

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 405 946**

51 Int. Cl.:

C08J 5/04 (2006.01)

B29C 43/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2007** **E 07737359 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013** **EP 1988118**

54 Título: **Artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, material de moldeo y procedimiento de producción del artículo moldeado**

30 Prioridad:

24.02.2006 JP 2006047987

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

04.06.2013

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, NIHONBASHI-MUROMACHI 2-CHOME
CHUO-KU
TOKYO 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**MURAI, SHOJI y
HONMA, MASATO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 405 946 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

Artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, material de moldeo y procedimiento de producción del artículo moldeado

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, a un material de moldeo y a un procedimiento de producción del artículo moldeado. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, contiene fibras de carbono monofilamentosas en un contenido alto, teniendo dichas fibras longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente. Por lo tanto, es excelente en términos de propiedades mecánicas e isotropía para usarlo, preferentemente, para piezas tales como piezas
- 10 estructurales, carcasas y similares para dispositivos eléctricos/electrónicos, productos de ingeniería civil y de la construcción, automóviles y aviones. El material de moldeo de la presente invención comprende fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas y, por lo tanto, es excelente en términos de manejabilidad. Además, contiene fibras de carbono en un contenido alto, teniendo dichas fibras longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente. Por lo tanto, pueden usarse preferentemente para moldear artículos
- 15 moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras que son excelentes en términos de propiedades mecánicas e isotropía. El procedimiento de producción de la presente invención implica un procedimiento de moldeo por compresión usando el material de moldeo anterior. El procedimiento se usa preferentemente para la producción de artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras que son excelentes en términos de propiedades mecánicas e isotropía.

20 Técnica anterior

Los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras que comprenden fibras de carbono y una resina termoplástica son excelentes en términos de resistencia específica y rigidez específica. Por lo tanto, se usan ampliamente en aplicaciones eléctricas/electrónicas, aplicaciones de ingeniería civil y de la construcción, aplicaciones de automóviles, aplicaciones de aviones y similares.

- 25 En general, con el fin de mejorar propiedades mecánicas, se usan, en algunos casos, fibras de carbono continuas en artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras. Por otra parte, en algunos casos, deterioran la moldeabilidad, por lo que es difícil producir artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras que tengan formas complicadas. Por lo tanto, se usan preferentemente fibras de carbono discontinuas para producir artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras que tengan formas complicadas.
- 30 Por ejemplo, se ha sugerido un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras en el que están dispuestas piezas en forma de lengüeta que comprenden una resina impregnada con haces de fibras de carbono en una dirección aleatoria como medio para mejorar las propiedades mecánicas y la isotropía de dicho artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (véase, por ejemplo, la patente de Japón N° 2507565 (página 4, línea 18)). No obstante, la presencia de haces de fibras de carbono en un artículo moldeado de resina
- 35 termoplástica reforzada con fibras tiene como consecuencia la generación de una porción rica en resina que consiste en una resina en huecos entre haces de fibras de carbono, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas.

- También se ha sugerido un artículo moldeado de resina termoplástica obtenido sometiendo a moldeo por compresión, una lámina estampable que comprende fibras de carbono discontinuas y fibras de resina termoplástica convergentes (véase la publicación de patente de Japón (Kokai) N° 2002-212311 A (página 2, línea 21)). No obstante, la alta viscosidad en estado fundido de la resina termoplástica imposibilita que la resina termoplástica impregne haces de fibras de carbono convergentes. Por lo tanto, se generan porciones no impregnadas, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas.

- 40 Por lo tanto, se ha sugerido un artículo moldeado de resina termoplástica obtenido sometiendo un material de moldeo que comprende fibras de carbono discontinuas monofilamentosas (en un alto contenido en volumen) y una resina termoplástica en polvo a moldeo por compresión (véase la patente de Japón N° 1761874 (página 1, línea 2)). No obstante, un material de moldeo de este tipo que comprende fibras de refuerzo discontinuas y partículas de resina termoplástica es problemático en términos de poca manejabilidad. Esto es debido a que las partículas de resina termoplástica se desprenden de dicho material de moldeo en una etapa de producción de un material de
- 45 moldeo, y particularmente en una etapa de transferencia de un material de moldeo, o en una etapa de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, y particularmente en una etapa de transferencia y manejo de un material de moldeo.

- También se ha sugerido un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con altas propiedades mecánicas obtenido sometiendo una lámina de un material de resina reforzada con fibras obtenido a partir de fibras
- 50 de carbono dispersadas uniformemente y una resina termoplástica a moldeo térmico (véase la publicación de patente de Japón (Kokai) N° 6-99431 A (1994) (página 2, línea 50)). No obstante, en este caso, el material de resina reforzada con fibras en forma de lámina se vuelve fluido en una etapa en la que se somete el material de resina reforzada con fibras en forma de lámina a moldeo término y, por lo tanto, se disponen fibras de carbono en la

dirección de flujo del material fluido, teniendo como consecuencia el deterioro de la isotropía como propiedad mecánica.

Divulgación de la invención

5 En vista de los antecedentes de las técnicas convencionales, es un objetivo de la presente invención proporcionar un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con propiedades mecánicas e isotropía mejoradas, en el que están contenidas fibras de carbono monofilamentosas en una resina termoplástica en un contenido alto, teniendo dichas fibras de carbono longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente.

10 En vista de los antecedentes de las técnicas convencionales, es un objetivo de la presente invención proporcionar un material de moldeo que pueda usarse preferentemente para un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con propiedades mecánica e isotropía excelentes, que comprende fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas para mejorar la manejabilidad, y en el que las fibras de carbono están contenidas en una resina termoplástica en un contenido alto, teniendo dichas fibras de carbono longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente.

15 En vista de los antecedentes de las técnicas convencionales, es un objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con propiedades mecánicas e isotropía excelentes que comprende someter el material de moldeo a moldeo por compresión.

Con el fin de alcanzar los objetivos anteriores, la presente invención incluye las características constitutivas siguientes.

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

25 (2) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según (1), en el que el parámetro de dispersión definido en el presente documento de las fibras de carbono es del 0 % al 25 %.

(3) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según (1) o (2), en el que el valor máximo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,29 o inferior.

30 (4) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (1) a (3), en el que el valor mínimo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,03 o superior.

(5) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (1) a (4), en el que el número de fibras de carbono que tiene longitudes de fibra de 1,0 mm o superiores corresponde a del 30 % al 100 % del número total de las fibras de carbono.

35 (6) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (1) a (5), en el que la fracción de vacío definida en el presente documento del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es del 5 % o inferior.

40 (7) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (1) a (6), en el que la resistencia a la flexión según la norma ISO178 del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es de 350 a 1100 MPa.

(8) El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (1) a (7), en el que la estabilidad de la resistencia a la flexión según la norma ISO178 del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es del 10 % o inferior.

45 (9) Un material de moldeo, que es un material de moldeo que comprende fibras de resina termoplástica, que son fibras de resina termoplástica monofilamentosas, (20 % al 65 % en peso) y fibras de carbono, que son fibras de carbono monofilamentosas, (35 % al 80 % en peso), en el que la longitud de fibra promedio en peso (L_w) de las fibras de carbono es de 1 a 15 mm y el parámetro de orientación definido en el presente documento (fp) de las fibras de carbono es de -0,25 a 0,25.

50 (10) El material de moldeo según (9), en el que las fibras de resina termoplástica monofilamentosas están en contacto con al menos dos de las fibras de carbono monofilamentosas.

(11) El material de moldeo según (9) o (10), en el que el valor máximo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de

orientación de las fibras de carbono es de 0,29 o inferior.

(12) El material de moldeo según una cualquiera de (9) a (11), en el que el valor mínimo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,03 o superior.

5 (13) El material de moldeo según una cualquiera de (9) a (12), en el que el parámetro de dispersión definido en el presente documento de las fibras de carbono es del 0 % al 25 %.

(14) El material de moldeo según una cualquiera de (9) a (13), en el que el valor correspondiente a la relación de longitud de fibra promedio en peso de las fibras de carbono (L_w) con respecto a la longitud de fibra promedio en número de las mismas (L_n) (L_w/L_n) es de 1,0 a 2,5.

10 (15) Un procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, que comprende moldear el material de moldeo según una cualquiera de (9) a (14) mediante un procedimiento de moldeo por compresión que comprende al menos las etapas (I) a (V) siguientes:

(I): una etapa de calentamiento y fusión de una resina termoplástica contenida en un material de moldeo;

(II): una etapa de posicionamiento del material de moldeo en una matriz;

15 (III): una etapa de presurización del material de moldeo con la matriz;

(IV): una etapa de solidificación del material de moldeo en la matriz; y

(V): una etapa de apertura de la matriz para desmoldear el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo.

20 (16) El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzado con fibra según (15), en el que se repite una operación de liberación de la presión sobre el material de moldeo y represurización del material de moldeo al menos una vez en la etapa (III).

(17) El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según (15) o (16), en el que la presión sobre el moldeo por compresión es de 2 a 40 MPa.

25 (18) El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de (15) a (17), en el que el porcentaje de carga del material de moldeo posicionado en la cavidad de la matriz es del 80 % o superior.

En el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, están contenidas fibras de carbono monofilamentosas en una resina termoplástica en un contenido alto y dichas fibras tienen longitudes de fibra grandes y están dispuestas aleatoriamente. De este modo puede obtenerse un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con altas propiedades mecánicas, en particular propiedades mecánicas isotrópicas. Dicho artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se usa preferentemente para piezas tales como piezas estructurales, carcasas y similares para dispositivos eléctricos/electrónicos, equipos de ofimática, aplicaciones electrodomésticas, productos de ingeniería civil y de la construcción, automóviles y aviones.

35 El material de moldeo de la presente invención comprende fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas y, por lo tanto, es excelente en términos de manejabilidad. Además, están contenidas fibras de carbono en un contenido alto, teniendo dichas fibras longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente. Por lo tanto, puede obtenerse un material de moldeo que puede usarse preferentemente para un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con excelentes propiedades mecánicas e isotropía.

40 Además, puede producirse un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con altas propiedades mecánicas, particularmente propiedades mecánicas isotrópicas, sometiendo el material de moldeo a moldeo por compresión.

Esta descripción incluye la totalidad o parte del contenido según se divulga en la descripción y/o dibujos de la solicitud de patente japonesa N° 2006-47987, que es un documento de prioridad de la presente solicitud.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una sección de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras en el que están dispersadas fibras de carbono monofilamentosas en una resina termoplástica.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una sección de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras en el que están presentes haces de fibras de carbono.

50 La Fig. 3 es una imagen en el microscopio óptico de una sección del artículo moldeado de resina termoplástica

reforzada con fibras obtenido en el Ejemplo 2 de la presente invención.

La Fig. 4 es una imagen en el microscopio óptico de una sección del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras obtenido en el Ejemplo comparativo 2 de la presente invención.

Explicación de los números de referencia

- 5 1: Fibra de carbono
2: Resina termoplástica

Mejor forma de realizar la invención

A continuación, se describen con más detalle el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, el material de moldeo y procedimientos de producción del artículo moldeado de la presente invención.

10 "Artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras"

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

El contenido en peso de fibras de carbono en el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención es del 35 % al 80 % en peso, más preferentemente del 38 % al 75 % en peso y más preferentemente del 40 % al 70 % en peso con respecto al peso del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Si el contenido en peso de fibras de carbono es inferior al 35 % en peso, las propiedades mecánicas del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras pueden resultar insuficientes cuando se usa para piezas estructurales. Además, si un material de moldeo se vuelve fluido en una etapa de moldeo de un artículo moldeado, de tal modo que las fibras de carbono se quedan orientadas en la dirección de flujo del material fluido, la isotropía y las propiedades mecánicas se pueden deteriorar. Además, si el contenido en peso de fibras de carbono excede el 80 % en peso, la cantidad de resina termoplástica con respecto a la de fibras de carbono está esencialmente reducida. En consecuencia, las propiedades mecánicas de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras pueden reducirse significativamente.

Las fibras de carbono del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención son fibras monofilamentosas. En el presente documento, el término "monofilamentosas" se refiere a condiciones en las que se observa una dispersión sustancialmente uniforme de fibras de carbono en una sección del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras tal como se muestra en la fig. 1. Cuando se observan haces de fibras de carbono en una sección del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras tal como se muestra en la fig. 2, se genera una porción rica en resina que consiste en una resina en huecos entre haces de fibras de carbono, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas. Además, la presencia de haces de fibras de carbono imposibilita que la resina termoplástica impregne los haces de fibras de carbono. Por lo tanto, se generan porciones no impregnadas, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas.

