expansión no sólo permite que se formen huecos en el componente de núcleo, sino que habitualmente permite también que se formen agrupaciones.

35 La proporción de expansión en la etapa [3] es desde 1,1 hasta 8, preferentemente desde 1,5 hasta 4. Una proporción de expansión de menos de 1,1 conduce fácilmente a un efecto reducido de aligerar la estructura intercalada y, por otro lado, cuando la proporción de expansión es mayor de 8, la rigidez de la estructura intercalada se vuelve baja fácilmente.

40 Además, la estructura intercalada de la invención es preferente porque se pueden utilizar su ligereza y su rigidez cuando se integra con otro elemento para formar un artículo formado integralmente. En este caso, se puede obtener un artículo formado integralmente obtenido uniendo un primer elemento compuesto por la estructura intercalada y un segundo elemento compuesto por otro artículo formado.

45 Un segundo elemento que se va a integrar de este tipo no está limitado particularmente, y los ejemplos del mismo incluyen materiales de base de moldeo reforzados con fibra tales como material preimpregnado unidireccional (UD) y material preimpregnado tejido, que están reforzados con una fibra de refuerzo continua, y termoplástico reforzado con estera de vidrio (GMT), compuesto de moldeo de lámina (SMC) y material preimpregnado reforzado con fibras largas, que están reforzados con una fibra de refuerzo discontinua, o un material de base de moldeo no reforzado con fibra tal como una lámina de resina y una espuma. De estos, es preferente un material de base de moldeo reforzado con fibra en vista de las propiedades mecánicas de un artículo formado que se va a obtener, y se utiliza preferentemente un material preimpregnado reforzado con fibra continua con vistas a potenciar el efecto de reforzar el artículo formado, y se utiliza preferentemente un material preimpregnado reforzado con fibra discontinua, que tiene buena propiedad de conferir forma, en el caso de formar un artículo formado con una forma complicada.

50 Los medios para unir el primer elemento y el segundo elemento entre sí no están limitados particularmente, y ejemplos de los mismos incluyen (i) un procedimiento en el que el primer elemento y el segundo elemento se forman individualmente por adelantado y después se unen entre sí, y (ii) un procedimiento en el que se forma el primer elemento por adelantado y después se forma el segundo elemento y al mismo tiempo se unen los elementos entre sí. En un procedimiento a modo de ejemplo de (i), el primer elemento se produce mediante moldeo por prensado y el segundo elemento se produce mediante moldeo por prensado o moldeo por inyección, y los elementos producidos se unen entre sí mediante una técnica de soldadura conocida en la técnica, tal como soldadura por placas calientes, soldadura por vibración, soldadura por ultrasonidos, soldadura por láser, soldadura por resistencia eléctrica o

soldadura por inducción. En un procedimiento a modo de ejemplo de (ii), el primer elemento se produce mediante moldeo por prensado y después se inserta en un molde para moldeo por inyección, y, después, se introduce el material para formar el segundo elemento en el molde para moldeo por inyección y se moldea de ese modo, y al mismo tiempo, se une el segundo elemento al primer elemento mediante fusión o ablandamiento de la superficie del primer elemento mediante el calor del material en el estado fundido o ablandado. En otro procedimiento a modo de ejemplo de (ii), se produce el primer elemento mediante moldeo por prensado y después se coloca en un molde para moldeo por prensado, y, después, el material para formar el segundo elemento se carga en el molde para moldeo por prensado y después se moldea por prensado para lograr así la unión mediante el mismo principio que el descrito anteriormente. Con vistas a la productividad en masa del artículo formado integralmente, se emplea preferentemente el procedimiento de (ii), y se utiliza preferentemente moldeo por inyección sobre inserto o moldeo por inyección en receptáculo como moldeo por inyección, y se utiliza preferentemente moldeo por matrizado o moldeo por calentamiento y enfriamiento como el moldeo por prensado.

Los ejemplos de la aplicación de elementos de montaje proporcionados por la estructura intercalada de la invención y un artículo formado integralmente fabricado a partir de la misma incluyen: elementos de instrumentos eléctricos y electrónicos, tales como carcasas, bandejas, chasis, elementos interiores y cubiertas de ordenadores personales, pantallas, equipos de OA, teléfonos celulares, terminales de información portátiles, máquinas de fax, discos compactos, MD portátiles, reproductores de casete y radio portátiles, PDA (asistentes digitales portátiles tales como organizadores electrónicos), videocámaras, videocámaras digitales, instrumentos ópticos, dispositivos de audio, aparatos de aire acondicionado, dispositivos de iluminación, artículos recreativos, juguetes y otros aparatos eléctricos domésticos; partes de ingeniería civil y construcción tales como columnas, paneles y materiales de refuerzo; componentes de suspensiones, aceleradores y volantes, tales como diversos elementos, armazones, bisagras, brazos, ejes, cojinetes de las ruedas, vigas, árboles propulsores, ruedas y cajas de cambios; componentes de placas externas y partes de carrocería, tales como capós, techos, puertas, guardabarras, tapas de maleteros, paneles laterales, paneles traseros, paneles superiores-traseros, carrocerías frontales y carrocerías inferiores así como diversos pilares, elementos, armazones, vigas, soportes, carriles y bisagras; partes exteriores tales como parachoques, vigas del parachoques, partes moldeadas, partes cubiertas, cubiertas del motor, placas de corriente, alerones, rejillas exteriores y partes aerodinámicas; partes interiores tales como salpicaderos, armazones de asientos, embellecedores de las puertas, embellecedores de los pilares, volantes y diversos módulos; partes estructurales de automóviles y motocicletas tales como componentes de sistemas de combustible, escape y admisión, incluyendo componentes del motor, depósitos de CNG, depósitos de gasolina, bombas de combustible, admisiones de aire, colectores de admisión, cuerpos principales del carburador y separadores del carburador así como diversos tubos y válvulas; otros componentes de automóviles y motocicletas tales como terminales del alternador, conectores del alternador, reguladores de IC, bases del potenciómetro para reguladores de la intensidad de iluminación, juntas de refrigerante del motor, bases del termostato del aire acondicionado, bombillas de control del flujo de aire del calentador, soportes del cepillo para motores del radiador, válvulas de la turbina, componentes relacionados con el motor del limpiaparabrisas, distribuidores, interruptores de arranque, relés de arranque, boquillas de fluido de lavado del parabrisas, cuadros de control del panel del aire acondicionado, bobinas de la válvula de solenoide de combustible, bandejas de la batería, soportes de AT, soportes de los faros delanteros, carcasas de los pedales, protectores, terminales del claxon, rotores de motor de pasos, casquillos de las bombillas, reflectores de las lámparas, carcasas de las lámparas, pistones de freno, protecciones acústicas, cubiertas de la rueda de repuesto, bobinas del solenoide, filtros de aceite del motor, carcasas del sistema de ignición, molduras y tableros; y componentes de aeronaves tales como góndolas del tren de aterrizaje, aletas, alerones, bordes, escaleras, elevadores, carenados y nervaduras. En vista de las propiedades mecánicas, los elementos de montaje se utilizan preferentemente para materiales interiores o exteriores de automóvil, carcasas de equipos eléctricos o electrónicos, elementos estructurales de bicicletas o equipos para deportes, materiales de acabado interiores de aeronaves, o paquetes de transporte. En particular, los elementos de montaje son adecuados para un elemento de módulo constituido a partir de una serie de componentes.

