

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 946**

51 Int. Cl.:

**C08J 5/24** (2006.01)  
**C08G 18/08** (2006.01)  
**C08G 18/16** (2006.01)  
**C08G 18/18** (2006.01)  
**C08G 18/20** (2006.01)  
**C08G 18/58** (2006.01)  
**C08G 18/76** (2006.01)  
**C08G 59/40** (2006.01)  
**C08L 63/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2019 PCT/JP2019/042995**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2020 WO20110599**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2019 E 19889684 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 3838970**

54 Título: **Compuesto de moldeo de lámina y material compuesto reforzado con fibra**

30 Prioridad:

**27.11.2018 JP 2018220984**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.11.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ISHIKAWA, NORIKAZU;**  
**HONDO, KAZUNORI y**  
**TOMIOKA, NOBUYUKI**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 985 946 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

Compuesto de moldeo de lámina y material compuesto reforzado con fibra

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un compuesto de moldeo de lámina usado preferiblemente para un material compuesto reforzado con fibra tal como un elemento aeroespacial y un elemento automovilístico, y a un material compuesto reforzado con fibra que usa el compuesto de moldeo de lámina.

10

**Antecedentes de la técnica**

El uso de materiales compuestos reforzados con fibra que consisten en fibras de refuerzo y resinas de matriz se ha extendido ampliamente a los campos que incluyen los campos aeroespacial, deportivo y de industria general, porque los materiales compuestos reforzados con fibra hacen que sea posible diseñar materiales que tengan beneficios tanto de las fibras de refuerzo como de las resinas de matriz. El material compuesto reforzado con fibra se produce mediante diversos métodos tales como un método de material preimpregnado, un método de disposición en capas manual, un método de bobinado de filamentos, un método de pultrusión, un método de moldeo por transferencia de resina (RTM) y un método de moldeo de compuesto de moldeo de lámina. A continuación en el presente documento, el compuesto de moldeo de lámina puede abreviarse como SMC.

15

20

Entre estos métodos, el método de moldeo de SMC, en el que un material de base intermedio que se compone de una resina de matriz y fibras de refuerzo discontinuas se moldea mediante una prensa de calentamiento, ha estado atrayendo la atención en ellos últimos años debido a su versatilidad y productividad excelentes.

25

Un método de material preimpregnado convencional es un método en el que un material de base intermedio denominado material preimpregnado, en el que se impregnan fibras de refuerzo continuas (forma de disposición unidireccional, forma de material textil tejido, etc.) con una resina de matriz, se lamina de antemano en una conformación deseada y se calienta/presuriza, de modo que se cura la resina de matriz para obtener un material compuesto reforzado con fibra. Sin embargo, aunque este método de material preimpregnado es adecuado para la producción de materiales compuestos reforzados con fibra que tienen la alta resistencia mecánica del material requerida para aplicaciones de materiales estructurales tales como aeronaves y automóviles, requiere su paso a través de muchos procedimientos tales como preparación y laminación del material preimpregnado, de modo que los materiales sólo pueden producirse en pequeñas cantidades y el método de material preimpregnado no es adecuado para la producción en serie.

30

35

Por otro lado, en el método de moldeo de SMC, se impregna un conjunto de haces de fibras de refuerzo discontinuas (que habitualmente tienen una longitud de fibra de aproximadamente 5 a 100 mm) con una composición de resina para ser una resina de matriz para formar una lámina, que se espesa, mediante lo cual se produce un material de base intermedio denominado SMC. El SMC se calienta/presuriza en una hilera de moldeo para conformarse y, al mismo tiempo, se cura la resina de matriz para obtener un material compuesto reforzado con fibra que tiene una conformación deseada.

40

En el método de moldeo de SMC, mediante la preparación de una hilera de moldeo, es posible moldear un material compuesto reforzado con fibra en un tiempo corto sin ningún procedimiento de preparación y laminación de material preimpregnado complicado y, además, existe la ventaja de que es posible moldear fácilmente un material compuesto reforzado con fibra que tiene una conformación compleja.

45

En el SMC que se compone de fibras de refuerzo y resina de matriz, con el fin de ajustar la razón de las fibras de refuerzo y la composición de resina a una razón deseada, es necesario que las películas unidas a ambos lados puedan desprenderse fácilmente durante la producción, y es necesario controlar la pegajosidad del SMC de modo que se reduzca la cantidad de la resina adherida a la película. Por otro lado, es necesario que el SMC sea suficientemente flexible para conformar un material de base en una conformación de molde compleja. Sin embargo, existe un compromiso entre la pegajosidad y la flexibilidad, y ha habido la necesidad de un SMC que tenga una excelente flexibilidad mientras se suprime la pegajosidad.