La longitud de la fibra promedio en peso (Lw) de fibras de carbono en el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención es preferentemente 0,5 a 10 mm, más preferentemente 0,8 a 8 mm y más preferentemente 1 a 7 mm. Si la longitud de fibra promedio en peso (Lw) de fibras de carbono es inferior a 0,5 mm, las propiedades mecánicas del artículo moldeado pueden resultar insuficientes si se usa para piezas estructurales. Cuando dicha longitud excede 10 mm, pueden no formarse fibras de carbono monofilamentosas. En tal caso, se generan huecos en el artículo moldeado, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas.

En términos de propiedades mecánicas, la longitud de fibra promedio en peso (Lw) de fibras de carbono del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención es preferentemente de 0,4 a 9 mm, más preferentemente de 0,7 a 7 mm y más preferentemente de 0,9 a 6 mm.

En el presente documento, la longitud de fibra promedio en peso (Lw) y la longitud de la fibra promedio en número (Ln) se miden mediante el procedimiento siguiente. La medición se lleva a cabo extrayendo fibras de carbono de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, seleccionando 400 fibras de carbono de forma aleatoria, midiendo la longitud de las fibras de carbono (unidades: 1-μm) con un microscopio óptico o un microscopio de barrido electrónico y calculando la longitud de fibra promedio en peso (Lw) y la longitud de fibra promedio en número (Ln) por medio de las fórmulas siguientes.

- **Longitud de fibra promedio en peso (Lw) = $\Sigma (Li \times Wi/100)$**
- **Longitud de fibra promedio en número (Ln) = $(\Sigma Li)/400$**

• Li: Longitud de la fibra medida ($i = 1, 2, 3 \dots 400$)

• Wi: Fracción en peso de fibras con una longitud de fibra Li ($i = 1, 2, 3 \dots 400$)

Con respecto al procedimiento de extracción de fibras de carbono, se escinde una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y se disuelve de forma suficiente en un disolvente capaz de disolver una resina termoplástica y, después, pueden separarse fibras de carbono por medio de una operación convencional tal como filtración. Si no se usa un disolvente capaz de disolver una resina termoplástica, se usa una técnica que comprende escindir una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, eliminar la resina termoplástica del mismo mediante incineración con un horno de caldear y separar fibras de carbono del mismo. Si el número medido de fibras de carbono extraídas de un modo aleatorio es 400 o más, no hay sustancialmente ningún cambio en la longitud de fibra promedio en peso (L_w) calculada y la longitud de fibra promedio en número (L_n) de fibras de carbono.

El estado orientado de las fibras de carbono en la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención se representa mediante el parámetro de orientación (fp). El parámetro de orientación (fp) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención indica un parámetro que representa la distribución de orientación de fibras de carbono contenidas en una porción localizada a una profundidad de 100 μm de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, correspondiendo dicho parámetro a un valor numérico de -1,0 a 1,0. Un fp de -1,0 o 1,0 significa que las fibras de carbono están orientadas en una única dirección. Un fp de 0,0 significa que las fibras de carbono están dispuestas de forma completamente aleatoria. Según la presente invención, si el fp es de -0,25 a 0,25, las fibras de carbono de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras están dispuestas de forma sustancialmente aleatoria, de tal modo que pueden aplicarse los efectos de la presente invención. El fp es preferentemente de -0,2 a 0,2, más preferentemente de -0,15 a 0,15 y más preferentemente de -0,1 a 0,1. Si el fp es inferior a -0,25 o excede de 0,25, la preferencia de orientación de las fibras de carbono aumenta, lo que puede tener como consecuencia un deterioro de la isotropía en las propiedades mecánicas.

Con respecto al parámetro de orientación (fp), se ha divulgado un procedimiento para calcular un parámetro de orientación mediante la medición del ángulo de orientación de la fibra en una sección de un producto de moldeo por inyección en Polymer Composites, vol. 6, páginas 41-46 (1985). En la presente invención, el parámetro de orientación (fp) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se midió por medio del procedimiento siguiente. Se escindió una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, se observó en el microscopio óptico una pieza de ensayo obtenida puliendo la porción hasta una profundidad de 100 μm de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y se seleccionaron 400 fibras de carbono de un modo aleatorio. En general, una fibra de carbono se reconoce porque tiene una sección transversal ovalada en dicha superficie pulida. La dirección longitudinal de dicho óvalo se designa como la dirección de orientación de la fibra. Después, se predetermina arbitrariamente una línea recta base que sirva como línea inicial para un ángulo. Se mide cada ángulo formado por la línea recta base y la línea que se extiende en la dirección de orientación de una fibra de carbono seleccionada (en adelante abreviado como ángulo de orientación α_i). El ángulo de orientación α_i se designa para que sea un ángulo de 0° a menos de 180° si se mide el ángulo formado por la línea recta base y dicha línea en sentido contrario a las agujas del reloj. El parámetro de orientación (fp) se calculó mediante la fórmula siguiente con el uso del ángulo de orientación α_i .

$$fp = 2 \times \Sigma(\cos 2\alpha_i / 400) - 1$$

• α_i : ángulo de orientación medido ($i = 1, 2, 3 \dots 400$)

Si el número de fibras de carbono extraídas de un modo aleatorio es 400 o más, no hay sustancialmente ningún cambio en el valor del parámetro de orientación (fp). Además, no hay ningún cambio en el valor del parámetro de orientación (fp) derivado de una región localizada a una profundidad de 150 μm o inferior de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Por lo tanto, puede medirse el parámetro de orientación (fp) en la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Una porción usada para medir el parámetro de orientación (fp) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras no está particularmente limitada. No obstante, la medición se lleva a cabo preferentemente usando porciones localizada tan cerca como sea posible de la porción central (excluyendo porciones laterales) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de propiedades mecánicas, el parámetro de dispersión de fibras de carbono contenidas en el mismo es preferentemente del 0 % al 25 %, más preferentemente del 0 % al 22 % y más preferentemente del 0 % al 20 %. El parámetro de dispersión de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es un índice que representa una variación del contenido en peso de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Según la presente invención, dicho índice se expresa como un valor obtenido por medición de una variación en el número de fibras de carbono en una sección de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Dicho parámetro de dispersión se calcula mediante el procedimiento siguiente.

Se escinde una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y se pule una sección de la porción para observación en microscopio óptico. Se seleccionan 10 áreas (0,1 mm x 0,1 mm) de la sección de un modo aleatorio y se determina el número de fibras de carbono contenidas en cada área. Los símbolos "A" y "S" denotan el valor medio de los números de fibras de carbono contenidas en las 10 áreas seleccionadas y la desviación típica, respectivamente. Dicho parámetro de dispersión se obtiene mediante la fórmula siguiente.

• **Parámetro de dispersión = $(100 \times S/A)$ (unidades: %)**

Además, una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras sometida a medición del parámetro de dispersión no está particularmente limitada. No obstante, la medición se lleva a cabo preferentemente usando porciones localizadas tan cerca como sea posible de la porción central (excluyendo porciones laterales) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de isotropía en las propiedades mecánicas, el valor máximo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono es preferentemente de 0,29 o inferior, más preferentemente de 0,26 o inferior y más preferentemente de 0,23 o inferior. Además, con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de isotropía en las propiedades mecánicas, el valor mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono es preferentemente de 0,03 o superior, más preferentemente de 0,06 o superior y más preferentemente de 0,10 o superior. La frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencias de ángulos de orientación de fibras de carbono es un índice que representa la distribución de ángulos de orientación de fibras de carbono en la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Según la presente invención, la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) se obtiene en base a los ángulos de orientación de fibras de carbono contenidas en una porción localizada a una profundidad de 100 µm de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. El valor máximo y el valor mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de los ángulos de orientación de fibras de carbono se mide mediante el procedimiento siguiente. Los ángulos de orientación α mencionados anteriormente de 400 fibras de carbono usadas para el cálculo del parámetro de orientación (fp) se usaron para crear la distribución de frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) de ángulos de orientación de fibras de carbono. Los valores máximo y mínimo de los mismos se designaron como los valores máximo y mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono. Cuando el número de fibras de carbono extraídas de un modo aleatorio es de 400 o más, no hay sustancialmente ningún cambio en los valores máximo y mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono. Además, en el caso de una región localizada a una profundidad de 150 µm de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibra, no hay sustancialmente ningún cambio en los valores máximo y mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono. En consecuencia, puede medirse la distribución de ángulos de orientación de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Además, una porción sometida a medición para determinar los valores máximo y mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono no está particularmente limitada. No obstante, la medición se lleva a cabo preferentemente usando porciones localizada tan cerca como sea posible de la porción central (excluyendo porciones laterales) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado. Si cada uno de los valores máximo y mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono es de 0,17, significa que las fibras de carbono están dispuestos de forma completamente aleatoria en la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de propiedades mecánicas, el número de fibras de carbono que tienen longitudes de fibra de 1,0 mm o superiores corresponde a preferentemente a del 30 % al 100 %, más preferentemente del 35 % al 95 % y más preferentemente del 40 % al 90 % del número total de fibras de carbono.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de propiedades mecánicas, el número de fibras de carbono que tienen longitudes de fibra de 2,0 mm o superiores corresponde a preferentemente a del 10 % al 100 %, más preferentemente del 15 % al 95 % y más preferentemente del 20 % al 90 % del número total de fibras de carbono.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de propiedades mecánicas, el número de fibras de carbono que tienen longitudes de fibra de 3,0 mm o superiores corresponde a preferentemente a del 2 % al 100 %, más preferentemente del 3 % al 95 % y más preferentemente del 5 % al 90 % del número total de fibras de carbono.

Con respecto al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, en términos de propiedades mecánicas, la fracción de vacío es preferentemente del 5 % o inferior, más preferentemente del 3 % o inferior y más preferentemente del 2 % o inferior. La fracción de vacío de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se mide por medio del procedimiento siguiente. Se escinde una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y se mide la densidad del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (pc) según el procedimiento de ensayo A de JIS K 7112 (5) (1999) (procedimiento de desplazamiento de agua). La fracción de vacío (Vv) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se obtiene mediante la fórmula siguiente, usando la densidad de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (pc) y la densidad de una resina termoplástica (pr).

10 • **$Vv = 100 - pc/pr$ (unidades: % en volumen)**

Una porción sometida a medición de la fracción de vacío (Vv) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras no está particularmente limitada. No obstante, la medición se lleva a cabo preferentemente usando porciones localizadas tan cerca como sea posible de la porción central (excluyendo porciones laterales) del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

La resistencia a la flexión del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención según la norma ISO178 es preferentemente de 350 a 1100 MPa, más preferentemente de 370 a 1000 MPa y más preferentemente de 400 a 900 MPa. Si la resistencia a la flexión está dentro de dicho intervalo preferente, dicho artículo moldeado se considera que tiene la resistencia necesaria para su uso para una pieza estructural en una realización preferente.

Además, en términos de isotropía en propiedades mecánicas, la estabilidad de la resistencia a la flexión del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención medida según la norma ISO178 es preferentemente del 10 % o inferior, más preferentemente del 8 % o inferior y más preferentemente del 7 % o inferior. El límite inferior de estabilidad de resistencia a la flexión no está particularmente limitado. No obstante, en términos de propiedades mecánicas isotrópicas de piezas estructurales, lo más preferente es el 0 %.

Además, en términos de aplicación a piezas estructurales, el modulo elástico de flexión del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención medido según la norma ISO178 es preferentemente de 17 GPa o superior, más preferentemente 20 GPa y más preferentemente 23 GPa.