## Ejemplos

La invención se describirá más específicamente a continuación con referencia a los ejemplos. Los materiales (fibra de refuerzo continua, resina matriz, fibra de refuerzo discontinua, resina termoplástica, componente de núcleo de resina espumado, resina para moldeo por inyección y GMT) y los procedimientos para medir las propiedades (módulo de flexión del componente de núcleo, densidad relativa volumétrica del componente de núcleo, proporción de expansión del componente de núcleo, promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones en el componente de núcleo, cobertura con resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo, contenidos en volumen de fibra de refuerzo discontinua, resina termoplástica y huecos en el componente de núcleo, distancia de penetración máxima de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo en el elemento de revestimiento, rigidez de la estructura intercalada y densidad relativa volumétrica de la estructura intercalada) utilizadas en los ejemplos se describen a continuación. El entorno para la preparación de la fibra de carbono y el entorno para la evaluación de las propiedades son ambos una atmósfera que tiene una temperatura de  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  y una humedad relativa del 50 % a menos que se mencione lo contrario. La invención no se debe limitar por los ejemplos.

## &lt;Fibra de refuerzo continua&gt;

5 • Fibra de carbono A (se centrifugó y se calcinó un copolímero compuesto por el 99 % en moles de acrilonitrilo y el 1 % en moles de ácido itacónico, proporcionando una fibra de carbono que tenía un cómputo total de fibras de 12.000, una densidad relativa de 1,8, una resistencia a la tracción de la hebra de 4,6 GPa y un módulo de tracción de la hebra de 230 GPa. Posteriormente, se sometió la fibra de carbono a tratamiento electrolítico en superficie a una magnitud de electricidad de 3 culombios por gramo de la fibra de carbono utilizando una solución acuosa de ácido sulfúrico a 0,05 mol/litro como un electrolito. La fibra de carbono tratada electrolíticamente en superficie se lavó con agua y después se secó en aire caliente a una temperatura de 150 °C, proporcionando una fibra de carbono que se va a utilizar como una materia prima. Además, se mezcló una resina epoxídica de tipo bisfenol A ("JER" (marca registrada) 825 (producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) con acetona y se disolvió de manera homogénea, y, de este modo, se obtuvo una solución en acetona a aproximadamente el 1 % en masa. Se aplicó esta solución en acetona a la fibra de carbono tratada en superficie mediante un procedimiento de inmersión, seguido por tratamiento térmico a una temperatura de 210 °C durante 180 segundos, y, de este modo, se obtuvo una fibra de carbono con aplicación de agente de apresto. Se ajustó la cantidad de adhesión del agente de apresto a 0,5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la fibra de carbono tratada en superficie).

20 • Fibra de carbono B (se centrifugó y se calcinó un copolímero compuesto por el 99 % en moles de acrilonitrilo y el 1 % en moles de ácido itacónico, proporcionando una fibra de carbono que tenía un cómputo total de fibras de 12.000, una densidad relativa de 1,75, una resistencia a la tracción de la hebra de 4,4 GPa y un módulo de tracción de la hebra de 380 GPa. Posteriormente, se sometió la fibra de carbono a tratamiento electrolítico en superficie a una cantidad de electricidad de 110 culombios por gramo de la fibra de carbono utilizando una solución acuosa de ácido sulfúrico a 0,05 mol/litro como un electrolito. La fibra de carbono tratada electrolíticamente en superficie se lavó con agua y después se secó en aire caliente a una temperatura de 150 °C, proporcionando una fibra de carbono que se va a utilizar como una materia prima. Además, se mezcló una resina epoxídica de tipo bisfenol A ("JER" (marca registrada) 825 (producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) con acetona y se disolvió de manera homogénea, y, de este modo, se obtuvo una solución en acetona a aproximadamente el 1 % en masa. Se aplicó esta solución en acetona a la fibra de carbono tratada en superficie mediante un procedimiento de inmersión, seguido por tratamiento térmico a una temperatura de 210 °C durante 180 segundos, y, de este modo, se obtuvo una fibra de carbono con aplicación de agente de apresto. Se ajustó la cantidad de adhesión del agente de apresto a 0,5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la fibra de carbono tratada en superficie).

35 • Fibra de carbono C (se centrifugó y se calcinó un copolímero compuesto por el 99 % en moles de acrilonitrilo y el 1 % en moles de ácido itacónico, proporcionando una fibra de carbono que tenía un cómputo total de fibras de 6.000, una densidad relativa de 1,91, una resistencia a la tracción de la hebra de 4,1 GPa y un módulo de tracción de la hebra de 540 GPa. Posteriormente, se sometió la fibra de carbono a tratamiento electrolítico en superficie a una cantidad de electricidad de 5 culombios por gramo de la fibra de carbono utilizando una solución acuosa de ácido sulfúrico a 0,05 mol/litro como un electrolito. La fibra de carbono tratada electrolíticamente en superficie se lavó con agua y después se secó en aire caliente a una temperatura de 150 °C, proporcionando una fibra de carbono que se va a utilizar como una materia prima. Además, se mezcló una resina epoxídica de tipo bisfenol A ("JER" (marca registrada) 825 (producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.) con acetona y se disolvió de manera homogénea, y, de este modo, se obtuvo una solución en acetona a aproximadamente el 1 % en masa. Se aplicó esta solución en acetona a la fibra de carbono tratada en superficie mediante un procedimiento de inmersión, seguido por tratamiento térmico a una temperatura de 210 °C durante 180 segundos, y, de este modo, se obtuvo una fibra de carbono con aplicación de agente de apresto. Se ajustó la cantidad de adhesión del agente de apresto a 0,5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la fibra de carbono tratada en superficie).

## &lt;Resina matriz&gt;

50 • Resina epoxídica A (se preparó una resina epoxídica utilizando 35 partes en masa de una resina epoxídica de tipo bisfenol F ("JER" (marca registrada) 4007P (producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.), 35 partes en masa de triglicidil-p-aminofenol ("Araldite" (marca registrada) MY0510 (producida por Huntsman Advanced Materials LLC)), 30 partes en masa de una resina epoxídica de tipo bisfenol F ("EPICLON" (marca registrada) 830 (producida por DIC Corporation)), 5 partes en masa de dicianodiamidas (un agente de curado, DICY-7 (producido por Mitsubishi Chemical Corporation)), 3 partes en masa de polivinilformal ("VINYLEC" (marca registrada) PVF-K (producido por Chisso Corporation)) y 3 partes en masa de 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea (un acelerador del curado, DCMU99 (producido por Hodogaya Chemical Co., Ltd.)) como una sustancia auxiliar del curado).

60 • Resina epoxídica B (se preparó una resina epoxídica utilizando 40 partes en masa de una resina epoxídica de tipo bisfenol F ("JER" (marca registrada) 4007P (producida por Japan Epoxy Resins Co., Ltd.), 45 partes en masa de triglicidil-p-aminofenol ("Araldite" (marca registrada) MY0510 (producida por Huntsman Advanced Materials LLC)), 15 partes en masa de una resina epoxídica de tipo bisfenol F ("EPICLON" (marca registrada) 830 (producida por DIC Corporation)), 5 partes en masa de dicianodiamidas (un agente de curado, DICY-7 (producido por Mitsubishi Chemical Corporation)), 3 partes en masa de polivinilformal ("VINYLEC" (marca registrada) PVF-K (producido por Chisso Corporation)) y 3 partes en masa de 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea (un acelerador del curado, DCMU99 (producido por Hodogaya Chemical Co., Ltd.)) como una sustancia auxiliar del curado).