50

55

En respuesta a tal situación, se da a conocer un SMC en el que se usa un poliéster insaturado cristalino que tiene un punto de fusión adecuado para una resina de base y se mezcla un compuesto de poliisocianato en el mismo (documento de patente 1). Además, se da a conocer un SMC en el que se mezclan una resina epoxídica que tiene un grupo hidroxilo en la molécula y un compuesto de poliisocianato (documento de patente 2).

60

Además, se dan a conocer un SMC y un material compuesto reforzado con fibra basado en dicho SMC, SMC en el que el material resinoso usado es un aducto de ácido metacrílico de diglicidil éter de bisfenol A y se suprime el espesamiento excesivo con el tiempo de dicho SMC mientras se mantiene un espesamiento inicial suficiente mediante un compuesto espesante a base de isocianato (documento de patente 3).

65

**Documentos de la técnica anterior**

**Documentos de patente**

- 5 Documento de patente 1: publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 7-179739  
 Documento de patente 2: publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 58-191723  
 Documento de patente 3: documento WO 2017/195607 A1

10

**Sumario de la invención**

**Problema que va a resolver la invención**

- 15 Según el SMC descrito en el documento de patente 1 descrito anteriormente, el SMC con pegajosidad suprimida puede obtenerse mezclando un poliéster insaturado cristalino. Sin embargo, la pegajosidad y la flexibilidad fluctúan en gran medida debido a un cambio en la temperatura, y la pegajosidad y la flexibilidad todavía son incompatibles.
- 20 Según el SMC descrito en el documento de patente 2 descrito anteriormente, el SMC flexible puede obtenerse mezclando una resina epoxídica que tiene un grupo hidroxilo en la molécula y un compuesto de poliisocianato. Sin embargo, la viscosidad de una composición de resina es baja y el SMC es viscoso; por tanto, fue difícil desprender una película y, además, la cantidad de la resina adherida a la película es grande, lo que da como resultado un control insuficiente de la pegajosidad del SMC.
- 25 Tal como se describió anteriormente, en la técnica anterior, no ha sido posible lograr ni la pegajosidad ni la flexibilidad mencionadas anteriormente. Por tanto, un objeto de la presente invención es mejorar los inconvenientes de la técnica anterior, proporcionar un SMC que tenga una excelente flexibilidad mientras se suprime la pegajosidad y proporcionar, además, mediante el uso de un SMC de este tipo, un material compuesto reforzado con fibra que tenga pocos huecos después del moldeo.
- 30

**Soluciones a los problemas**

- 35 Con el fin de resolver tal problema, un compuesto de moldeo de lámina de la presente invención tiene la siguiente constitución. Es decir, el compuesto de moldeo de lámina de la presente invención es un compuesto de moldeo de lámina que se compone de una fibra de refuerzo y una composición de resina, tiene un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % o más y del 60 % o menos, tiene una porosidad del 5 % en volumen o más y del 30 % en volumen o menos y satisface las siguientes fórmulas en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C:

40

$$10^5 \text{ Pa} \leq G' (s) \leq 10^9 \text{ Pa}$$

$$1 \leq G' (s) / G'' (s) \leq 5$$

- 45  $G'(s)$ : módulo de almacenamiento [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C

$G''(s)$ : módulo de pérdida [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C,

- 50 en el que la composición de resina es una composición de resina termoendurecible y la composición de resina comprende un componente (A) y un componente (B):

componente (A): un compuesto de isocianato

- 55 componente (B): una resina epoxídica que tiene uno o más grupos hidroxilo y dos o más grupos epoxi en una molécula,

en el que el componente (A) y el componente (B) en la composición de resina satisfacen la siguiente fórmula:

60

$$1 \leq I/W \leq 2$$

I: número de grupos isocianato del componente (A) en la composición de resina

W: número total de grupos hidroxilo en la composición de resina.

- 65 Un material compuesto reforzado con fibra de la presente invención se obtiene curando el compuesto de moldeo

de lámina de la presente invención.