"Fibras de carbono"

Los ejemplos preferentes de fibras de carbono usadas para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención incluyen fibras de carbono basadas en PAN fabricadas a partir de fibras de poliacrilonitrilo, fibras de carbono basadas en alquitrán fabricadas a partir de alquitrán de hulla y un alquitrán de petróleo, fibras de carbono basadas en celulosa fabricadas a partir de rayón viscosa, acetato de celulosa y similares, fibras de carbono desarrolladas en vapor fabricadas a partir de hidrocarburos y similares y fibras grafitizadas de los ejemplos anteriores. Además, pueden mezclarse dos o más de los ejemplos anteriores. De modo particularmente preferente, se usan fibras de carbono basadas en PAN, que son excelentes en términos de equilibrio entre resistencia y módulo elástico

Además, la resistencia a la tracción de fibras de carbono usadas para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención es preferentemente 3,7 GPa o superior, más preferentemente 4,0 GPa o superior y más preferentemente 4,2 GPa o superior. En los casos anteriores, puede reducirse la rotura de fibras de carbono de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Por lo tanto, el modulo elástico tensil de dicha fibra de carbono que puede usarse preferentemente es de 180 a 650 GPa en términos de aplicación a piezas estructurales. "Resina termoplástica"

Los ejemplos de una resina termoplástica usada para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención incluyen: resinas cristalinas tales como poliésteres (por ejemplo, poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(tereftalato de trimetileno) (PTT), poli(naftalato de etileno) (PEN) y polyester de cristal líquido), poliolefinas (por ejemplo, polietileno (PE), polipropileno (PP) y polibutileno), polioximetileno (POM), poliamida (PA), poli(sulfuro de fenileno) (PPS), policetona (PK), polietercetona (PEK), polieteretercetona (PEEK), polietercetonaacetona (PEKK), polieteritrilo (PEN), resinas basadas en flúor (por ejemplo, politetrafluoroetileno) y polímero de cristal líquido(LCP); resinas amorfas tales como resinas basadas en estireno, policarbonato (PC), poli(metacrilato de metileno) (PMMA), poli(cloruro de vinilo) (PVC), polifeniléneter (PPE), poliimida (PI), poliamidaimida (PAI), polieterimida (PEI), polisulfona (PSU), polietersulfona y polialilato (PAR); otros elastómeros termoplásticos que incluyen resina fenólica, resina fenoxi, poliestireno, poliolefina, poliuretano, poliéster, poliamida, polibutadieno, poliisopreno, flúor, acrilonitrilo y similares; y resinas termoplásticas seleccionadas de entre copolímeros y resinas desnaturalizadas de los ejemplos anteriores. Según la presente invención, puede usarse al menos un miembro de los ejemplos anteriores como resina termoplástica preferente. En términos de propiedades mecánicas, la poliamida (PA) es más preferente. En términos de termoestabilidad son más preferentes poli(sulfuro de fenileno) (PPS), polieterimida (PEI), y polieteretercetona (PEEK). El polipropileno (PP) es económicamente

preferente.

"Aditivos, cargas y similares"

Las sustancias y agentes siguientes pueden añadirse adicionalmente al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención según la aplicación del mismo: materiales de carga tales como mica, talco, caolín, sericita, bentonita, xonotlita, sepiolita, esmectita, montmorillonita, walastonita, sílice, carbonato de calcio, perlas de vidrio, copos de vidrio, microesferas de vidrio, arcilla, disulfuro de molibdeno, óxido de titanio, óxido de cinc, óxido de antimonio, polifosfato de calcio, grafito, sulfato de bario, sulfato de magnesio, borato de cinc, borito de calcio, triquitos de borato de aluminio, triquitos de titanato de potasio y compuestos de alto peso molecular; materiales que imparten conductividad tales como materiales basados en metales, materiales basados en óxidos metálicos, negro de carbono y grafito en polvo; materiales ignífugos basados en halógenos tales como resina bromada; materiales ignífugos basados en antimonio tales como trióxido de antimonio y pentóxido de antimonio; materiales ignífugos basados en fósforo tales como polifosfato de amonio, fosfato aromático y fósforo rojo; materiales ignífugos basados en sales metálicas de ácidos orgánicos tales como borato metálico orgánico, carboxilato metálico y sal metálica de sulfonimida aromática; materiales ignífugos orgánicos tales como borato de cinc, cinc, óxido de cinc y compuestos de circonio; materiales ignífugos basados en nitrógeno tales como ácido cianúrico, ácido isocianúrico, melamina, cianurato de melamina, fosfato de melamina y guanidina nitrogenada; materiales ignífugos basados en flúor tales como PTFE; materiales ignífugos basados en silicona tales como poliorganosiloxano; materiales ignífugos basados en hidróxidos metálicos tales como hidróxido de aluminio e hidróxido de magnesio; otros materiales ignífugos; materiales auxiliares de materiales ignífugos tales como óxido de cadmio, óxido de cinc, óxido cuproso, óxido cúprico, óxido ferroso, óxido férrico, óxido de cobalto, óxido de manganeso, óxido de molibdeno, óxido de estaño y óxido de titanio; pigmentos; colorantes; lubricantes; agentes de desmoldeo; compatibilizantes; agentes dispersantes; agentes con núcleo cristalino tales como mica, talco y caolín; plastificantes tales como éster de fosfato; termoestabilizantes; antioxidantes; protectores del color; absorbentes UV; modificadores de la fluidez; agentes espumantes; agentes antibacterianos; amortiguadores de la vibración; desodorantes; modificadores deslizantes y agentes antiestáticos tales como polieteresteramida.

Además de fibras de carbono, el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención puede comprender fibras metálicas tales como fibras de aluminio y fibras de acero inoxidable, fibras orgánicas tales como fibras de almidón y fibras PBO, fibras inorgánicas tales como fibras de carburo de silicio y fibras de vidrio, y fibras naturales tales como cáñamo y kenaf. En particular, las fibras de vidrio son económicamente ventajosas y, por lo tanto, se usan preferentemente.

"Aplicaciones"

El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención puede usarse para las aplicaciones siguientes: piezas de dispositivos eléctricos/electrónicos tales como "carcasas, bandejas, chasis, elementos interiores y cajas de ordenadores personales, pantallas, equipos de ofimática, teléfonos móviles, terminales portátiles, terminales de facsímil, discos compactos, MD portátiles, radiocasetes portátiles, PDA (terminales portátiles tales como agendas electrónicas), videocámaras, cámaras de video digitales, instrumentos ópticos, reproductores de audio, dispositivos de aire acondicionado, aparatos de alumbrado, productos de entretenimiento, juguetes y juegos, otros aparatos electrodomésticos y similares"; piezas de ingeniería civil y de la construcción tales como "puntales, paneles y materiales de refuerzo"; piezas estructurales de automóviles y de vehículos de dos ruedas que incluyen "suspensiones, aceleradores y piezas de dirección tales como una diversidad de elementos, una diversidad de marcos, una diversidad de bisagras, una diversidad de brazos, una diversidad de ejes, una diversidad de cojinetes de ruedas, una diversidad de vigas, ejes de propulsión, ruedas y cajas de cambios", "paneles exteriores y piezas de carrocerías tales como capós, techos, puertas, guardabarros, tapas de maleteros, paneles laterales, paneles posteriores, paneles superiores traseros, carrocerías frontales, carrocerías inferiores, una diversidad de pilares, una diversidad de elementos, una diversidad de marcos, una diversidad de vigas, una diversidad de soportes, una diversidad de raíles y una diversidad de bisagras", "piezas exteriores tales como parachoques, vigas de parachoques, molduras, faldones para vehículos, cubiertas de motores, placas de corriente, alerones, persianas del capó y piezas de aeronaves", "piezas interiores tales como paneles de instrumentos, estructuras de asientos, acabados de puertas, acabados de pilares, manillas y una diversidad de módulos" y "piezas relacionadas con el combustible y piezas usadas para la emisión o admisión tales como piezas de motores, depósitos de GNC, depósitos de gasolina, bombas de combustible, entradas de aire, colectores de admisión, elementos principales del carburador, espaciadores del carburador, una diversidad de conducciones y una diversidad de válvulas"; otras piezas de automóviles y de vehículos de dos ruedas tales como "terminales del alternador, conectores del alternador, reguladores de tensión, bases de potenciómetros (para reguladores de la luz), juntas para agua de refrigeración de motores, bases de termostato usadas para aire acondicionado, bombillas de control del flujo de aire de calefacción, soportes para cepillos del motor del radiador, álabes fijos de la turbina, piezas relacionadas con el motor del limpiaparabrisas, distribuidores, interruptores de arranque, relés de arranque, boquillas para el lavado de ventanas, sustratos de interruptores de paneles de aire acondicionado, serpentín de válvulas electromagnéticas relacionadas con el combustible, bandejas de baterías, soportes AT, soportes de faros, carcasas de pedales, protectores, terminales del claxon, rotores de motores de pasos, portalámparas, reflectores, carcasas de lámparas, pistones de freno, cápsulas de insonorización, cubiertas de llantas de repuesto, bobinas del solenoide, filtros de aceite de motor, tapas del dispositivo de ignición, placas protectoras de las puertas y revestimientos"; y

piezas de aviones tales como "fundas del tren de aterrizaje, aletas, alerones, bordes, escaleras, elevadores, carenados y nervaduras". En términos de propiedades mecánicas, el artículo moldeado se usa preferentemente para carcasas de dispositivos eléctricos/electrónicos, paneles de ingeniería civil y de la construcción, piezas estructurales de automóviles y piezas de aviones. En particular, en términos de propiedades mecánicas e isotropía, el artículo

5 moldeado se usa preferentemente para piezas estructurales de automóviles y vehículos de dos ruedas.

"Materiales de moldeo"

A continuación se describe el material de moldeo de la presente invención.

El material de moldeo de la presente invención es un material de moldeo que comprende fibras de resina termoplástica, que son fibras de resina termoplástica monofilamentosas, (20 % al 65 % en peso) y fibras de carbono, que son fibras de carbono monofilamentosas, (35 % al 80 % en peso), en el que la longitud de fibra promedio en peso (Lw) de las fibras de carbono es de 1 a 15 mm y el parámetro de orientación definido en el presente documento (fp) de las fibras de carbono es de -0,25 a 0,25.

El contenido en peso de fibras de carbono en el material de moldeo de la presente invención es del 35 % al 80 % en peso, más preferentemente del 38 % al 75 % en peso y más preferentemente del 40 % al 70 % en peso con respecto al peso del material de moldeo. Si el contenido en peso de fibras de carbono es inferior al 35 % en peso, las propiedades mecánicas del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras pueden resultar insuficientes si se usa para piezas estructurales. Además, si un material de moldeo se vuelve fluido en una etapa de moldeo de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, de tal modo que las fibras de carbono se quedan orientadas en la dirección de flujo del material fluido, la isotropía y las propiedades mecánicas se pueden deteriorar. Además, si el contenido en peso de fibras de carbono excede del 80 % en peso, la cantidad de resina termoplástica con respecto a la de fibras de carbono está esencialmente reducida. En consecuencia, las propiedades mecánicas de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras pueden reducirse significativamente.

El material de moldeo de la presente invención comprende fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas. De este modo, se forma una estructura de malla tridimensional con fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas. Por lo tanto, en una etapa de producción de un material de moldeo o en una etapa de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras usando un material de moldeo, la pérdida de cantidades de materiales de partida usadas para fibras de carbono y fibras de resina termoplástica puede reducirse. Además, puede mejorarse la resistencia de un material de moldeo. En consecuencia, puede obtenerse un material de moldeo con una buena manejabilidad. Si las fibras de carbono y las fibras de resina termoplástica están en forma de haces, es menos probable que las fibras de carbono se enmarañen con fibras de resina termoplástica, lo que tendría como consecuencia un aumento de la pérdida de cantidades de materiales de partida usadas para fibras de carbono y fibras de resina termoplástica. Además, la resistencia de un material de moldeo puede deteriorarse. Además, en el caso de una resina termoplástica en forma de partículas, dicha resina termoplástica no puede mantenerse en un material de moldeo, lo que tiene como consecuencia un aumento de la pérdida de cantidad de un material de partida de partículas de resina termoplástica.

En vista de la formación de la estructura de malla, es preferente que las fibras de carbono termoplástica entren en contacto con al menos dos fibras de carbono del material de moldeo de la presente invención. El número de dichas fibras de carbono en contacto con las fibras de resina termoplástica es más preferentemente de 3 o más, más preferentemente de 5 o más y de modo particularmente preferente de 10 o más.

La longitud de fibra promedio en peso (Lw) de fibras de carbono del material de moldeo de la presente invención es de 1 a 15 mm, preferentemente de 1,5 a 12,5 mm y más preferentemente de 2 a 10 mm. Si la longitud de fibra promedio en peso (Lw) de fibras de carbono es inferior a 1 mm, las propiedades mecánicas del material de moldeo pueden resultar insuficientes si se usa para piezas estructurales. Si dicha longitud excede de 15 mm, no pueden formarse fibras de carbono monofilamentosas. En tal caso se generan huecos en un artículo moldeado, lo que puede provocar una disminución de las propiedades mecánicas.

En términos de propiedades mecánicas, la longitud de la fibra promedio en número (Ln) de fibras de carbono del material de moldeo de la presente invención es preferentemente de 1 a 15 mm, más preferentemente de 1,5 a 12,5 mm y más preferentemente de 2 a 10 mm.

En el presente documento, la longitud de fibra promedio en peso (Lw) y la longitud de fibra promedio en número (Ln) de un material de moldeo se miden como en los casos de procedimientos de medición para determinar la longitud de fibra promedio en peso (Lw) y la longitud de fibra promedio en número (Ln) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras.

El estado orientado de fibras de carbono de la superficie del material de moldeo de la presente invención se representa mediante el parámetro de orientación (fp). Según la presente invención, si el parámetro de orientación (fp) de un material de moldeo es de -0,25 a 0,25, las fibras de carbono de la superficie del material de moldeo están dispuestas aleatoriamente y, por lo tanto, los efectos de la presente invención pueden expresarse en su totalidad.