65

## &lt;Fibra de refuerzo discontinua&gt;

• Fibra de refuerzo discontinua A (se cortó fibra de carbono A con un cortador de cartucho en una longitud de 6 mm, proporcionando fibras de refuerzo cortadas. Después, se prepararon 40 litros de medio de dispersión que tenía una concentración de tensioactivo del 0,1 % en masa y compuesto por agua y un tensioactivo (polyoxyethylene lauryl ether (nombre comercial) (producido por Nacalai Tesque, Inc.)) y se alimentó el medio de dispersión a un dispositivo de elaboración de papel. El dispositivo de elaboración de papel estaba compuesto por un recipiente de elaboración de papel superior (capacidad: 30 litros) dotado de un agitador que tenía una paleta rotatoria y un recipiente de almacenamiento de agua inferior (capacidad: 10 litros), y se colocó un soporte poroso entre el recipiente de elaboración de papel y el recipiente de almacenamiento de agua. En primer lugar, se agitó el medio de dispersión con el agitador hasta que se formaron burbujas de aire diminutas. Después, las fibras de refuerzo cortadas cuya masa se ajustó de tal manera que se logró un gramaje deseado se alimentaron al medio de dispersión que contenía las burbujas de aire diminutas dispersadas en el mismo, seguido por agitación, y, de este modo, se obtuvo una suspensión en la que estaban dispersas las fibras de refuerzo. Posteriormente, se aspiró la suspensión a partir desde la capa de almacenamiento de agua y se retiró el agua a través del soporte poroso, formando así una banda de la fibra de refuerzo. Se secó la banda a 150 °C durante 2 horas en una secadora de aire caliente, y, de este modo, se obtuvo fibra de refuerzo discontinua A con un gramaje de 100 g/m<sup>2</sup>. La fibra de refuerzo discontinua A resultante contenía el 0 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 10 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 95 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 2 mm hasta 10 mm de longitud y el 5 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 2 mm de longitud. Además, contenía el 0 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 8 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 93 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 3 mm hasta 8 mm de longitud y el 7 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 3 mm de longitud. El ángulo de contacto bidimensional y el ángulo de orientación bidimensional eran de 40° y el grado de dispersión de la fibra era del 90 %).

• Fibra de refuerzo discontinua B (se obtuvo fibra de refuerzo discontinua B que tenía un gramaje de 100 g/m<sup>2</sup> de la misma manera que la fibra de refuerzo discontinua A excepto porque se obtuvieron fibras de refuerzo cortadas cortando la fibra de carbono A con un cortador de cartucho a 3 mm. La fibra de refuerzo discontinua B resultante contenía el 0 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 10 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 95 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 2 mm hasta 10 mm de longitud y el 5 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 2 mm de longitud. Además, contenía el 0 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 8 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 93 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 3 mm hasta 8 mm de longitud y el 7 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 3 mm de longitud. El ángulo de contacto bidimensional y el ángulo de orientación bidimensional eran de 40° y el grado de dispersión de la fibra era del 95 %).

• Fibra de refuerzo discontinua C (se cortó fibra de carbono A con un cortador de cartucho en una longitud de 10 mm, proporcionando fibras de refuerzo cortadas. Se alimentaron las fibras de refuerzo cortadas a un dispositivo para abrir algodón y, de este modo, se obtuvieron flóculos de la fibra de refuerzo que casi no contenían ningún haz de la fibra de refuerzo con su grosor original. Se alimentaron los flóculos de la fibra de refuerzo a un dispositivo de cardado con un cilindro de laminado que tenía un diámetro de 600 mm, y, de este modo, se formaron bandas de tipo lámina compuestas por fibras de refuerzo. La velocidad de rotación del cilindro de laminado era de 320 rpm y la velocidad del cilindro peinador era de 13 m/minuto. Se apilaron las bandas, de modo que se obtuvo la fibra de refuerzo discontinua C que tenía un gramaje de 100 g/m<sup>2</sup>. La fibra de refuerzo discontinua C resultante contenía el 20 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 10 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 75 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 2 mm hasta 10 mm de longitud y el 5 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 2 mm de longitud. Además, contenía el 83 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 8 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 10 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 3 mm hasta 8 mm de longitud y el 7 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 3 mm de longitud. El ángulo de contacto bidimensional y el ángulo de orientación bidimensional eran de 8° y el grado de dispersión de la fibra era del 50 %).

• Fibra de refuerzo discontinua D (se utilizó la fibra de refuerzo discontinua D, que era la misma que la fibra de carbono cortada dada a conocer en el ejemplo de referencia 2-1 del documento de Patente 1 (WO 2006/028107). La fibra de refuerzo discontinua D resultante contenía el 0 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 10 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 95 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 2 mm hasta 10 mm de longitud y el 5 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 2 mm de longitud. Además, contenía el 5 % en masa de fibras de refuerzo que tenían más de 8 mm pero menos de 15 mm de longitud, el 88 % en masa de fibras de refuerzo que tenían desde 3 mm hasta 8 mm de longitud y el 7 % en masa de fibras de refuerzo que tenían menos de 3 mm de longitud. El ángulo de contacto bidimensional y el ángulo de orientación bidimensional eran de 40° y el grado de dispersión de la fibra era del 90 %).

## &lt;Resina termoplástica&gt;

• Polipropileno (se preparó una película con un gramaje de 100 g/m<sup>2</sup> utilizando una mezcla madre preparada mezclando el 90 % en masa de un polipropileno no modificado ("Prime Polypro" (marca registrada) J106MG (producido por Prime Polymer Co., Ltd.)) y el 10 % en masa de un polipropileno modificado con ácido ("Admer" (marca registrada) QE800 (producido por Mitsui Chemicals, Inc.)). El punto de fusión de la resina era de 160 °C).

- Poliamida 6 (se preparó una película de resina con un gramaje de 124 g/m<sup>2</sup> compuesta por “AMILAN” (marca registrada) CM1021T (producida por Toray Industries, Inc.)). El punto de fusión de la resina era de 225 °C).
- Partículas de poliamida 6 (partículas de la misma poliamida 6 que la resina de poliamida 6 dada a conocer en el ejemplo de referencia 2-1 del documento de Patente 1 (WO 2006/028107)).
- Policarbonato (se preparó una película de resina con un gramaje de 132 g/m<sup>2</sup> compuesta por “Iupilon” (marca registrada) H-4000 (producida por Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation)). El punto de transición vítrea de la resina era de 145 °C).

<Componente de núcleo de resina espumado>

- Lámina de polipropileno de baja expansión no reticulado “EFCCELL” (marca registrada) (2 veces de proporción de expansión, 0,8 mm de grosor) (producida por Furukawa Electric Co., Ltd.).

<Resina para moldeo por inyección>

- Compuesto de PC (“Panlite” (marca registrada) GXV-3545WI (producido por Teijin Chemicals Ltd.)).

<GMT>

- Material de moldeo de resina de polipropileno reforzada con fibra de vidrio (GMT) (“Unisheet” (marca registrada) P4038-BK31 (producida por Quadrant)).