Un método de producción de un compuesto de moldeo de lámina de la presente invención es un método de producción del compuesto de moldeo de lámina de la presente invención e incluye impregnar una fibra de refuerzo con una composición de resina y luego realizar calentamiento en una condición que satisface las siguientes fórmulas.

$$5000 \leq (T^{1,5} \times t) \leq 15000$$

$$25 \leq T \leq 80$$

T: temperatura de espesamiento [°C]

t: tiempo de espesamiento [horas] a T.

### Efectos de la invención

Según la presente invención, es posible proporcionar un SMC que tiene una excelente flexibilidad mientras se suprime la pegajosidad y proporcionar, además, mediante el uso de un SMC de este tipo, un material compuesto reforzado con fibra que tiene pocos huecos después del moldeo.

### Realizaciones de la invención

A continuación se describirán realizaciones preferidas de la presente invención. En primer lugar, se describirá un SMC de la presente invención.

Un compuesto de moldeo de lámina de la presente invención se compone de una fibra de refuerzo y una composición de resina, tiene un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % o más y del 60 % o menos, tiene una porosidad del 5 % en volumen o más y del 30 % en volumen o menos y satisface las siguientes fórmulas en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C:

$$10^5 \text{ Pa} \leq G' (s) \leq 10^9 \text{ Pa}$$

$$1 \leq G' (s) / G'' (s) \leq 5$$

G'(s): módulo de almacenamiento [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C

G''(s): módulo de pérdida [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C,

en el que la composición de resina es una composición de resina termoendurecible y la composición de resina comprende un componente (A) y un componente (B):

componente (A): un compuesto de isocianato

componente (B): una resina epoxídica que tiene uno o más grupos hidroxilo y dos o más grupos epoxi en una molécula,

en el que el componente (A) y el componente (B) en la composición de resina satisfacen la siguiente fórmula:

$$1 \leq I/W \leq 2$$

I: número de grupos isocianato del componente (A) en la composición de resina

W: número total de grupos hidroxilo en la composición de resina.

Es necesario que el SMC de la presente invención tenga un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % o más y del 60 % o menos, más preferiblemente del 45 % o más y del 58 % o menos. Cuando el contenido en peso de la fibra de refuerzo es del 40 % o más, se reduce la viscosidad del SMC y se desarrolla una pegajosidad preferible. Cuando el contenido en peso de la fibra de refuerzo es del 60 % o menos, se vuelve posible impregnar suficientemente las fibras de refuerzo con la composición de resina.

Es necesario que el SMC de la presente invención tenga una porosidad del 5 % en volumen o más y del 30 % en volumen o menos, y la porosidad es más preferiblemente del 7 % en volumen o más y del 25 % en volumen o menos, de manera adicionalmente preferible del 10 % en volumen o más y del 20 % en volumen o menos. Cuando la porosidad es del 5 % en volumen o más, los huecos en el SMC se deforman según la deformación del

SMC, de modo que puede obtenerse un SMC flexible mientras se suprime la pegajosidad de la composición de resina. Cuando la porosidad es del 30 % en volumen o menos, la porosidad en un material compuesto reforzado con fibra obtenido curando el SMC mediante moldeo por prensado se vuelve baja. La porosidad es un valor promedio de valores obtenido observando una sección transversal de un producto curado de SMC, obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanza el 90 %, con un microscopio óptico oblicuo, calculando el área de sección transversal total de huecos a partir de una imagen de sección transversal que incluye todo el grosor en el campo de visión y dividiendo el área de sección transversal total entre el área de sección transversal del producto curado de SMC. El hueco significa un área de hueco cuya periferia está rodeada por fibras de refuerzo o una resina curada en el interior del producto curado de SMC, y el área de sección transversal total del hueco es el total de áreas de sección transversal de los huecos obtenidos a partir de la imagen de sección transversal. El área de sección transversal del producto curado de SMC es la suma de áreas de las fibras de refuerzo, la resina curada y los huecos obtenidos a partir de la imagen de sección transversal.