Dicho parámetro es preferentemente de -0,2 a 0,2 y más preferentemente de -0,15 a 0,15. Si el parámetro de orientación (fp) es inferior a -0,25 o excede de 0,25, la preferencia de orientación de fibras de carbono se incrementa. En dicho caso, la isotropía en las propiedades mecánicas de un artículo moldeado puede deteriorarse.

El parámetro de orientación (fp) del material de moldeo de la presente invención se refiere a un parámetro que representa la distribución de orientación de fibras de carbono contenidas en una porción localizada a una profundidad de 100 μm de la superficie del material de moldeo, correspondiendo dicho parámetro a un valor numérico de -1,0 a 1,0. El parámetro se determina mediante el procedimiento siguiente. Se escinde una porción de un material de moldeo y es embebida en una resina epoxi y, después, el producto resultante se pule hasta una profundidad de 100 μm de la superficie del material de moldeo, de tal modo que se prepara una pieza de ensayo para observación. La medición se lleva a cabo del mismo modo que en el caso del parámetro de orientación (fp) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, excepto en que se prepara una pieza de ensayo para observación.

En el caso del material de moldeo de la presente invención, debido a que un artículo moldeado tiene isotropía como propiedad mecánica, el valor máximo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono es preferentemente de 0,29 o inferior, más preferentemente de 0,26 o inferior y más preferentemente de 0,23 o inferior. Además, en el caso del material de moldeo de la presente invención, debido a que un artículo moldeado tiene isotropía como propiedad mecánica, el valor mínimo de la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono es preferentemente de 0,03 o superior, más preferentemente de 0,06 o superior y más preferentemente de 0,10 o superior. La frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencias de ángulos de orientación de fibras de carbono de la superficie del material de moldeo es un índice que representa la distribución de ángulos de orientación de fibras de carbono en la superficie del material de moldeo. Según la presente invención, la frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) se obtiene en base a los ángulos de orientación de fibras de carbono contenidas en una porción localizada a una profundidad de 100 μm de la superficie del material de moldeo. La frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de fibras de carbono en el material de moldeo se mide del mismo modo que en el caso de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras.

En términos de manejabilidad, el parámetro de dispersión de fibras de carbono contenidas en el material de moldeo de la presente invención es preferentemente del 0 % al 25 %, más preferentemente del 0 % al 22 % y más preferentemente del 0 % al 20 %. El parámetro de dispersión en un material de moldeo es un índice que representa una variación del contenido en peso de fibras de carbono contenidas en el material de moldeo. En la presente invención, dicho parámetro se expresa como el valor obtenido mediante medición de una variación en el número de fibras de carbono en la sección del material de moldeo. El parámetro de dispersión en un material de moldeo se mide del mismo modo que en el caso del parámetro de dispersión mencionado anteriormente en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, excepto en que se escinde una porción de un material de moldeo y es embebida en una resina epoxi y, después, la sección del material de moldeo se pule para preparar una pieza de ensayo para observación.

Se forma la estructura en malla mencionada anteriormente en el material de moldeo de la presente invención. De este modo, el valor correspondiente a la relación de longitud de fibra promedio en peso (L_w) de fibras de carbono con respecto a la longitud de fibra promedio en número de las mismas (L_n) (L_w/L_n) es preferentemente de 1,0 a 2,5, más preferentemente de 1,0 a 2,2 y más preferentemente de 1,0 a 2,0. En el presente documento, las condiciones en las que el valor que corresponde a la relación de longitud de fibra promedio en peso (L_w) con respecto a la longitud de fibra promedio en número (L_n) (L_w/L_n) es 1,0 indican que la estructura está formada exclusivamente por fibras que tienen la misma longitud. Esto significa, por lo tanto, que cuanto más grande sea el valor correspondiente a la relación de longitud de fibra promedio en peso (L_w) con respecto a la longitud de fibra promedio en número (L_n) (L_w/L_n), más amplia será la distribución de longitudes de fibra.

En términos de manejabilidad, el material de moldeo de la presente invención está preferentemente en forma de lámina. Un material de moldeo en forma de lámina es un material de moldeo fino y amplio que tiene un grado pequeño de espesor en una dirección longitudinal o de la anchura. Los ejemplos de los mismos incluyen redes, telas no tejidas, fieltro y estera.

"Fibras de carbono"

Preferentemente, las fibras de carbono que pueden usarse para el material de moldeo de la presente invención son fibras de carbono similares a las usadas para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras mencionado anteriormente.

Preferentemente, las fibras de carbono que pueden usarse para el material de moldeo de la presente invención son fibras de carbono que tienen una resistencia a la tracción y un módulo elástico tensil similares a los de fibras de carbono usadas para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras mencionado anteriormente.

"Resina termoplástica"

Preferentemente, la resina termoplástica que puede usarse para el material de moldeo de la presente invención es una resina termoplástica similar a la usada para el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras mencionado anteriormente.

5 "Aditivos, cargas y similares"

El material de moldeo de la presente invención puede contener aditivos, cargas y similares que son similares a las que se añaden adicionalmente al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras mencionado anteriormente.

"Aplicaciones"

- 10 Preferentemente, el material de moldeo de la presente invención puede usarse para aplicaciones similares a las del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras mencionado anteriormente.

"Procedimiento de producción de un material de moldeo"

A continuación se describe un procedimiento de producción de un material de moldeo.

- 15 Un procedimiento de producción de un material de moldeo no está particularmente limitado siempre que pueda obtenerse con el mismo el material de moldeo mencionado anteriormente. Los ejemplos de dicho procedimiento incluyen: (1): un procedimiento de flujo de chorro de aire que comprende llevar a cabo la apertura de fibras de haces de fibras de carbono cortadas y fibras de resina termoplástica en un flujo de chorro de aire, mezclar los productos resultantes y acumular la mezcla en una cinta transportadora; (2): un procedimiento de fabricación de papel que comprende llevar a cabo la apertura de fibras de haces de fibras de carbono cortadas y fibras de resina termoplástica en una solución de dispersión, mezclar los productos resultantes y llevar a cabo la fabricación de papel en un soporte poroso; y (3): un procedimiento en seco que comprende llevar a cabo la apertura de fibras de haces de fibras de carbono cortadas y fibras de resina termoplástica en una cardadora, mezclar los productos resultantes y acumular la mezcla en una cinta transportadora. Según la presente invención, se usan más preferentemente un procedimiento de flujo de chorro de aire o un procedimiento de fabricación de papel. Esto es debido a que dichos procedimientos son excelentes en términos de capacidad de apertura de fibra de fibras de carbono y fibras de resina termoplástica y del mantenimiento de la longitud de una fibra de carbono larga. Más preferentemente, se usa un procedimiento de fabricación de papel en términos de productividad.
- 20
- 25

- Además, en el caso de un procedimiento de flujo de chorro de aire, la isotropía de un material de moldeo puede mejorarse controlando la corriente de un flujo de aire para mezclar uniformemente fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas. En el caso de un procedimiento de fabricación de papel, la isotropía de un material de moldeo puede mejorarse disminuyendo la concentración de fibras de carbono en una solución de dispersión, usando una pala de agitación para agitar una solución de dispersión, estando construida dicha pala de modo que pueda obtenerse una fuerza de agitación grande, o aumentando el número de revoluciones de una pala de agitación para mezclar uniformemente fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas.
- 30
- 35

"Procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras"

A continuación se describe un procedimiento de producción del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención.

- 40 Según el procedimiento de producción de la presente invención, el material de moldeo anterior se forma mediante un procedimiento de moldeo por compresión que comprende al menos las etapas (I) a (V) siguientes:

- (I) una etapa de calentamiento y de fusión de una resina termoplástica contenida en un material de moldeo;
- (II) una etapa de posicionamiento del material de moldeo en una matriz;
- (III) una etapa de presurización del material de moldeo con la matriz;
- (IV) una etapa de solidificación del material de moldeo en la matriz; y

- 45 (V) una etapa de apertura de la matriz para desmoldear el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo.

- El material de moldeo anterior se somete a moldeo por compresión de tal modo que la longitud de las fibras largas de fibras de refuerzo pueda mantenerse y las fibras de carbono se disponen de forma sustancialmente aleatoria, de tal modo que pueda obtenerse un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con excelentes propiedades mecánicas e isotropía. Por ejemplo, en el caso de moldeo por inyección, la longitud de fibra de las fibras de carbono se reduce y las fibras de carbono se orientan en la dirección de flujo de un material fluido. En
- 50

consecuencia, las propiedades mecánicas del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se deterioran y la isotropía también puede verse perjudicada. Un procedimiento de moldeo por compresión no está particularmente limitado. Los ejemplos del mismo incluyen moldeo por estampado y moldeo en prensa de alta presión.

- 5 Con respecto a la temperatura de calentamiento en la etapa (I) anterior, en un caso en el que la resina termoplástica de un material de moldeo sea una resina cristalina, la temperatura de dicho material de moldeo es preferentemente del punto de fusión de la resina termoplástica al punto de fusión + 80 °C en términos de moldeabilidad de un material de moldeo y deterioro en la resina termoplástica. En el caso en el que la resina termoplástica de un material de moldeo sea una resina no cristalina, la temperatura de dicho material de moldeo es preferentemente de la temperatura de transición vítrea de la resina termoplástica + 60 °C a la temperatura de transición vítrea + 200 °C.

- 10 En la etapa (I) anterior, el procedimiento para el calentamiento y fusión de la resina termoplástica de un material de moldeo no está particularmente limitada. Los ejemplos de dicho procedimiento que pueden usarse incluyen procedimientos conocidos convencionales que implican calentamiento con aire caliente, calentamiento por infrarrojos lejanos, calentamiento por infrarrojos cercanos, calentamiento mediante contacto con placa caliente, calentamiento mediante contacto con rodillo caliente, calentamiento por vibración y similares.

En la etapa (I) anterior, en términos de deterioro de una resina termoplástica, es más preferente que el calentamiento y la fusión se lleven a cabo en una atmósfera de gas inerte que contenga nitrógeno, argón o similares o a presión reducida.

- 20 En términos de deterioro de una resina termoplástica, puede añadirse una etapa de eliminación de la humedad contenida en el material de moldeo antes de la etapa (I) anterior. Un procedimiento de eliminación de la humedad contenida en un material de moldeo no está particularmente limitado. Los ejemplos de dicho procedimiento que pueden usarse incluyen procedimientos conocidos convencionales que implican secado con aire caliente, secado por infrarrojos lejanos, secado por infrarrojos cercanos, secado al vacío, aspiración a presión reducida, centrifugación y similares.

- 25 En las etapas (II) y (III) anteriores, en términos de moldeabilidad de un material de moldeo, es preferente posicionar el material de moldeo que comprende una resina termoplástica en una matriz y presurizar el material de moldeo que comprende una resina termoplástica fundida.

- 30 En la etapa (II) anterior, si se forma un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras que comprende porciones que tienen diferentes grosores, puede laminarse un material de moldeo para ser formado en una pluralidad de capas y después posicionarlo en una matriz, en términos de moldeabilidad de un material de moldeo.

- 35 En la etapa (II) anterior, en términos de isotropía en las propiedades mecánicas de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, el porcentaje de carga es preferentemente del 80 % o superior, más preferentemente del 90 % o superior y más preferentemente del 95 % o superior. La expresión "porcentaje de carga" se refiere al porcentaje del área superficial de un material de moldeo con respecto al área de la cavidad de la matriz.

- 40 Con respecto a la temperatura de la matriz en las etapas (II) a (V) anteriores, en el caso en el que la resina termoplástica sea una resina cristalina, la temperatura del material de moldeo se encuentra preferentemente en el punto de fusión de la resina termoplástica - 30 °C o menos, en términos de propiedades de desmoldeo de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. En el caso en el que la resina termoplástica sea una resina no cristalina, la temperatura del material de moldeo se encuentra preferentemente en la temperatura de transición vítrea de la resina termoplástica + 50 °C o menos. La expresión "temperatura de la matriz" tal como se usa en el presente documento, se refiere a la temperatura de la superficie de la cavidad de la matriz.

- 45 En la etapa (III) anterior, es preferente que una operación que comprende la liberación de la presión sobre un material de moldeo y la represurización del material de moldeo se repita al menos una vez. Es posible eliminar aire de la cavidad o aire contenido en el material de moldeo procedente de la matriz liberando la presión sobre el material de moldeo y volviendo a presurizar el material de moldeo. Esta operación puede llevarse a cabo repetidamente hasta que la fracción de vacío del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras sea preferentemente del 5 % o inferior, más preferentemente del 3 % o inferior y más preferentemente del 2 % o inferior.

- 50 El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y el material de moldeo de la presente invención se describen específicamente a continuación con referencia a los ejemplos siguientes, aunque el alcance técnico de la presente invención no está limitado a los mismos.