(1) Módulo de flexión del componente de núcleo

Sólo se cortó un componente de núcleo para obtener un tamaño de 50 mm de longitud y 25 mm de anchura (el grosor era el grosor del componente de núcleo completo) como una muestra a partir de una estructura intercalada, y se determinó un módulo de flexión según ASTM D790 con una distancia entre apoyos ajustada a 16 veces el grosor de la muestra.

(2) Densidad relativa volumétrica del componente de núcleo

Sólo se cortó un componente de núcleo en un tamaño de 100 mm de anchura y 100 mm de longitud (el grosor era el grosor del componente de núcleo completo) como una muestra a partir de una estructura intercalada, y se calculó una densidad relativa volumétrica a partir de la masa P (g) y el volumen aparente V (cm<sup>3</sup>) de la muestra, según la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad relativa volumétrica} = P/V$$

(3) Proporción de expansión del componente de núcleo

Se calculó una proporción de expansión a partir del grosor de un componente de núcleo antes de la expansión (el grosor de un precursor del componente de núcleo) t<sub>0</sub> y el grosor después de la expansión (el grosor del componente de núcleo) t<sub>1</sub>, según la siguiente fórmula.

$$\text{Proporción de expansión} = t_1/t_0$$

(4) Promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones en el componente de núcleo

En una sección en la dirección del grosor de una estructura intercalada, se tomaron tres imágenes de observación de la porción del componente de núcleo en diferentes sitios a un aumento de X200 en un intervalo de observación de 1,125 mm de longitud y 1,5 mm de anchura utilizando un microscopio láser (VK-9510 (producido por KEYENCE Corporation)), y después se seleccionaron diez agrupaciones arbitrariamente a partir de las imágenes de observación individuales, y se trazaron líneas rectas en las agrupaciones individuales y se midió la longitud máxima individualmente. Después, se determinó el promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones promediando las longitudes máximas medidas de las diez agrupaciones.

(5) Estado de dispersión de la fibra de refuerzo discontinua y cobertura con la resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo

Se observó la sección en la dirección del grosor de un componente de núcleo con un microscopio electrónico de barrido (SEM) (S-4800 (producido por Hitachi High-Technologies Corporation)), se tomó una fotografía a un aumento de X1500, y se extrajeron arbitrariamente 50 puntos en secciones transversales de la fibra de refuerzo discontinua en la imagen obtenida. En las secciones transversales individuales de la fibra de refuerzo discontinua, se observó el estado de dispersión de la fibra de refuerzo discontinua, y, al mismo tiempo, se calculó la cobertura con la resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua, según la siguiente fórmula a partir de la longitud periférica que cubría la resina termoplástica (la longitud periférica de la fibra de la porción cubierta con la resina termoplástica) y la

longitud periférica que no cubría la resina termoplástica (la longitud periférica de la fibra de la porción en la que estaba expuesta la superficie). Cuando la resina termoplástica se adhirió en un grosor igual o superior a  $D_f/4$  con respecto al diámetro  $D_f$  de la fibra de refuerzo discontinua, se consideró que la fibra de refuerzo discontinua estaba cubierta con la resina termoplástica. Cuando la sección de corte no era un círculo perfecto, la distancia recta más corta que pasaba por el centro de gravedad de la forma en sección se definió como  $D_f$ .

Cobertura con la resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua (%) = (la longitud periférica de la fibra de la porción cubierta con la resina termoplástica)/(la longitud periférica de la fibra de la porción cubierta con la resina termoplástica + la longitud periférica de la fibra de la porción en la que estaba expuesta la superficie) x 100

(6) Contenidos en volumen de fibras de refuerzo discontinuas, resina termoplástica y huecos en el componente de núcleo

Se cortó un componente de núcleo a partir de una estructura intercalada en dimensiones de 10 mm de anchura, 10 mm de longitud (y el grosor del componente de núcleo en grosor), y se midieron los contenidos en volumen de fibras de refuerzo discontinuas, resina termoplástica y huecos utilizando un explorador de TC por rayos X (TDM-1300-FW (producido por Yamato Scientific Co., Ltd.)). Se llevó a cabo la medición a una resolución espacial de 0,7  $\mu\text{m}$ .

(7) Distancia de penetración máxima en el elemento de revestimiento de fibras de refuerzo discontinuas en el componente de núcleo

Se cortó una porción de unión entre un elemento de revestimiento y un componente de núcleo de una estructura intercalada y se fotografió una sección transversal de la misma en la dirección del grosor en diez puntos arbitrarios (diez imágenes) a un aumento de X1000 utilizando un microscopio láser (VK-9510 (producido por KEYENCE Corporation)), y, a partir de las imágenes tomadas, se determinó una distancia de penetración para cada monofilamento de las fibras de refuerzo discontinuas del componente de núcleo que penetra en el elemento de revestimiento y se definió el valor máximo de la misma como una distancia de penetración máxima.

(8) Rigidez de la estructura intercalada

Se cortó una muestra de 140 mm de anchura y 110 mm de longitud (el grosor era el grosor de la estructura intercalada completa) a partir de una estructura intercalada y se adhirió a un dispositivo de fijación de aleación de aluminio que tenía un armazón exterior que tenía 140 mm de anchura y 110 mm de longitud y un armazón interior que tenía 100 mm de anchura y 70 mm de longitud con una cinta adhesiva de doble cara, y después se evaluó la cantidad de desviación de la estructura intercalada cuando se aplicó una fuerza de 20 N.

(9) Densidad relativa volumétrica de la estructura intercalada

Se cortó una muestra de 100 mm de anchura y 100 mm de longitud (el grosor era el grosor de la estructura intercalada completa) a partir de una estructura intercalada, y se calculó una densidad relativa volumétrica a partir de la masa  $P_s$  (g) y del volumen aparente  $V_s$  ( $\text{cm}^3$ ) de la muestra, según la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad relativa volumétrica} = P_s/V_s$$

(Ejemplo 1)

Se prepararon dos películas de resina que tenían un gramaje de 16,1  $\text{g/m}^2$  aplicando la resina epoxídica A para desprender las láminas con una máquina de recubrimiento con cuchilla. Después, las dos películas de resina preparadas anteriormente se apilaron en ambos lados de la fibra de carbono A alineada de manera unidireccional en forma de lámina, respectivamente, y se impregnó la fibra de carbono con la resina añadiendo calor y presión, de modo que se preparó un material preimpregnado unidireccional en el que el gramaje de la fibra de carbono A era de 75  $\text{g/m}^2$  y la fracción en masa de la resina matriz era del 30,0 % y se utilizó como un elemento de revestimiento. Además, se preparó un componente de núcleo impregnado como un componente de núcleo calentando dos películas de resina de polipropileno y una fibra de refuerzo discontinua A juntas a una temperatura de 180 °C (es decir, el punto de fusión de la resina (160 °C) + 20 °C) y añadiendo una presión de 3 MPa, impregnando así la fibra de carbono con la resina. Se apilaron sucesivamente los elementos de revestimiento y el componente de núcleo de una manera [material preimpregnado 90° / material preimpregnado 0° / componente de núcleo impregnado / material preimpregnado 0° / material preimpregnado 90°], y después se llevó a cabo el curado de los materiales preimpregnados de los elementos de revestimiento y la unión de los elementos de revestimiento con el componente de núcleo a 150 °C y 1 MPa durante 30 minutos. Después, se mantuvieron los materiales a 180 °C durante 5 minutos, espumando así el componente de núcleo, y después se endureció el componente de núcleo mediante enfriamiento a 100 °C intercalándose un separador de 1 mm entre placas de herramienta, y, de este modo, se obtuvo una estructura intercalada. La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor.

Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en

la tabla 1. En la figura 4 se muestra una fotografía de la estructura intercalada de este ejemplo tomada con un microscopio láser.

(Ejemplos 2 a 6)

5 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque la fibra de refuerzo continua y la resina matriz en los elementos de revestimiento y la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica en el componente de núcleo se cambiaron tal como se muestra en la tabla 1. La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 1.

(Ejemplo 7)

15 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque la fibra de refuerzo continua y la resina matriz en los elementos de revestimiento y la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica en el componente de núcleo se cambiaron tal como se muestra en la tabla 1, y se preparó un componente de núcleo impregnado utilizando dos películas de resina de poliamida 6 y una fibra de refuerzo discontinua A como un componente de núcleo a una temperatura de 250 °C (es decir, el punto de fusión de la resina (225 °C) + 25 °C). La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 1.

(Ejemplo 8)

25 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque la fibra de refuerzo continua y la resina matriz en los elementos de revestimiento y la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica en el componente de núcleo se cambiaron tal como se muestra en la tabla 1, y se preparó un componente de núcleo impregnado utilizando dos películas de resina de policarbonato y una fibra de refuerzo discontinua A como un componente de núcleo a una temperatura de 290 °C (es decir, el punto de transición vítrea de la resina (145 °C) + 145 °C). La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 1.

(Ejemplo 9)

35 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 3 excepto porque la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica en el componente de núcleo se cambiaron tal como se muestra en la tabla 1 y se cambió el tamaño del separador a 0,8 mm. La estructura intercalada resultante tenía 0,8 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 1.

(Ejemplo 10)

40 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 3 excepto porque la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica en el componente de núcleo se cambiaron tal como se muestra en la tabla 1 y se cambió el tamaño del separador a 0,6 mm. La estructura intercalada resultante tenía 0,6 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 1.

(Ejemplo comparativo 1)

50 Se utilizó un material preimpregnado unidireccional preparado de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque la fibra de refuerzo continua y la resina matriz en el elemento de revestimiento se cambiaron tal como se muestra en la tabla 2, y como componente de núcleo se utilizó un componente de núcleo descrito en el ejemplo de referencia 2-1 del documento de Patente 1 ajustado para tener un grosor de 0,74 mm. Los elementos de revestimiento y el componente de núcleo se apilaron sucesivamente de una manera [material preimpregnado 90°/material preimpregnado 0°/componente de núcleo/material preimpregnado 0°/material preimpregnado 90°], y después se llevó a cabo el curado de los materiales preimpregnados de los elementos de revestimiento y la unión de los elementos de revestimiento con el componente de núcleo a 150 °C y 1 MPa durante 30 minutos intercalándose un separador de 1 mm entre placas de herramienta. Por tanto, se obtuvo una estructura intercalada. La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

(Ejemplo comparativo 2)

65 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo comparativo 1 excepto porque el componente de núcleo se cambió por uno en el que el componente de núcleo dado a conocer en el ejemplo de referencia 2-2 del documento de Patente 1 se ajustó para tener un grosor de 0,74 mm. La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los

resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

(Ejemplo comparativo 3)

5 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo comparativo 1 excepto porque el componente de núcleo se cambió por uno obtenido cortando una lámina de polipropileno de baja expansión no reticulado "EFCCELL" de tal manera que tenía un grosor de 0,74 mm. La estructura intercalada resultante tenía 1 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

10

(Ejemplo comparativo 4)

15 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque se utilizaron cuatro fibras de refuerzo discontinuas A y ocho películas de la resina de polipropileno como la resina termoplástica en un componente de núcleo. La estructura intercalada resultante tenía 1,11 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

(Ejemplo comparativo 5)

20 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo comparativo 1 excepto porque el componente de núcleo se preparó para tener un grosor de 0,54 mm. La estructura intercalada resultante tenía 0,8 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

25 Ejemplo comparativo 6

30 Se obtuvo una estructura intercalada de la misma manera que en el ejemplo comparativo 1 excepto porque el componente de núcleo se preparó para tener un grosor de 0,34 mm. La estructura intercalada resultante tenía 0,6 mm de grosor. Utilizando la estructura intercalada obtenida, se evaluaron sus propiedades. Los resultados evaluados se facilitan en la tabla 2.

(Ejemplo 11)

35 Se cortó un material rectangular de 250 mm de longitud y 160 mm de anchura a partir de la estructura intercalada obtenida en el ejemplo 1 y esto se denominó un primer elemento. Por otro lado, se colocó GMT como un segundo elemento en un precalentador de tipo de calentamiento por placas calientes que se había mantenido de manera preliminar a 230 °C, y se precalentó el GMT durante 1 minuto aplicando una presión de 0,1 MPa. Posteriormente, se colocó el primer elemento en un molde para moldeo por prensado precalentado a 120 °C y se apiló sobre el mismo el GMT que se había precalentado y se cerró el molde. Después, se mantuvieron los materiales durante 40 120 segundos aplicando una presión de 15 MPa. De este modo, el primer elemento y el segundo elemento se unieron mediante moldeo por prensado y se obtuvo un artículo formado integralmente. En la figura 5 se ilustra el artículo formado integralmente producido en este ejemplo.

(Ejemplo 12)

45 Se cortó un material rectangular de 250 mm de longitud y 160 mm de anchura a partir de la estructura intercalada (300 mm de longitud y 300 mm de anchura) obtenida en el ejemplo 1 y esto se denominó un primer elemento. Por otro lado, se utilizó un compuesto de PC como un segundo elemento. Posteriormente, el primer elemento se moldeó sobre en un molde para moldeo por inyección de tal manera que una cara lateral de la estructura intercalada servía 50 como una superficie de unión, y después se moldeó por inyección el compuesto de PC como un segundo elemento. De este modo, se obtuvo un artículo formado integralmente. En este momento, la temperatura del cilindro de la máquina de moldeo por inyección era de 300 °C y la temperatura del molde era de 60 °C. En la figura 6 se ilustra el artículo formado integralmente producido en este ejemplo.

[Tabla 1]

Tipo de elemento de revestimiento		Estructura intercalada										Propiedades de la estructura intercalada		
		Materiales y propiedades del componente de núcleo										Distancia de penetración máxima en el elemento de revestimiento de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo (µm)	Rigidez (cantidad de desviación) (mm)	Densidad relativa volumétrica
Fibra de refuerzo continua	Resina matriz	Fibra de refuerzo discontinua	Resina termoplástica	Módulo de flexión (GPa)	Densidad relativa volumétrica	Proporción de expansión (veces)	Promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones (µm)	Cobertura con la resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua (%)	Contenido en volumen de la fibra de refuerzo discontinua (%)	Contenido en volumen de la resina termoplástica (%)	Contenido en volumen de los huecos (%)			
1	Fibra de carbono A Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	3,5	0,4	2,6	120	40	7,7	30,8	62	7	0,299	0,73
2	Fibra de carbono B Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	4,9	0,4	2,5	210	60	8	32	60	10	0,282	0,73
3	Fibra de carbono C Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	4,9	0,4	2,5	310	85	8	32	60	15	0,276	0,73
4	Fibra de carbono A Resina epoxídica B	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	3,5	0,4	2,6	90	35	7,7	30,8	62	3	0,302	0,72
5	Fibra de carbono A Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua B	Polipropileno	3,5	0,4	2,6	90	35	7,7	30,8	62	4	0,302	0,72
6	Fibra de carbono A Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua C	Polipropileno	3,5	0,4	2,6	85	40	7,7	30,8	62	3	0,303	0,72
7	Fibra de carbono A Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Poliamida 6	2,9	0,3	3,1	120	80	6,5	25,8	68	5	0,292	0,65
8	Fibra de carbono A Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Policarbonato	2,7	0,3	3,3	80	80	6,1	24,2	70	8	0,291	0,62
9	Fibra de carbono C Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	5,5	0,5	2,1	320	85	9,5	38,1	52	10	0,435	0,86
10	Fibra de carbono C Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	9,3	0,8	1,3	400	85	15,4	61,5	23	12	0,612	1,13