El grado de curado es un valor obtenido restando la razón de un poder calorífico residual del material compuesto reforzado con fibra del 100 % cuando el poder calorífico del SMC no curado es del 100 %. El poder calorífico es el área de un pico exotérmico convexo debido a una reacción de curado de resina en una curva de flujo de calor que muestra la temperatura en el eje horizontal con el flujo de calor por unidad de peso medido mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) como eje vertical. Los ejemplos de un dispositivo de medición usado para la calorimetría diferencial de barrido incluyen Piris1 DSC (fabricado por PerkinElmer Co., Ltd.). Específicamente, el SMC se recoge en una bandeja para muestras de aluminio, y la curva de flujo de calor puede obtenerse llevando a cabo la medición a una velocidad de rampa de temperatura de 10 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 300 °C en una atmósfera de nitrógeno. En cuanto a la porosidad, por ejemplo, ajustando la temperatura de espesamiento, es posible mantener fácilmente un estado en el que los huecos se incluyen en el momento del espesamiento, de modo que puede controlarse la porosidad. La porosidad también puede controlarse mediante el contenido en peso de la fibra de refuerzo y el contenido de un componente (C).

La longitud promedio en número de los huecos en el SMC de la presente invención es preferiblemente de 10 μm o más y 2000 μm o menos. La longitud promedio en número es más preferiblemente de 20 μm o más y 1000 μm o menos. Cuando la longitud promedio en número de los huecos es de 10 μm o más, los huecos se deforman según la deformación cuando se dobla el SMC y se desarrolla fácilmente la flexibilidad. Cuando la longitud promedio en número de los huecos es de 2000 μm o menos, la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra obtenido curando el SMC mediante moldeo por prensado tiende a ser baja. En este caso, la longitud promedio en número de los huecos en el SMC es una longitud promedio en número obtenida observando la sección transversal del producto curado de SMC, obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanza el 90 %, con un microscopio óptico oblicuo y midiendo los ejes principales de 100 huecos cualesquiera. El eje principal es un lado largo de un rectángulo circunscrito cuya área circunscrita por el hueco es mínima. En cuanto a la longitud promedio en número de los huecos, por ejemplo, ajustando la temperatura de espesamiento, es posible mantener fácilmente un estado en el que los huecos se dispersan en el momento del espesamiento, de modo que puede controlarse la longitud promedio en número de los huecos. La longitud promedio en número de los huecos también puede controlarse mediante el contenido en peso de la fibra de refuerzo y el contenido del componente (C).

El SMC de la presente invención contiene preferiblemente huecos que se componen de dióxido de carbono. El dióxido de carbono es un gas con alta solubilidad en la composición de resina. Por tanto, los huecos que se componen de dióxido de carbono se eliminan fácilmente mediante moldeo por prensado, y se reduce fácilmente la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra.

El SMC de la presente invención tiene un módulo de almacenamiento G'(s) de 10<sup>5</sup> Pa o más y de 10<sup>9</sup> Pa o menos, más preferiblemente de 5 × 10<sup>5</sup> Pa o más y de 10<sup>8</sup> Pa o menos, en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C. Cuando el módulo de almacenamiento G'(s) del SMC es de 10<sup>5</sup> Pa o más, se suprime la pegajosidad del SMC y puede desprenderse fácilmente una película. Cuando el módulo de almacenamiento G'(s) del SMC es de 10<sup>9</sup> Pa o menos, la pegajosidad del SMC es suficiente y los SMC laminados pueden adherirse suficientemente entre sí.

Es necesario que el SMC de la presente invención satisfaga la siguiente fórmula en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C.

$$1 \leq G'(s) / G''(s) \leq 5$$

G'(s): módulo de almacenamiento [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C

G''(s): módulo de pérdida [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C.

Más preferiblemente,  $1,5 \leq G'(s)/G''(s) \leq 4$ .

5 Cuando  $G'(s)/G''(s)$  es de 1 o más, se suprime la fluidez del SMC y puede mantenerse una forma de lámina. Cuando  $G'(s)/G''(s)$  es de 5 o menos, el SMC es suficientemente flexible y puede conformarse incluso en un molde complejo.

10 Para la medición de viscoelasticidad dinámica, por ejemplo, puede usarse el dispositivo ARES-G2 (fabricado por TA Instruments, Inc.). Se corta una probeta de ensayo a partir del SMC y se usa el dispositivo ARES-G2 para establecer un espacio de 30 mm y, por tanto, aplicar un ciclo de tracción de 1,0 Hz. El módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  pueden medirse mediante medición a una velocidad de rampa de temperatura de 5,0 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 70 °C. El módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C puede controlarse dentro del intervalo anterior controlando la formación de un enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo, por ejemplo, ajustando la temperatura de espesamiento. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  también puede controlarse mediante la cantidad de mezclado de un componente (B). Además, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  también puede controlarse cambiando la cantidad de fibras de carbono que afectan a la rigidez, por ejemplo, ajustando el contenido en peso de la fibra de refuerzo.  $G'(s)/G''(s)$  puede controlarse dentro del intervalo anterior cambiando el peso molecular y la cantidad de reticulación de la composición de resina en el SMC, por ejemplo, controlando la formación del enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo. Por ejemplo,  $G'(s)/G''(s)$  también puede controlarse mediante la cantidad de mezclado del componente (B).