A continuación, se describen procedimientos de evaluación usados en los Ejemplos y en los Ejemplos comparativos.

(1) Procedimiento para medir la longitud de fibra, la longitud de fibra promedio en peso (Lw) y la longitud de fibra promedio en número (Ln)

- 55 Se escindió una porción de un material de moldeo o de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con

fibras y la resina de matriz del mismo se disolvió suficientemente con un disolvente capaz de disolver una resina de matriz (resina termoplástica). Después, las fibras de carbono se separan de la misma mediante una operación convencional tal como filtración. En caso de no usar un disolvente capaz de disolver una resina termoplástica, se escindió una porción de un material de moldeo o de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras y las fibras de resina termoplástica se retiraron de la misma mediante incineración por calentamiento a una temperatura de 500 °C durante 2 horas, de manera que las fibras de carbono se separen de la misma. Las fibras de carbono separadas de este modo (400 fibras) se extrajeron de un modo aleatorio. Se midió la longitud de fibra de cada fibra de carbono (unidades: 1-µm) con un microscopio óptico o un microscopio electrónico de barrido. Después, se obtuvieron la longitud de fibra promedio en peso (L_w) y la longitud de la fibra promedio en número (L_n) mediante las fórmulas siguientes.

- Longitud de fibra promedio en peso (L_w) = $\sum (L_i \times W_i/100)$

- Longitud de fibra promedio en número (L_n) = $(\sum L_i)/400$

- L_i : Longitud de la fibra medida ($i = 1, 2, 3...400$)

- W_i : Fracción en peso de fibras con una longitud de L_i ($i = 1, 2, 3...400$)

Además, si el número medido de fibras de carbono extraídas de un modo aleatorio es 400 o superior, no hay sustancialmente ningún cambio en la longitud de fibra promedio en peso (L_w) calculada y la longitud de fibra promedio en número (L_n) de fibras de carbono.

(2) Procedimiento de evaluación del parámetro de dispersión

Se escindió una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. La pieza de ensayo escindida es embebida en una resina epoxi y después se pule una sección del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de tal manera que se preparó una pieza de ensayo para observación.

Además, se escindió una porción del material de moldeo. El material de moldeo escindido se emparedó entre dos placas de vidrio que tenían cada una un tamaño equivalente a la de la pieza de ensayo escindida. Se mantuvo el emparedado resultante y se sujetó con un clip. El emparedado resultante fue embebido en dicho estado en una resina epoxi y se pulió una sección del material de moldeo, de modo que se preparó una pieza de ensayo para observación.

La sección obtenida por pulido del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o del material de moldeo se observó con un microscopio óptico. Se seleccionan 10 áreas (0,1 mm x 0,1 mm) de la sección de un modo aleatorio y se determina el número de fibras de carbono contenidas en cada área. Los símbolos "A" y "S" denotan el valor medio de los números de fibras de carbono contenido en las 10 áreas seleccionadas y la desviación típica, respectivamente. Dicho parámetro de dispersión se obtuvo mediante la fórmula siguiente.

- Parámetro de dispersión = $(100 \times S/A)$ (unidades: %)

Además, se usaron como piezas de ensayo para la medición del parámetro de dispersión de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo porciones localizadas tan cerca como era posible de la porción central (excluyendo las porciones de los bordes) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

El parámetro de dispersión derivado de una sección de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo se midió como un índice que representa una variación del contenido en peso de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo. Los resultados se evaluaron con el sistema de clasificación de 4 niveles siguiente. Los símbolos "OO" y "O" indican "aprobado" y los símbolos "Δ" y "X" indican "suspendido":

OO: un parámetro de dispersión inferior al 20 %;

O: un parámetro de dispersión del 20 % o inferior al 25 %;

Δ: un parámetro de dispersión del 25 % o inferior al 30 %; y

X: un parámetro de dispersión del 30 % o superior.

(3) Procedimiento de evaluación del parámetro de orientación (fp)

Se escindió una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, la pieza escindida fue embebida en una resina epoxi y la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se pulió hasta una profundidad de 100 µm de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. De este modo, se preparó una pieza de ensayo para observación.

Además, se escindió una porción del material de moldeo, la pieza de ensayo fue embebida en una resina epoxi y la superficie del material de moldeo se pulió hasta una profundidad de 100 µm de la superficie del material de moldeo. De este modo, se preparó una pieza de ensayo para observación.

Se observó una pieza de ensayo para observación de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo con un microscopio óptico y se seleccionaron 400 fibras de carbono de un modo aleatorio. En general, se reconoce una fibra de carbono porque tiene una sección transversal ovalada en la superficie pulida. La dirección longitudinal de dicho óvalo se designó como la dirección de orientación de la fibra. Después, se predeterminó arbitrariamente una línea recta base que sirviera como línea inicial para un ángulo. Se midió cada ángulo formado por la línea recta base y la línea que se extiende en la dirección de orientación de una fibra de carbono seleccionada (en adelante abreviado como ángulo de orientación α_i). El ángulo de orientación α_i se designó para ser un ángulo de 0° a menos de 180° cuando se mide el ángulo formado por la línea recta base y dicha línea en sentido contrario a las agujas del reloj. El parámetro de orientación (fp) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo se obtuvo mediante las fórmulas siguientes con el uso del ángulo de orientación α_i .

$$fp = 2 \times \Sigma(\cos 2\alpha_i / 400) - 1$$

• α_i : ángulo de orientación medido ($i = 1, 2, 3 \dots 400$)

Además, como piezas de ensayo para la medición del "parámetro de orientación" de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo se usaron porciones localizadas tan cerca como era posible de la porción central (excluyendo las porciones de los bordes) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

El parámetro de orientación (fp) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo se midió como un índice para la disposición aleatoria de fibras de carbono. Los resultados se evaluaron con el sistema de clasificación de 4 niveles siguiente. Los símbolos "OO" y "O" indican "aprobado" y los símbolos "Δ" y "X" indican "suspendido":

OO: un fp de "-0,15 ≤ fp ≤ 0,15;"

O: un fp de "-0,25 ≤ fp < -0,15," o "0,15 < fp ≤ 0,25;"

Δ: un fp de "-0,35 ≤ fp < -0,25" o "0,25 < fp ≤ 0,35;" y

X: un fp de "-1 ≤ fp < -0,35," o "0,35 < fp ≤ 1".

(4) Procedimiento de evaluación de la distribución de ángulos de orientación

Se escindió una porción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, la pieza escindida fue embebida en una resina epoxi y la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se pulió hasta una profundidad de 100 µm a partir de la superficie del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. De este modo, se preparó una pieza de ensayo para observación.

Además, se escindió una porción del material de moldeo, la pieza de ensayo fue embebida en una resina epoxi y la superficie del material de moldeo se pulió hasta una profundidad de 100 µm de la superficie del material de moldeo. De este modo, se preparó una pieza de ensayo para observación.

Se observó una pieza de ensayo para observación de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo con un microscopio óptico y se seleccionaron 400 fibras de carbono de un modo aleatorio. En general, una fibra de carbono se reconoce porque tiene una sección transversal ovalada en la superficie pulida. La dirección longitudinal de dicho óvalo se designó como la dirección de orientación de la fibra. Después, se predeterminó arbitrariamente una línea recta base que sirviera como línea inicial para un ángulo. Se midió cada ángulo formado por la línea recta base y la línea que se extiende en la dirección de orientación de una fibra de carbono seleccionada (en adelante abreviado como ángulo de orientación α_i). El ángulo de orientación α_i se designó para ser un ángulo de 0° a menos de 180° si se mide el ángulo formado por la línea recta base y dicha línea en sentido contrario a las agujas del reloj. La frecuencia relativa (con un intervalo de clase de 30°) se obtuvo en base al ángulo de orientación α_i mediante las fórmulas siguientes.

• α_i : ángulo de orientación medido ($i = 1, 2 \dots 400$)

• N: 0 a 30: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($0 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 30$)

• N: 30 a 60: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($30 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 60$)

• N: 60 a 90: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($60 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 90$)

- N: 90 a 120: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($90 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 120$)
- N: 120 a 150: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($120 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 150$)
- N: 150 a 180: Número de fibras de carbono ($i = 1, 2 \dots 400$) ($150 \leq \text{ángulo de orientación } \alpha_i < 180$)
- Valor máximo de la frecuencia relativa = MAX (N: 0 a 30; N: 30 a 60; N: 60 a 90; N: 90 a 120; N: 120 a 150; N: 150 a 180)/400
- Valor mínimo de la frecuencia relativa = MIN (N: 0 a 30; N: 30 a 60; N: 60 a 90; N: 90 a 120; N: 120 a 150; N: 150 a 180)/400

Además, como piezas de ensayo para la medición de la distribución de ángulos de orientación de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo se usaron porciones localizadas tan cerca como era posible de la porción central (excluyendo las porciones de los bordes) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones en el espesor del artículo moldeado.

El valor máximo de la frecuencia relativa con respecto a la distribución de ángulos de orientación de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o de un material de moldeo se midió como un índice de la orientación aleatoria de fibras. Los resultados se evaluaron con el sistema de clasificación de 4 niveles siguiente. Los símbolos "OO" y "O" indican "aprobado" y los símbolos " Δ " y "X" indican "suspendido"

OO: un valor máximo de la frecuencia relativa de 0,17 o superior a 0,23 o inferior;

O: un valor máximo de la frecuencia relativa superior a 0,23 a 0,29 o inferior;

Δ : un valor máximo de la frecuencia relativa superior a 0,29 a 0,35 o inferior; y

X: un valor máximo de la frecuencia relativa superior a 0,35.

Además, el valor mínimo de la frecuencia relativa con respecto a la distribución de ángulos de orientación de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o de un material de moldeo se midió como un índice de la orientación aleatoria de fibras. Los resultados se evaluaron con el sistema de clasificación de 4 niveles siguiente. Los símbolos "OO" y "O" indican "aprobado" y los símbolos " Δ " y "X" indican "suspendido"

OO: un valor mínimo de la frecuencia relativa de 0,10 o superior a 0,17 o inferior;

O: un valor mínimo de la frecuencia relativa de 0,03 o superior a menos de 0,10;

Δ : un valor mínimo de la frecuencia relativa de 0,01 o superior a menos de 0,03; y

X: un valor mínimo de la frecuencia relativa de 0 o superior a menos de 0,01;

(5) Procedimiento para medir el contenido en peso de fibras de carbono

Se escindió una pieza de ensayo (1 cm x 1 cm) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o un material de moldeo y se introdujo en un contenedor de vidrio de cuarzo. El recipiente se sometió a secado al vacío a una temperatura de 60 °C durante 24 horas y después, se enfrió a temperatura ambiente en un desecador. Después, se determinó mediante pesada el peso total de la pieza de ensayo y el recipiente de vidrio de cuarzo W1 (g) y el peso del recipiente de vidrio de cuarzo W0 (g). La pieza de ensayo dispuesta en el recipiente se calentó a una temperatura de 500 °C durante 2 horas al aire de tal modo que se eliminara por incineración la resina termoplástica. Subsiguientemente, la pieza de ensayo se enfrió a temperatura ambiente en atmósfera de nitrógeno. Después, se determinó por pesada el peso total de fibras de carbono y el recipiente de vidrio de cuarzo W2 (g). Después de los tratamientos anteriores, se obtuvo el contenido en peso (Wf) de fibras de carbono contenidas en el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o el material de moldeo mediante la fórmula siguiente.

$$Wf = 100 \times (W2 - W0) / (W1 - W0) \text{ (unidades: \% en peso)}$$

Nótese que el número de muestras para la medición se designó como "n = 5" y el valor medio se designó como contenido en peso (Wf) de fibras de carbono.

(6) Procedimiento para determinar la densidad de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

La densidad de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (ρ_c) se midió según el procedimiento de ensayo A de JIS K 7112 (5) (1999) (procedimiento de desplazamiento de agua). Se escindió una pieza de ensayo (1 cm x 1 cm) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras o de un material de moldeo, a continuación se sometió a un secado al vacío a una temperatura de 60 °C durante 24 horas y después

se enfrió a temperatura ambiente en un desecador. El producto resultante se designó como pieza de ensayo. Se usó etanol como solución de inmersión.

(7) Procedimiento para evaluar el contenido en volumen y la fracción de vacío de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

- 5 Con el uso del contenido en peso (W_f) de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras medido en (5) y la densidad (ρ_c) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras medida en (6), se obtuvo el contenido en volumen de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (V_f), el contenido en volumen de una resina termoplástica (V_r) y la fracción de vacío (V_v) mediante las fórmulas siguientes.