[Tabla 1]

[Tabla 2]

Material del elemento de revestimiento		Estructura intercalada										Propiedades de la estructura intercalada									
		Materiales y propiedades del componente de núcleo										Distancia de penetración máxima en el elemento de revestimiento de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo (µm)									
Resina matriz		Fibra de refuerzo discontinua		Resina termoplástica		Módulo de flexión (GPa)		Densidad relativa volumétrica		Proporción de expansión (veces)		Promedio de las longitudes máximas de las agrupaciones (µm)		Cobertura con la resina termoplástica de la fibra de refuerzo discontinua (%)		Contenido en volumen de la fibra de refuerzo discontinua (%)		Contenido en volumen de la resina termoplástica (%)		Contenido en volumen de los huecos (%)	
1	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua D	Partícula de poliamida 6	0,7	0,25	4,3	45	25	4,7	18,6	76,7	1	0,352	0,52						
2	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua D	Partícula de poliamida 6	1	0,27	4	50	15	5	20	75	2	0,331	0,54						
3	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Lámina de polipropileno espumado		-	0,53	2	-	-	-	-	-	-	0,321	0,84						
4	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua A	Polipropileno	14	1,06	1	-	99	20	80	0	5	0,111	1,3						
5	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua D	Partícula de poliamida 6	0,7	0,25	4,3	45	25	4,7	18,6	76,7	1	0,512	0,86						
6	Fibra de carbono A	Resina epoxídica A	Fibra de refuerzo discontinua D	Partícula de poliamida 6	0,7	0,25	4,3	45	25	4,7	18,6	76,7	1	0,731	1,13						

[Tabla 2]

En los ejemplos y los ejemplos comparativos 1, 2, 5 y 6, los monofilamentos de fibras de refuerzo discontinuas se intersecan entre sí a través de la resina termoplástica y se observó una agrupación en un componente de núcleo, y en los ejemplos comparativos 3 y 4 no se observó ninguna agrupación en un componente de núcleo.

La comparación de los ejemplos 1 a 8 con los ejemplos comparativos 1 a 4, el ejemplo 9 con el ejemplo comparativo 5, y el ejemplo 10 con el ejemplo comparativo 6, muestra que la estructura intercalada de la invención es excelente en ligereza y rigidez debido a la utilización de un componente de núcleo específico y un elemento de revestimiento para un material reforzado con fibra.

En el ejemplo 11, se obtuvo satisfactoriamente un artículo formado integralmente con buen estado de unión debido a la utilización de la estructura intercalada del ejemplo 1 como el primer elemento y al moldeo del segundo elemento mediante moldeo por prensado. En el ejemplo 12, se obtuvo satisfactoriamente un artículo formado integralmente con buen estado de unión debido a la utilización de la estructura intercalada del ejemplo 1 como el primer elemento y al moldeo del segundo elemento mediante moldeo por inyección. Esto se debe a que la estructura intercalada tenía huecos y, por tanto, el compuesto de PC del material inyectado entró en los huecos de la estructura intercalada, y, como resultado, se desarrolló un efecto de anclaje y se pudo obtener un artículo formado integralmente fuertemente unido.

#### APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La estructura intercalada o el artículo formado integralmente de la invención pueden presentar una ligereza, una delgadez y una rigidez excelentes. La utilización de la estructura intercalada de la invención hace posible moldear fácilmente un artículo formado integralmente uniéndolo con otro elemento. Por tanto, la estructura intercalada o el artículo formado integralmente de la invención se pueden utilizar para una amplia variedad de aplicaciones, tales como material interior o exterior de automóviles, carcasa de equipos eléctricos o electrónicos, elemento estructural de una bicicleta o equipos para deportes, material de acabado interior de aeronaves y paquete de transporte.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS SIGNOS DE REFERENCIA

- 1: agrupación
- 2, 3, 4: línea recta en agrupación
- 5: estructura intercalada
- 6: resina termoplástica del componente de núcleo
- 7: resina matriz del elemento de revestimiento
- 8: fibra de refuerzo discontinua que penetra en la resina matriz
- 9: distancia de penetración en el elemento de revestimiento de las fibras de refuerzo discontinuas del componente de núcleo
- 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16: fibra de refuerzo discontinua (monofilamento) del componente de núcleo
- 17: ángulo de contacto bidimensional, ángulo de orientación bidimensional
- 18, 21: artículo formado integrado
- 19, 22: estructura intercalada
- 20, 23: segundo elemento

**REIVINDICACIONES**

1. Estructura intercalada formada a partir de un componente de núcleo, que comprende una fibra de refuerzo discontinua, una resina termoplástica y huecos, y un elemento de revestimiento que comprende una fibra de refuerzo continua y una resina matriz, en la que, en el componente de núcleo, el 30 % o más de la fibra de refuerzo discontinua está cubierto con la resina termoplástica, y unos monofilamentos de la fibra de refuerzo discontinua se intersecan entre sí a través de la resina termoplástica,  
 estando el componente de núcleo formado a partir de un precursor de dicho componente de núcleo impregnando una estera de fibras de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo con una película o un material textil no tejido de la resina termoplástica.

2. Estructura intercalada, según la reivindicación 1, en la que la fibra de refuerzo discontinua y la resina termoplástica forman agrupaciones con un tamaño definido mediante un promedio de la longitud máxima de 100 µm o más en el componente de núcleo.

3. Estructura intercalada, según la reivindicación 2, en la que el promedio de la longitud máxima de las agrupaciones es de 200 µm o más.

4. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el módulo de flexión del componente de núcleo es de 2,5 GPa a 20 GPa, determinado según ASTM D790 con una distancia entre apoyos ajustada a 16 veces el grosor de la muestra.

5. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la densidad relativa volumétrica del componente de núcleo es de 0,01 a 0,6, calculada a partir de la masa P (g) y el volumen aparente V (cm<sup>3</sup>) de la muestra, según la siguiente fórmula

$$\text{Densidad relativa volumétrica} = P/V.$$

6. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la fibra de refuerzo continua en el elemento de revestimiento es una fibra de carbono continua.

7. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el módulo de tracción de las fibras de refuerzo continuas en el elemento de revestimiento es de 360 GPa a 1000 GPa, según se determina mediante el ensayo de tracción de hebra, según el estándar JIS R7601-1986.

8. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo es una fibra de carbono discontinua.

9. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que parte de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de núcleo penetra en el componente de revestimiento y la distancia de penetración máxima de la fibra de refuerzo discontinua en el componente de revestimiento es de 5 µm o más.

10. Estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la resina termoplástica en el componente de núcleo es, como mínimo, una seleccionada del grupo que consiste en poliolefina, poliamida, poliéster, policarbonato, poliestireno, poli(éter de fenileno) modificado, poli(sulfuro de arileno) y poliéter-éter-cetona.

11. Procedimiento para producir la estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende las siguientes etapas [1] a [3]:

etapa [1]: una etapa de formar un precursor de un componente de núcleo impregnando una estera de fibras de refuerzo que se va a utilizar para el componente de núcleo con una película o un material textil no tejido de la resina termoplástica aplicando presión en un estado en el que la resina termoplástica se calienta a una temperatura a la que la resina termoplástica se funde o se ablanda,

etapa [2]: una etapa de formar un componente de revestimiento a partir de una fibra de refuerzo continua y una resina matriz,

etapa [3]: una etapa de formar el componente de núcleo expandiendo el precursor del componente de núcleo ajustando el grosor del mismo de modo que el precursor del componente de núcleo tiene una proporción de expansión en un estado calentado de entre 1,1 y 8, calculada a partir del grosor del componente de núcleo antes de la expansión t<sub>0</sub> y del grosor del componente de núcleo después de la expansión t<sub>1</sub>, según la siguiente fórmula:

$$\text{Proporción de expansión} = t_1/t_0.$$

12. Artículo formado integralmente obtenido uniendo un primer elemento compuesto por la estructura intercalada, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, y un segundo elemento compuesto por otro artículo formado.

13. Procedimiento para producir el artículo formado integralmente, según la reivindicación 12, en el que el segundo

elemento es un artículo formado producido mediante moldeo por inyección y el segundo elemento se une al primer elemento mediante moldeo por inyección sobre inserto o mediante moldeo por inyección en receptáculo.

- 5 14. Procedimiento para producir el artículo formado integralmente, según la reivindicación 12, en el que el segundo elemento es un artículo formado producido mediante moldeo por prensado y el segundo elemento se une al primer elemento mediante moldeo por prensado.