25 El SMC de la presente invención tiene preferiblemente un módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C de  $10^5$  Pa o más y de  $10^7$  Pa o menos. El módulo de almacenamiento  $G'(s)$  es más preferiblemente de  $5 \times 10^5$  Pa o más y de  $5 \times 10^6$  Pa o menos. Cuando el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  del SMC es de  $10^5$  Pa o más, se suprimen la deformación y el flujo de una lámina cuando el SMC se almacena durante un largo periodo de tiempo y puede obtenerse fácilmente una buena vida útil. Cuando el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  del SMC es de  $10^7$  Pa o menos, el SMC fluye hasta un extremo de una hilera durante el moldeo por prensado y puede obtenerse un material compuesto reforzado con fibra sin subllenado. El módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C puede controlarse dentro del intervalo anterior controlando la cantidad de formación del enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo, por ejemplo, mediante la cantidad de mezclado del componente (B). Además, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  también puede controlarse cambiando la cantidad de fibras de carbono que afectan a la rigidez, por ejemplo, ajustando el contenido en peso de la fibra de refuerzo.

35 Es preferible satisfacer la siguiente fórmula en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C de la composición de resina usada en el SMC de la presente invención.

$$10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$$

$$1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$$

40  $G'(r)$ : módulo de almacenamiento [Pa] de la composición de resina a 25 °C

$G''(r)$ : módulo de pérdida [Pa] de la composición de resina a 25 °C.

45 Cuando se satisfacen simultáneamente las dos fórmulas anteriores, es posible desarrollar fácilmente una excelente flexibilidad mientras se suprime la pegajosidad del SMC.

50 En la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C de la composición de resina usada en el SMC de la presente invención, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  es preferiblemente de  $10^4$  Pa o más y de  $10^8$  Pa o menos, más preferiblemente de  $5 \times 10^4$  Pa o más y de  $10^6$  Pa o menos. Cuando el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  de la composición de resina es de  $10^4$  Pa o más, se suprime fácilmente la pegajosidad del SMC y puede desprenderse fácilmente la película. Cuando el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  de la composición de resina es de  $10^8$  Pa o menos, la pegajosidad del SMC es suficiente y se mejora la adhesividad entre los SMC laminados. El módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C puede controlarse dentro del intervalo anterior controlando la formación del enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo, por ejemplo, ajustando la temperatura de espesamiento. Por ejemplo, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  también puede controlarse mediante la cantidad de mezclado del componente (B).  $G'(r)/G''(r)$  puede controlarse dentro del intervalo anterior cambiando el peso molecular y la cantidad de reticulación de la composición de resina en el SMC, por ejemplo, controlando la formación del enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo

60 Por ejemplo, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  también puede controlarse mediante la cantidad de mezclado del componente (B).

65 La composición de resina usada en el SMC de la presente invención satisface preferiblemente la siguiente fórmula en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C.

$$1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$$

Más preferiblemente, se satisface  $2 \leq G'(r)/G''(r) \leq 20$ .

5

Cuando  $G'(r)/G''(r)$  es de 1 o más, se suprime la fluidez del SMC y se mantiene fácilmente la forma de lámina. Cuando  $G'(r)/G''(r)$  es de 30 o menos, se mejora adicionalmente la flexibilidad del SMC y puede conformarse fácilmente el SMC incluso en un molde complejo.