10
$$V_f = W_f \times \rho_c / \rho_f \text{ (unidades: \% en volumen)}$$

$$V_r = (100 - W_f) \times \rho_c / \rho_r \text{ (unidades: \% en volumen)}$$

• ρ_c Densidad de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

• ρ_f : Densidad de fibras de carbono

• ρ_r Densidad de una resina termoplástica

- 15 • W_f : Contenido en peso de fibras de carbono contenidas en un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

(8) Procedimiento para determinar las propiedades de flexión

- 20 Se determinó arbitrariamente una línea recta base como línea recta base que sirviera como línea inicial para un ángulo para un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras. Se escindieron piezas de ensayo (anchura: 15 mm x longitud: 80 mm) (10 piezas en total), con la condición de que para cinco de las mismas la dirección longitudinal de cada una de las mismas fuera paralela a la línea recta base y para las otras cinco la dirección longitudinal de cada una de las mismas fuera perpendicular a la misma. Se llevó a cabo un secado al vacío a una temperatura de 60 °C durante 24 horas, seguido de un enfriamiento a temperatura ambiente en un desecador.
- 25 Cuando fue imposible obtener piezas de ensayo para la evaluación de propiedades de flexión de dicho tamaño, se preparó una pieza de ensayo que tenía una anchura de 5 mm o superior (relación entre la anchura y la longitud = 15:80). Se usaron como piezas de ensayo porciones localizadas tan cerca como era posible de la porción central (excluyendo las porciones laterales) de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, no teniendo dichas porciones salientes, nervios o variaciones de grosor del artículo moldeado.

- 30 Las propiedades de flexión se determinaron usando las piezas de ensayo según la norma ISO178 (1993) usando un portapiezas de flexión (penetrador: 10 mm; fulcro: 10 mm), siempre que la distancia entre flucros se determinó que era 16 ± 1 veces de larga que el espesor de la pieza de ensayo y la velocidad de ensayo era de 5 mm/min. Además, el número de muestras para la medición se designó como " $n = 10$ " y el valor medio P se designó como la resistencia a la flexión. También se midió el módulo elástico de flexión con una carga de 100 a 200 N. Después, el valor medio E (número de muestras para la medición: $n = 10$) se designó como el módulo elástico de flexión. Además, en los
- 35 Ejemplos, la máquina de ensayo usada fue una máquina de ensayo universal "Instron" (marca comercial registrada) 4201 (Instron).

También se obtuvo la estabilidad de resistencia a la flexión mediante la fórmula siguiente usando el valor medio P de la resistencia a la flexión (número de muestras para la medición: $n = 10$) y la desviación típica σ .

• **Estabilidad de resistencia a la flexión = $100 \times \sigma / P$ (unidades: %)**

- 40 (9) Manejabilidad del material de moldeo

Se midió el peso total de una resina termoplástica y fibras de carbono usadas para la producción de un material de moldeo (W_a). A continuación, el material de moldeo obtenido se secó al vacío a una temperatura de 80 °C durante 24 horas. Se midió el peso del material de moldeo seco (W_b). Después se obtuvo el porcentaje de material de partida perdido en la etapa de producción de un material de moldeo (W_c) por medio de las fórmulas siguientes.

45
$$W_c = 100 \times (W_a - W_b) / W_a \text{ (unidades: \%)}$$

La cantidad de material de partida perdido en la etapa de producción del material de moldeo se midió como un índice para la manejabilidad del material de moldeo. Los resultados se evaluaron con el sistema de clasificación de 2 niveles siguiente. El símbolo "O" indica "aprobado" y el símbolo "X" indica "suspendido":

O: W_c del 3 % o inferior; y

- 50 X: W_c superior al 3 %.

Los materiales de partida usando en los Ejemplos y Ejemplos comparativos siguientes se describen a continuación.

[Materiales de partida A1 a A3]

5 Haces de fibras basadas en acrílico (denier de fibra individual: 1 d; número de filamentos: 12000) se obtuvieron mediante un procedimiento de hilado en seco-húmedo usando un copolímero que comprendía acrilonitrilo (AN: 99,4 % en moles) y ácido metacrílico (0,6 % en moles). Los haces de fibras basados en acrílico obtenidos se calentaron al aire a una temperatura de 240 °C a 280 °C con una relación de extensión de 1,05 para convertirlas en fibras ignífugas. Después se realizó una extensión del 10 % en atmósfera de nitrógeno a una velocidad de aumento de temperatura de 200 °C/minuto dentro de un intervalo de temperatura de 300 °C a 900 °C, seguida por un horneado con un aumento de temperatura a 1300 °C. Después, se añadió a los mismos un agente de encolado mediante un procedimiento de inmersión, seguido por un secado con aire calentado a una temperatura de 120 °C. De este modo, se obtuvieron fibras de carbono basadas en PAN.

A1 Fibra de carbono basada en PAN

	Número de filamentos totales:	12000 filamentos
	Diámetro de una fibra individual:	7 µm
15	Masa por unidad de longitud:	0,8 g/m
	Gravedad específica:	1,8 g/cm ³
	Resistencia a la tracción:	4,2 GPa
	Módulo elástico de tensión:	230 GPa
	Tipo de encolado:	polioxi-etileno-éter
20	Cantidad de agente de encolado añadido:	1,5 % en peso

• A2: Fibra de carbono basada en PAN

	Número de filamentos total:	12000 filamentos
	Diámetro de una fibra individual:	7 µm
	Masa por unidad de longitud:	0,8 g/m
25	Gravedad específica:	1,8 g/cm ³
	Resistencia a la tracción:	4,2 GPa
	Módulo elástico de tensión:	230 GPa
	Tipo de encolado:	resina de bisfenol A-epoxi
	Cantidad de agente de encolado añadido:	2,0% en peso.

30 [Materiales de partida B1 a B3]

• B1: Resina 6 de nailon

"TORAY AMILAN" (marca comercial registrada) CM 1001 (Toray)

Gravedad específica:	1,13
Punto de fusión:	210 °C

35 • B2: Resina de anhídrido maleico-polipropileno desnaturalizado

"Adomer" (marca comercial registrada) QE510 (Mitsubishi Chemical Corporation)

Gravedad específica:	0,91
Punto de fusión:	160 °C

• B3: Resina de poli(tereftalato de butileno)

40 "TORAYCON" (marca comercial registrada) 1200S (Toray)

Gravedad específica: 1,31

Punto de fusión: 225 °C

Ejemplo 1

Se cortó A1 (fibra de carbono) a una longitud de 6,4 mm con un cortador de cartucho para obtener fibras de carbono cortadas (A1-1). Se cortaron fibras (grado de fibra individual: 3 dtex) de B1 (resina 6 de nailon) a una longitud de 5,0 mm con un cortador de cartucho para obtener fibras de resina cortadas (B1-1).

Se preparó una solución de dispersión (200 litros; concentración: 0,1 % en peso) que contenía agua y un tensioactivo (polioxietilénlauriléter (denominación del producto), Nacalai Tesque, Inc.). Se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 107 g) y B1-1 (fibras de resina cortada, 153 g) y después se agitó durante 10 minutos. El producto resultante se introdujo en una máquina de laminado cuadrada de gran tamaño (N° 2553-I (denominación del producto), Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd.) que tenía una superficie de fabricación de papel (longitud: 400 mm x anchura: 400 mm), y a continuación se realizó una aspiración y un desespumado. En consecuencia, se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura. El contenido en peso de fibras de carbono fue del 41 % en peso.

El material de moldeo obtenido se secó al vacío a una temperatura de 80 °C durante 24 horas. Se precalentaron dos láminas del material de moldeo a 280 °C en atmósfera de nitrógeno en un horno de calentamiento por infrarrojos lejanos. Las dos laminas del material de moldeo precalentadas se posicionaron para laminarlas una con otra en una matriz que tenía una cavidad con forma de placa plana (espesor: 1,6 mm; longitud: 400 mm x anchura: 400 mm) a una temperatura superficial de la cavidad de 150 °C (porcentaje de carga: 100 %). El molde se cerró y se presurizó a una presión de moldeo de 30 MPa. Cuando se alcanzó la presión de moldeo de 30 MPa, se liberó la presión de moldeo con un retardo de 2 segundos. Inmediatamente después de completar la liberación de la presión, la operación de presurización a una presión de moldeo de 30 MPa se repitió de nuevo dos veces para eliminar el aire contenido en el material de moldeo. Subsiguientemente, el molde se mantuvo en un estado presurizado de 30 MPa durante 2 minutos y después se abrió y, a continuación, se realizó el desmoldeo. De este modo, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

Ejemplo 2

Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 139 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 133 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 51 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras el mismo modo que en el Ejemplo 1.

La Fig. 3 es una imagen en el microscopio óptico que muestra una sección longitudinal del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras obtenida en el Ejemplo 2 de la presente invención.

Ejemplo 3

Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 193 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 99 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 66 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras el mismo modo que en el Ejemplo 1.

Ejemplo 4

Se cortó A1 (fibra de carbono) a una longitud de 2,0 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de carbono cortadas (A1-2). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-2 (fibras de carbono cortadas, 139 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 133 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 51 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras el mismo modo que en el Ejemplo 1.

Ejemplo 5

Se cortó A1 (fibra de carbono) a una longitud de 12,7 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de carbono cortadas (A1-3). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-3 (fibras de carbono cortadas, 70 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 67 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue

del 51 % en peso.

Se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se calentaron previamente cuatro láminas del material de moldeo a 280 °C en atmósfera de nitrógeno en un horno de calentamiento por infrarrojos lejanos y las cuatro láminas del material de moldeo precalentado se posicionaron para ser laminadas unas con otras en una matriz que tenía una cavidad con forma de placa plana.

Ejemplo 6

Se cortaron fibras (grado de fibra individual: 3 dtex) de B1 (resina 6 de nailon) a una longitud de 3,0 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de resina cortadas (B1-2). Se añadieron a un recipiente de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 139 g) y B1-2 (fibras de resina cortada, 133 g). En este caso, el recipiente de dispersión usado era un recipiente que tenía una forma cilíndrica (diámetro inferior: 600 mm; altura: 600 mm), un volumen interior de 200 litros, una entrada de inyección de aire para la introducción de aire a gran velocidad (dispuesta en la superficie lateral frente a la porción central de la base), una salida de aire para la descarga del aire (proporcionada mediante un filtro sobre la cara superior) y una base desmontable a través de la que puede recogerse el material de partida introducido. Se introdujo aire a gran velocidad en el recipiente de dispersión de modo se sometieran A1-1 (fibras de carbono cortadas) y B1-2 (fibras de resina cortadas) a apertura de fibra y después se realizó un mezclado durante 10 minutos. Después del mezclado, se terminó la introducción de aire y, de este modo, se acumuló una mezcla de A1-1 (fibras de carbono cortadas) y B1-2 (fibras de resina cortadas) en la superficie de la base del recipiente de dispersión. La base del recipiente de dispersión se retiró y la mezcla se cortó a una longitud de 400 mm y una anchura de 400 mm. De este modo, se obtuvo un material de moldeo. El contenido en peso de fibras de carbono fue del 51 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras el mismo modo que en el Ejemplo 1.

Ejemplo comparativo 1

Las A1-1 (fibras de carbono cortadas) estaban lo suficientemente secas como para tener un contenido de humedad del 0,05 % o inferior con el uso de una extrusora biaxial de tipo TEX·30α (husillo: 30 mm (diámetro); barril: 270 °C (temperatura); número de revoluciones: 150 rpm, JSW). El producto resultante se introdujo por una tolva lateral y B1 (resina 6 de nailon) se introdujo por una tolva principal y después se realizó un amasado suficiente. Se extruyó en continuo un material base de 0,8 mm de espesor y 300 mm de anchura mediante una matriz de laminado seguido por enfriamiento. El material base se cortó a una longitud de 1000 mm con una cortadora. De este modo, se obtuvo un material de moldeo que contenía fibras de carbono con un contenido en peso del 41 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1.

Ejemplo comparativo 2

Se cortó A2 (fibra de carbono) a una longitud de 6,4 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de carbono cortadas (A2-1). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A2-1 (fibras de carbono cortadas, 174 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 111 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 61 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1. La fig. 4 es una imagen en el microscopio óptico que muestra una sección longitudinal del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras obtenido en el Ejemplo comparativo 2.

Ejemplo comparativo 3

El material de moldeo obtenido en el Ejemplo comparativo 1 se cortó a una longitud de 7 mm y una anchura de 7 mm y se secó al vacío a 80 °C durante 24 horas. Después, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras (espesor: 1,6 mm; longitud: 200 mm x anchura: 200 mm) con forma de placa plana usando un J350EIII equipado con un husillo de vuelo completo (The Japan Steel Works, Ltd.) a 60 rpm (revoluciones del husillo por minuto), una temperatura del cilindro de 280 °C, una velocidad de inyección de 90 mm/s, una presión de inyección de 200 MPa, una presión de escape de 0,5 MPa y una temperatura de la matriz de 55 °C. El contenido en peso de fibras de carbono fue del 41 % en peso.