Fig.1

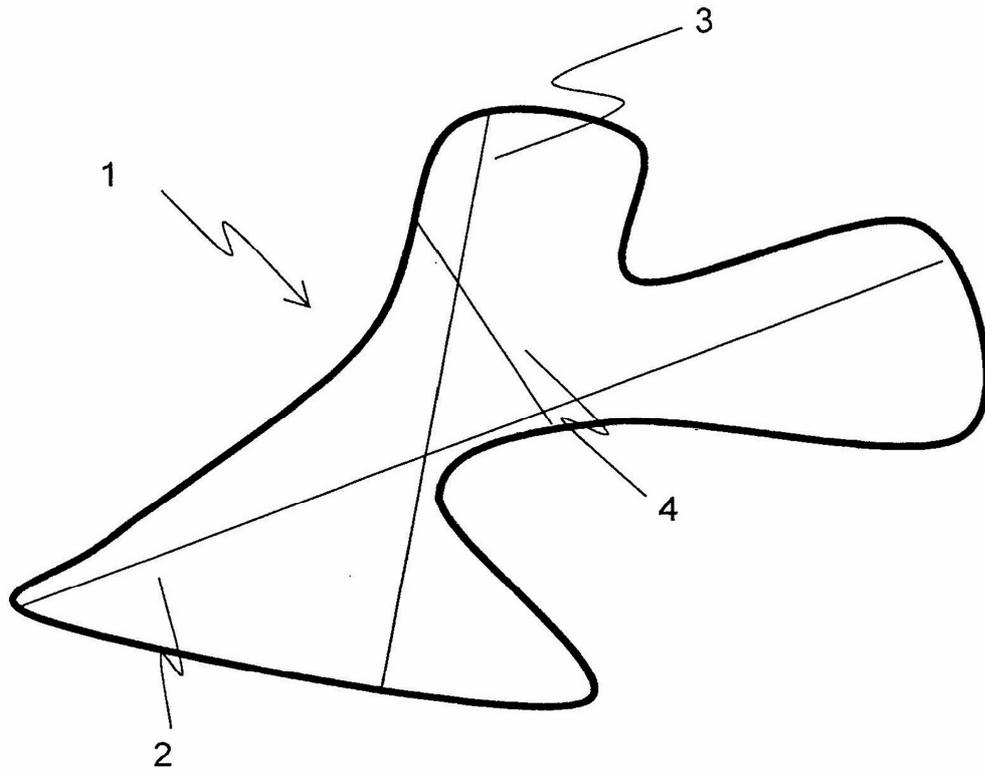


Fig.2

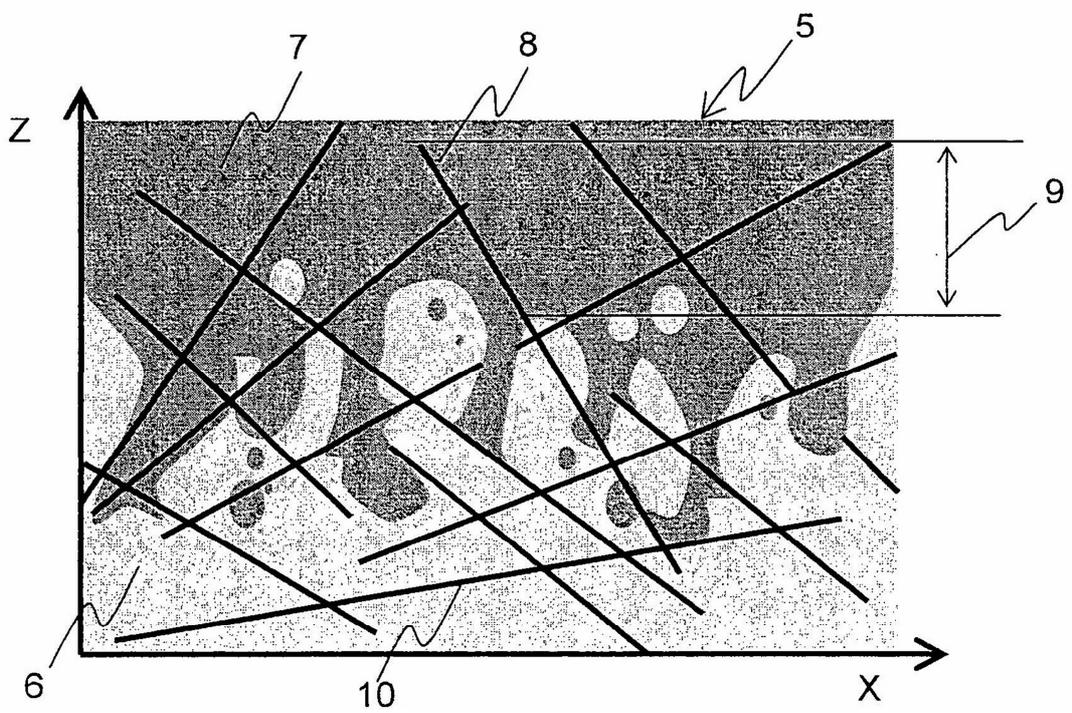


Fig.3

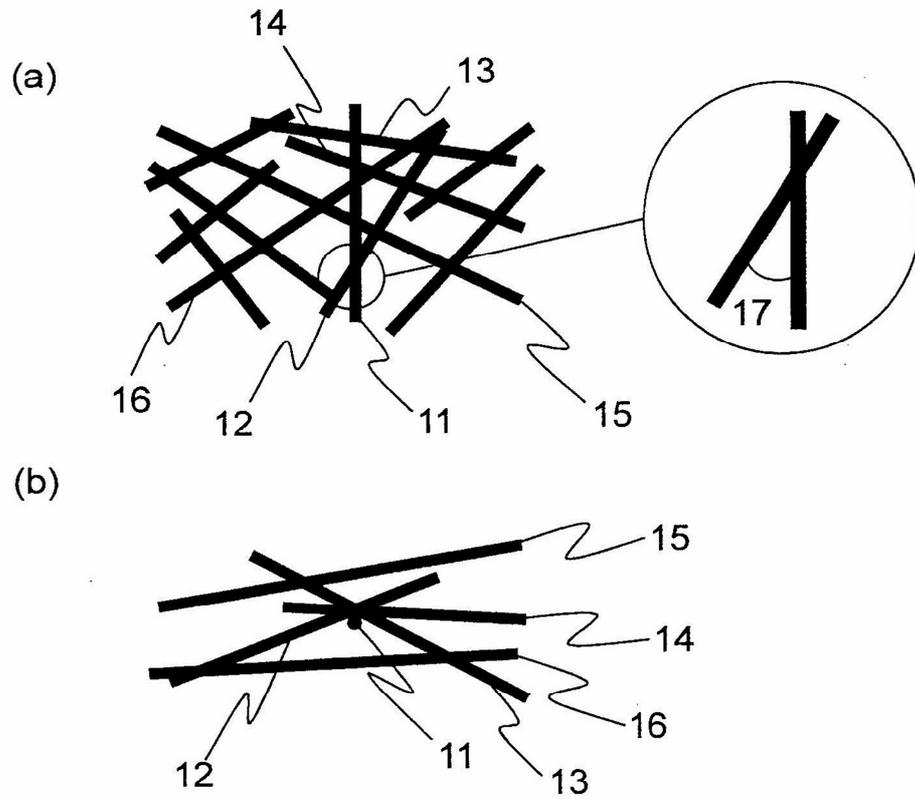


Fig.4

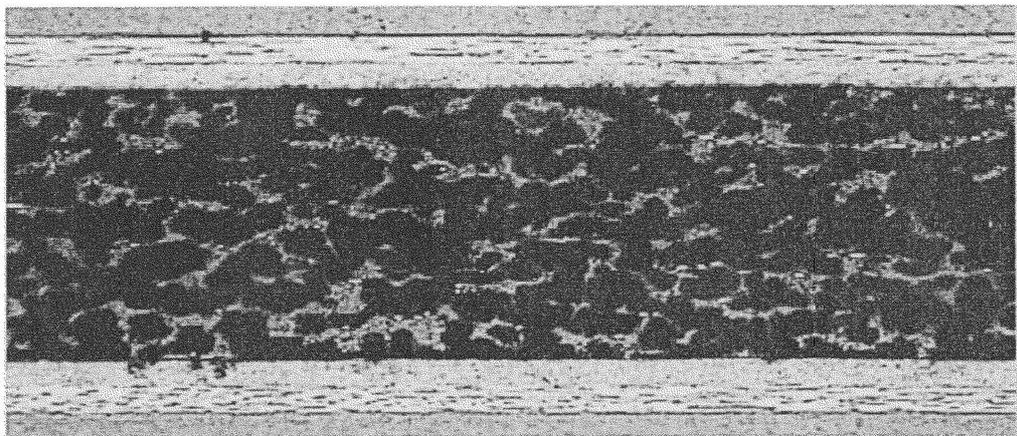


Fig.5

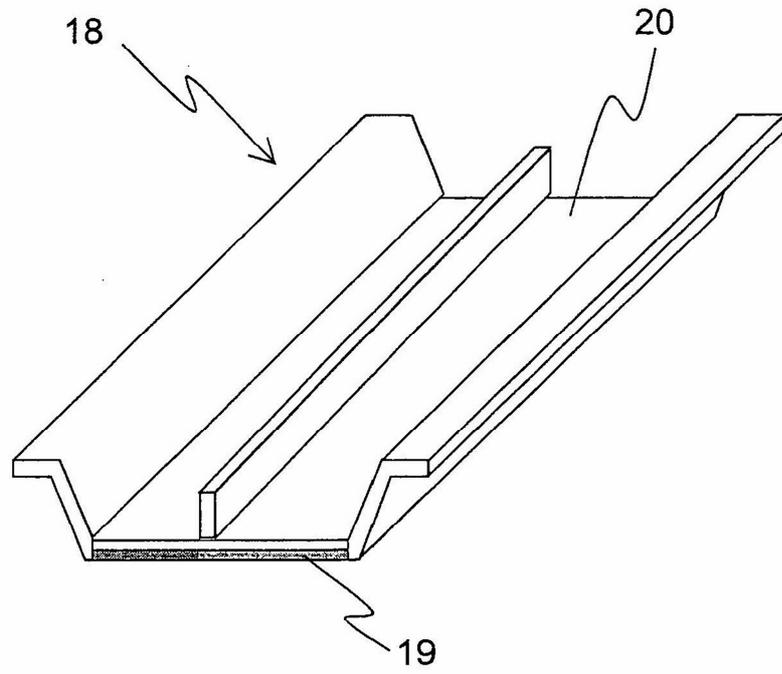
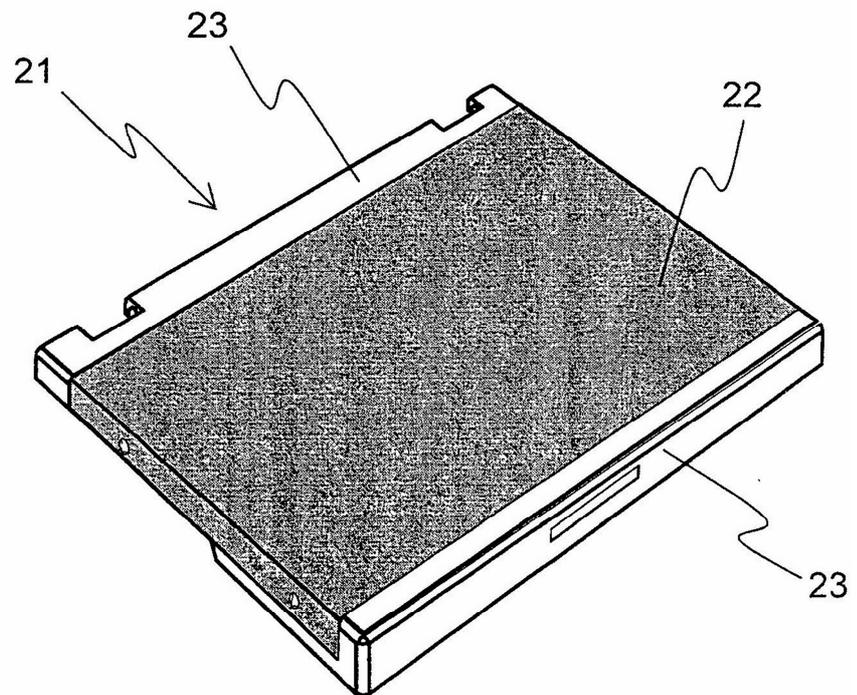


Fig.6



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- 10
- WO 2006028107 A
  - JP 63060743 A
  - US 2009117366 A1
  - JP H04334439 A