Ejemplo comparativo 4

Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 70 g) y B1-1 (fibras de resina cortadas, 176 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 28 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1.

Ejemplo comparativo 5

- 5 Se sometieron pellas de B1 (resina 6 de nailon) a ruptura por congelación. Las partículas rotas obtenidas se clasificaron por cribado con un tamiz de malla 14 (diámetro de poro: 1,18 mm). Las partículas rotas que habían pasado a través del tamiz de malla 14 se clasificaron adicionalmente haciéndolas pasar por un tamiz de malla 60 (diámetro de poro: 0,25 mm). Las partículas rotas que permanecían en el tamiz de malla 60 se recogieron de modo que se obtuvieran partículas de resina de malla 14 a malla 60 (B1-2). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 139 g) y B1-2 (partículas de resina, 133 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 56 % en peso debido a que se desprendieron partículas de resina del material de moldeo.

Ejemplo 7

- 15 Se cortaron fibras (grado de fibra individual: 3 dtex) de B2 (resina anhídrido maleico-propileno desnaturalizado) a una longitud de 5,0 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de resina cortadas (B2-1). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 140 g) y B2-1 (fibras de resina cortadas, 106 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 57 % en peso.

- 20 El material de moldeo obtenido se secó al vacío a una temperatura de 60°C durante 24 horas. Se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se calentaron previamente dos láminas del material de moldeo a 210 °C en atmósfera de nitrógeno en un horno de calentamiento por infrarrojos lejanos y las dos láminas del material de moldeo precalentado se posicionaron para ser laminadas una con otra en una matriz que tenía una cavidad con forma de placa plana (espesor: 1,6 mm; longitud: 400 mm x anchura: 400 mm) a una temperatura superficial de la cavidad de 100 °C.

Ejemplo 8

- 25 Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 193 g) y B2-1 (fibras de resina cortadas, 80 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 71 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 7.

Ejemplo 9

- 35 Se cortaron fibras (grado de fibra individual: 3 dtex) de B3 (resina de poli(tereftalato de butileno)) a una longitud de 5,0 mm con un cortador de cartucho de tal modo que se obtuvieran fibras de resina cortadas (B3-1). Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 105 g) y B3-1 (fibras de resina cortadas, 179 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 37 % en peso.

- 40 El material de moldeo obtenido se secó al vacío a una temperatura de 130°C durante 24 horas. Se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se calentaron previamente dos láminas del material de moldeo a 270 °C en atmósfera de nitrógeno en un horno de calentamiento por infrarrojos lejanos y las dos láminas del material de moldeo precalentado se posicionaron para ser laminadas una con otra en una matriz que tenía una cavidad con forma de placa plana (espesor: 1,6 mm; longitud: 400 mm x anchura: 400 mm) a una temperatura superficial de la cavidad de 130 °C.

Ejemplo 10

- 45 Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 140 g) y B3-1 (fibras de resina cortadas, 153 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 48 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el Ejemplo 9.

Ejemplo comparativo 6

- 50 Se obtuvo un material de moldeo de 400 mm de longitud y 400 mm de anchura del mismo modo que en el Ejemplo 1, excepto en que se añadieron a la solución de dispersión A1-1 (fibras de carbono cortadas, 246 g) y B2-1 (fibras de resina cortadas, 53 g). El contenido en peso de fibras de carbono fue del 82 % en peso.

Además, se obtuvo un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo modo que en el

Ejemplo 7.

Los resultados de la evaluación de los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 1 a 6 y los Ejemplos comparativos 1 a 4 se resumen en la tabla 1. Los resultados de la evaluación de los materiales de moldeo de los Ejemplos 1 a 6 y los Ejemplos comparativos 1, 2, 4 y 5 se resumen en la tabla 2.

- 5 En base a los resultados de los Ejemplos 1 a 6 y los Ejemplos comparativos 1 a 4 mostrados en la tabla 1, son obvios los hechos siguientes. Específicamente, el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo 1 es superior al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo comparativo 1 en términos de propiedades mecánicas. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo 1 es superior al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo comparativo 3 en términos de isotropía. Además, los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 1, 2 y 3 son superiores al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo Comparativo 2 en términos de propiedades mecánicas. Además, los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son superiores al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo Comparativo 4 en términos de isotropía.
- 10
- 15 En base a los resultados de los Ejemplos 1 a 6 y los Ejemplos comparativos 1, 2, 4 y 5 mostrados en la tabla 2, son obvios los hechos siguientes. Específicamente, los materiales de moldeo de los Ejemplos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 son superiores a los de los Ejemplos comparativos 1 y 4 en términos de isotropía. Además, los materiales de moldeo de los Ejemplos 1, 2 y 3 son superiores a los de los Ejemplos comparativos 2 y 5 en términos de manejabilidad del material de moldeo.
- 20 Los resultados de la evaluación de los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 1 a 10 y el Ejemplo comparativo 6 se resumen en la tabla 3. Los resultados de la evaluación de los materiales de moldeo de los Ejemplos 7 a 10 y el Ejemplo comparativo 6 se resumen en la tabla 4.
- En base a los resultados de los Ejemplos 7 a 10 y el Ejemplo comparativo 6 mostrados en la tabla 3, son obvios los hechos siguientes. Específicamente, los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 7 y 8 son superiores al artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del Ejemplo comparativo 6 en términos de propiedades mecánicas. Además, se muestra que los artículos moldeados de resina termoplástica reforzada con fibras de los Ejemplos 7 a 10 tienen altas propiedades mecánicas cuando se obtienen a partir de diferentes tipos de resinas termoplásticas.
- 25
- En base a los resultados de los Ejemplos 7 a 10 y el Ejemplo comparativo 6 mostrados en la tabla 4, son obvios los hechos siguientes. Específicamente, los materiales de moldeo de los Ejemplos 7 y 8 son superiores al material de moldeo del Ejemplo comparativo 6 en términos de manejabilidad. Además, se muestra que los materiales de moldeo de los Ejemplos 7 a 10 pueden obtenerse como materiales de moldeo que son excelentes en isotropía y manejabilidad cuando se obtienen a partir de diferentes tipos de resinas termoplásticas y fibras de carbono.
- 30

(Tabla 1) Artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4
Resina termoplástica	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1
Fibra de refuerzo	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1
Vf	30	40	55	40	40	40	30	50	30	20
Wf	41	51	66	51	51	51	41	61	41	28
Lw	3,7	3,4	2,3	1,8	3,8	3,5	0,3	2,5	0,2	4,0
Porcentaje del número de fibras (longitud de fibra > 1,0 mm)	83	71	50	39	80	75	2	59	0	87
Porcentaje del número de fibras (longitud de fibra > 2,0 mm)	55	45	19	16	51	42	0	25	0	58

(continuación)

		Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4
Parámetro de dispersión	-	O	OO	O	OO	O	O	O	X	O	OO
Parámetro de orientación (fp)	-	OO	OO	O	OO	OO	OO	Δ	X	X	Δ
Frecuencia relativa (valor máximo)	-	OO	OO	O	O	O	OO	Δ	Δ	X	Δ
Frecuencia relativa (valor mínimo)	-	OO	OO	O	O	O	OO	O	Δ	Δ	O
Fracción de vacío	%	O	2	5	1	2	4	1	14	I	I
Resistencia a la flexión	MPa	560	600	460	400	590	580	230	280	200	380
Módulo elástico de flexión	GPa	27	31	38	28	32	30	19	23	17	18
Estabilidad de la resistencia	%	6	6	8	6	7	7	12	11	15	13

(Tabla 2) Material de moldeo

		Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4
Resina termoplástica	-	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1
Fibra de refuerzo	-	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A3	A1	A1
Wf	% en peso	41	51	66	51	51	51	41	61	28	56
Lw	mm	5,5	5,0	4,2	1,8	10,5	5,3	0,4	4,8	1,4	4,6
Lw/Ln	-	1,4	1,7	2,1	1,3	2,1	1,8	1,2	3,3	1,4	1,9
Parámetro de dispersión	-	OO	OO	O	O	O	O	O	X	OO	OO
Parámetro de orientación (fp)	-	O	OO	O	O	OO	OO	Δ	Δ	Δ	Δ
Frecuencia relativa (valor máximo)	-	O	OO	O	OO	O	OO	Δ	Δ	Δ	Δ
Frecuencia relativa (valor máximo)	-	O	OO	O	OO	O	O	O	X	O	O
Manejabilidad	-	O	O	O	O	O	O	O	Δ	O	X

(Tabla 3) Artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras

		Ejemplo 7	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo comparativo 6
Resina termoplástica	-	B2	B2	B3	B3	B2
Fibra de refuerzo	-	A1	A1	A1	A1	A1
Vf	% en vol	40	55	30	40	70
Wf	% en peso	57	71	37	48	82
Lw	mm	3,1	2,1	3,4	3,1	0,8
Porcentaje del número de fibras (Longitud de fibra > 10 mm)	%	75	51	83	71	32
Porcentaje del número de fibras (Longitud de fibra > 2,0 mm)	%	49	20	52	47	12
Parámetro de dispersión	-	OO	O	OO	OO	Δ
Parámetro de orientación (fp)	-	OO	O	O	OO	O
Frecuencia relativa (valor máximo)	-	OO	O	O	OO	A
Frecuencia relativa (valor mínimo)	-	OO	O	O	OO	O
Fracción de vacío	%	3	6	1	2	29
Resistencia a la flexión	MPa	370	300	460	500	130
Módulo elástico de flexión	GPa	23	25	23	27	9
Estabilidad de la resistencia	%	3	9	5	3	11

(Tabla 4) Material de moldeo

		Ejemplo 7	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo comparativo 6
Resina termoplástica		B2	B2	B3	B3	B2
Fibra de refuerzo		A1	A1	A1	A1	A1
Wf	% en peso	57	71	37	48	82
Lw	mm	4,8	4,0	5,2	4,8	3,1
Lw/Ln	-	1,8	2,0	1,5	1,7	2,8
Parámetro de dispersión	-	OO	O	OO	OO	Δ
Parámetro de orientación (fp)	-	OO	O	OO	OO	O
Frecuencia relativa (valor máximo)	-	OO	O	OO	OO	Δ
Frecuencia relativa (valor mínimo)	-	OO	O	OO	OO	O
Manejabilidad	-	O	O	O	O	

Aplicabilidad industrial

5 En el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras de la presente invención, están contenidas fibras de carbono monofilamentosas en un contenido alto y dichas fibras tienen longitudes de fibra grandes y están dispuestas aleatoriamente. Por lo tanto, puede obtenerse un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con altas propiedades mecánicas, en particular propiedades mecánicas isotrópicas. Dicho artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras se usa preferentemente para piezas tales como piezas estructurales, carcasas y similares para dispositivos eléctricos/electrónicos, equipos de ofimática, aplicaciones 10 eléctricas domésticas, productos de ingeniería civil y la construcción, automóviles y aviones.

El material de moldeo de la presente invención comprende fibras de carbono monofilamentosas y fibras de resina termoplástica monofilamentosas y, por lo tanto, es excelente en términos de manejabilidad. Además, están contenidas fibras de carbono en un contenido alto, teniendo dichas fibras longitudes de fibra grandes y estando dispuestas aleatoriamente. Por lo tanto, dicho material de moldeo puede usarse preferentemente para un artículo 15 moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con excelentes propiedades mecánicas e isotropía.

El procedimiento de producción de la presente invención, que comprende someter al material de moldeo a moldeo por compresión, se usa preferentemente para la producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras con altas propiedades mecánicas e isotropía.

20 Todas las publicaciones, patentes y solicitudes de patente mencionados en el presente documento se incorporan por referencia en su totalidad.

REIVINDICACIONES

1. Un material de moldeo, que es un material de moldeo que comprende fibras de resina termoplástica que son fibras de resina termoplástica monofilamentosas (20 % al 65 % en peso) y fibras de carbono que son fibras de carbono monofilamentosas (35 % al 80 % en peso), en el que la longitud de fibra promedio en peso (L_w) de las fibras de carbono es de 1 a 15 mm y el parámetro de orientación (fp) definido en el presente documento de las fibras de carbono es de -0,25 a 0,25.
2. El material de moldeo según la reivindicación 1, en el que las fibras de resina termoplástica monofilamentosas están en contacto con al menos dos de las fibras de carbono monofilamentosas.
3. El material de moldeo según la reivindicación 1 o 2, en el que el valor máximo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,29 o inferior.
4. El material de moldeo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el valor mínimo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,03 o superior.
5. El material de moldeo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el parámetro de dispersión definido en el presente documento de las fibras de carbono es del 0 % al 25 %.
6. El material de moldeo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el valor correspondiente a la relación de la longitud de fibra promedio en peso (L_w) de las fibras de carbono con respecto a la longitud de fibra promedio en número (L_n) (L_w/L_n) de las mismas es de 1,0 a 2,5.
7. Un procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras, que comprende moldear el material de moldeo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 mediante un procedimiento de moldeo por compresión que comprende al menos las etapas (I) a (V) siguientes:
 - (I): una etapa de calentamiento y de fusión de una resina termoplástica contenida en un material de moldeo;
 - (II): una etapa de posicionamiento del material de moldeo en una matriz;
 - (III): una etapa de presurización del material de moldeo con el molde;
 - (IV): una etapa de solidificación del material de moldeo en el molde; y
 - (V): una etapa de apertura de la matriz para desmoldear un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras del mismo.
8. El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzado con fibra según la reivindicación 7, en el que se repite una operación de liberación de la presión sobre el material de moldeo y represurización del material de moldeo al menos una vez en la etapa (III).
9. El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según la reivindicación 7 u 8, en el que la presión durante el moldeo por compresión es de 2 a 40 MPa.
10. El procedimiento de producción de un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el porcentaje de carga del material de moldeo posicionado en la cavidad de la matriz es del 80 % o superior.
11. Un artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras obtenido mediante un moldeo por compresión del material de moldeo según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, siendo el artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras un artículo moldeado que comprende una resina termoplástica (20 % al 65 % en peso) y fibras de carbono (35 % al 80 % en peso), en el que las fibras de carbono son fibras monofilamentosas, la longitud de fibra promedio en peso (L_w) de las fibras de carbono es de 0,5 a 10 mm y el parámetro de orientación definido en el presente documento (fp) de las fibras de carbono es de -0,25 a 0,25.
12. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según la reivindicación 11, en el que el parámetro de dispersión definido en el presente documento de las fibras de carbono es del 0 % al 25 %.
13. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según la reivindicación 11 o 12, en el que el valor máximo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de 0,29 o inferior.
14. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el valor mínimo de la frecuencia relativa definida en el presente documento (con un intervalo de clase de 30°) con respecto a la distribución de frecuencia de ángulos de orientación de las fibras de carbono es de

0,03 o superior.

15. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que el número de fibras de carbono que tiene longitudes de fibra de 1,0 mm o superiores corresponde a del 30 % al 100 % del número total de las fibras de carbono.

- 5 **16.** El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el que la fracción de vacío definida en el presente documento del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es el 5 % o inferior.

- 10 **17.** El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la resistencia a la flexión según la norma ISO178 del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es de 350 a 1100 MPa.

18. El artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en el que la estabilidad de la resistencia a la flexión según la norma ISO178 del artículo moldeado de resina termoplástica reforzada con fibras es del 10 % o inferior.

Fig. 1

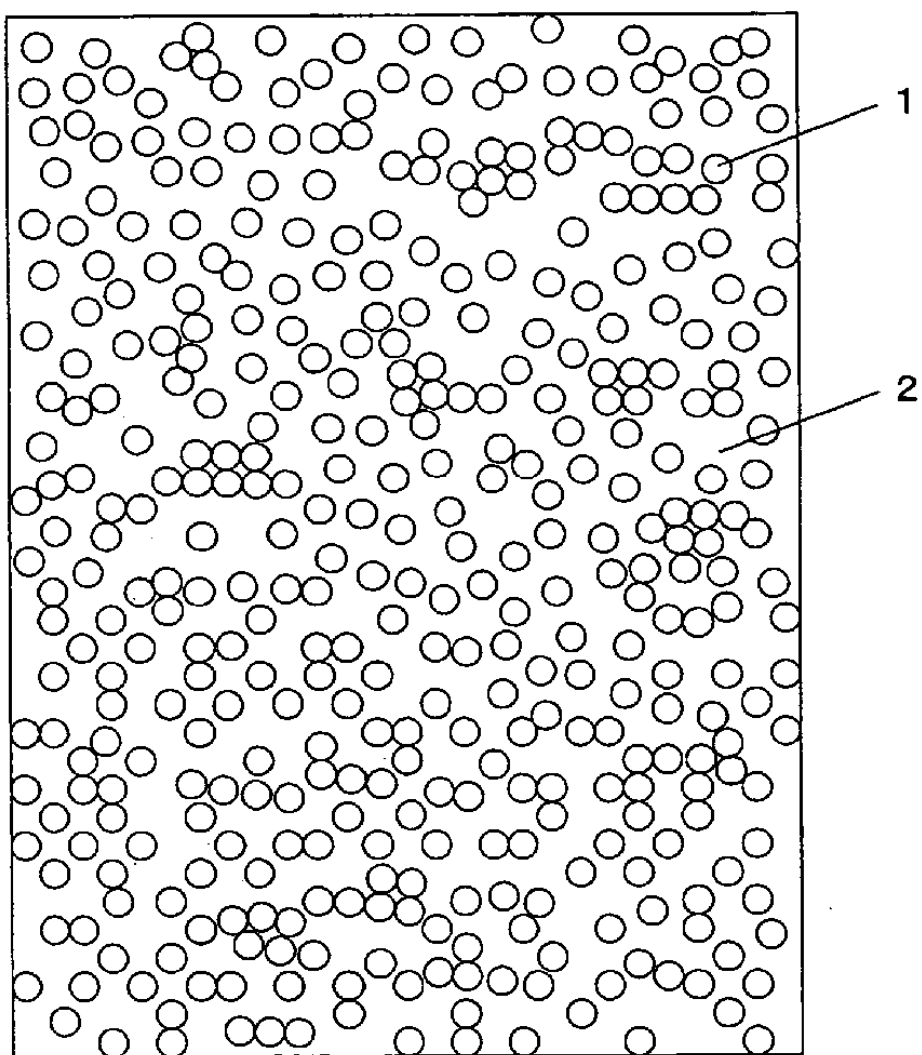


Fig. 2

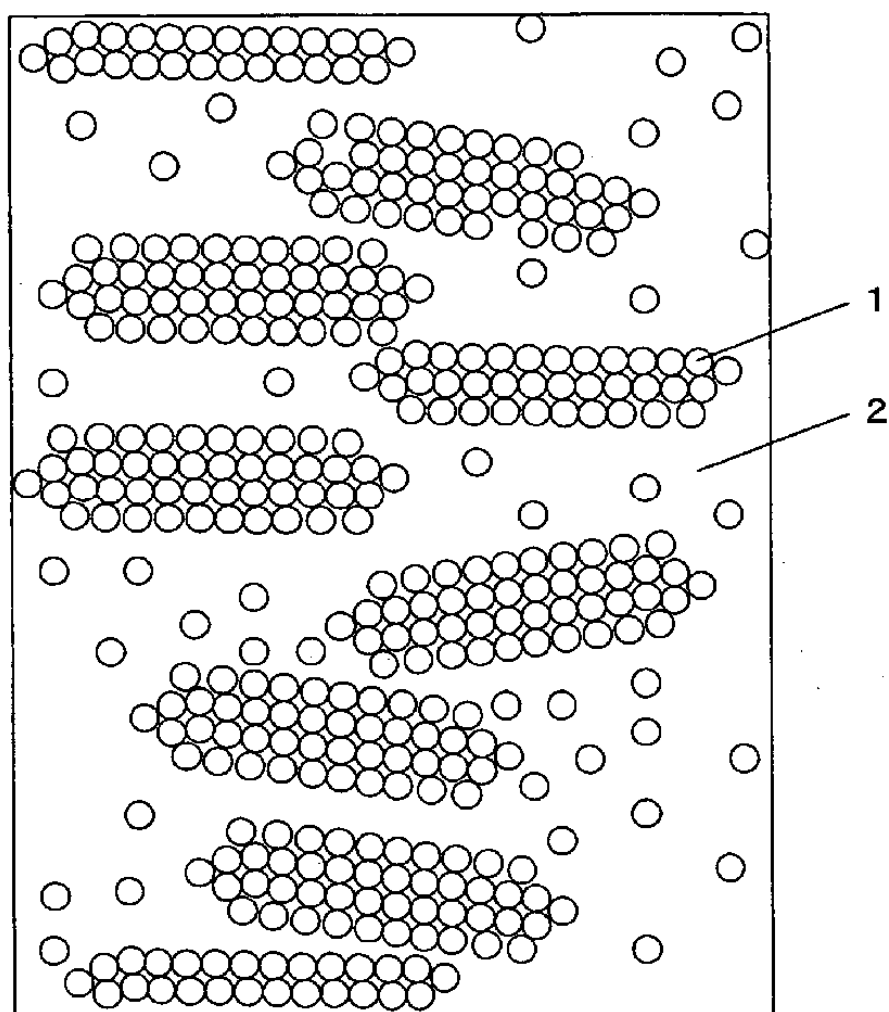
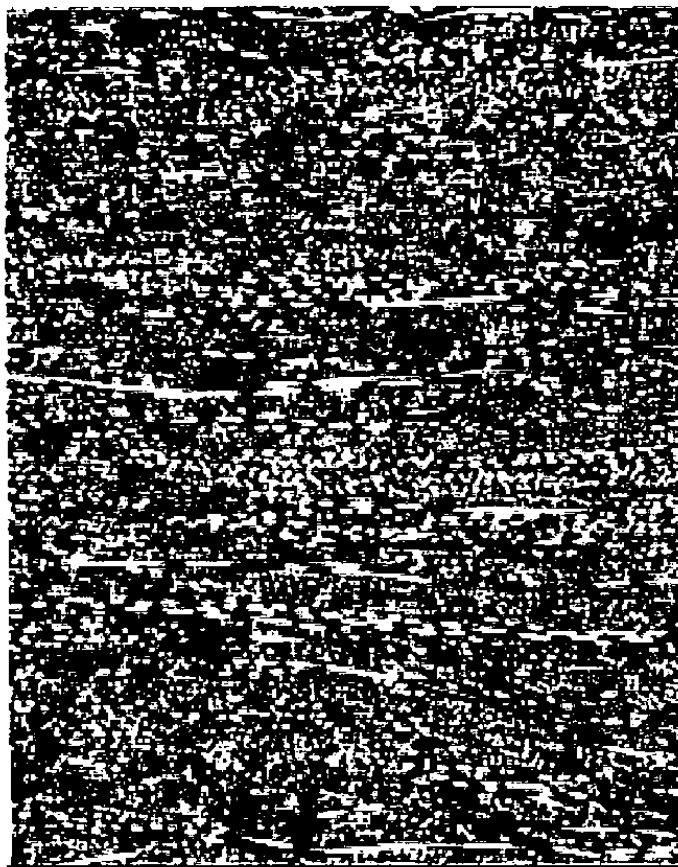


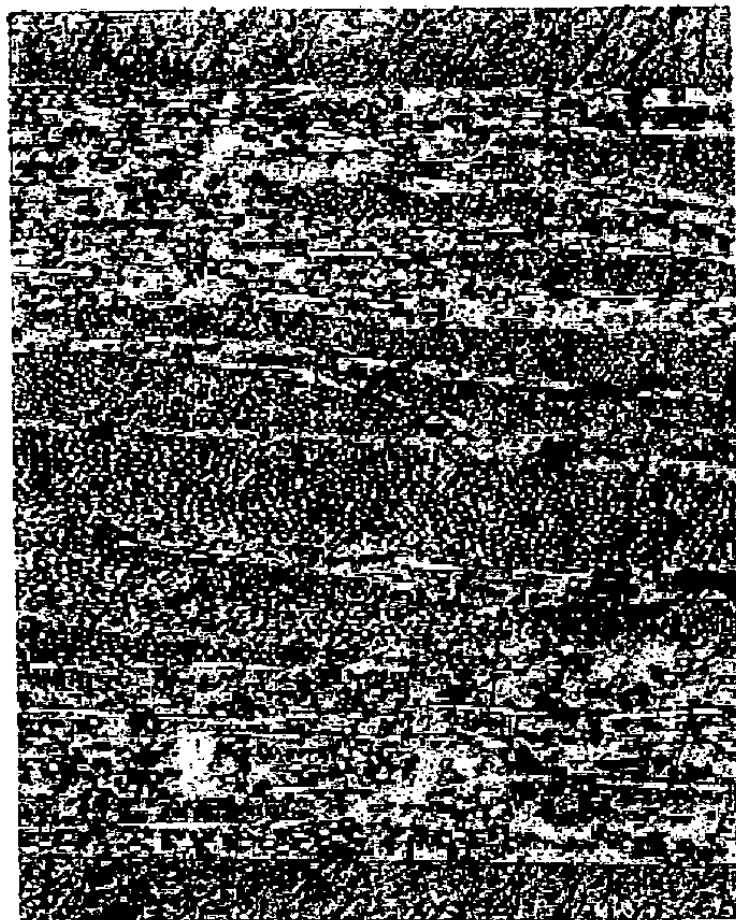
Fig. 3



0.5mm



Fig. 4



0.5mm