10

La composición de resina usada para el SMC de la presente invención contiene diversas resinas habitualmente usadas que son aplicables en el intervalo que satisface las características de la presente invención. Como tales resinas, por ejemplo, pueden usarse tanto resinas termoendurecibles (según la invención) como resinas termoplásticas (no son según la invención). Como resina termoendurecible, por ejemplo, puede aplicarse preferiblemente resina epoxídica, resina de poliéster insaturado, resina de éster vinílico, resina de fenol, resina de acrilato epoxídica, resina de uretano-acrilato, resina fenoxídica, resina alquídica, resina de uretano, resina de maleimida, resina de cianato. Como resina termoplástica, por ejemplo, puede aplicarse preferiblemente poliamida, poliacetil, poliácilato, polisulfona, ABS, poliéster, acrilato, poli(tereftalato de butileno) (PBT), poli(tereftalato de etileno) (PET), polietileno, polipropileno, poli(sulfuro de fenileno) (PPS), polieteretercetona (PEEK), polímero de cristal líquido, cloruro de vinilo, resina a base de flúor tal como politetrafluoroetileno, silicona. Entre estas resinas, cuando se usa una resina termoendurecible, es más preferible porque su viscosidad a temperatura ambiente es menor que la de una resina termoplástica y su propiedad de impregnación en fibras de refuerzo es excelente.

15

20

25

Cuando se usa una resina termoendurecible como composición de resina usada en el SMC de la presente invención, la resina termoendurecible es un componente en el que tiene lugar una reacción de curado mediante calentamiento para formar una estructura de reticulación, y es preferiblemente un componente monomérico. Por ejemplo, pueden usarse componentes termoendurecibles tales como un compuesto que tiene un grupo epoxi, un compuesto que tiene un grupo fenol, un compuesto que tiene un grupo vinilo, un compuesto que tiene una estructura de bismaleimida, un compuesto que tiene un grupo isocianato, un compuesto de oxazina, un compuesto que tiene un grupo hidroxilo y un compuesto que tiene un grupo amino.

30

35

Entre las resinas termoendurecibles mencionadas anteriormente, la resina termoendurecible contiene preferiblemente una resina epoxídica desde el punto de vista de la adhesividad a las fibras de refuerzo y la capacidad de manipulación. Cuando la resina epoxídica está contenida como resina termoendurecible, significa que está contenido un compuesto que tiene dos o más grupos epoxi por molécula. Una resina epoxídica de este tipo puede estar formada por sólo un tipo de compuesto que tiene un grupo epoxi o puede ser una mezcla de una pluralidad de tipos.

40

45

Cuando se usa una resina termoendurecible como composición de resina usada en el SMC de la presente invención, la resina termoendurecible contiene preferiblemente un agente de curado. En este caso, el agente de curado es un componente que cura la resina termoendurecible mediante unión covalente cuando el componente es compatible con la resina termoendurecible. Cuando la resina termoendurecible es una resina epoxídica, como agente de curado puede usarse un compuesto que tiene un grupo activo que puede reaccionar con un grupo epoxi, y puede usarse un compuesto de amina, un anhídrido de ácido, un compuesto fenólico. Entre estos, es particularmente preferible la diciandiamida o un derivado de la misma. La diciandiamida es excelente en cuanto a dotar de propiedades mecánicas y resistencia al calor altas a un material compuesto reforzado con fibra de resina, y se usa ampliamente como agente de curado para las resinas epoxídicas. Además, la diciandiamida es excelente en cuanto a estabilidad de conservación de una composición de resina epoxídica y, por tanto, puede usarse preferiblemente. Entre estos, puede usarse un tipo individualmente o pueden usarse dos o más tipos en combinación.

50

55

60

En el SMC de la presente invención, la composición de resina contiene un compuesto de isocianato como componente (A). El compuesto de isocianato del componente (A) no está particularmente limitado siempre que sea un componente que aumente la viscosidad de la composición de resina mediante la formación del enlace covalente entre un grupo isocianato y un grupo hidroxilo a 25 °C y tenga uno o más grupos isocianato en promedio en una molécula, y puede usarse un isocianato alifático y un isocianato aromático conocidos. Puede usarse un prepolímero obtenido mediante la prepolimerización de estos compuestos de isocianato con un compuesto de poliál. Además, estos compuestos de poliisocianato pueden usarse solos o en combinación de dos o más. El compuesto de isocianato usado en la presente invención contiene preferiblemente un compuesto de poliisocianato que tiene 2 o más y 6 o menos grupos isocianato en una molécula. Cuando el número de grupos isocianato es de 2 o más, la composición de resina puede espesarse suficientemente, y cuando el número de grupos isocianato es de 6 o menos, el SMC desarrolla una excelente flexibilidad, lo cual es preferible.

65

En el SMC de la presente invención, la composición de resina contiene una resina epoxídica que contiene grupos hidroxilo como componente (B). La resina epoxídica que contiene grupos hidroxilo del componente (B) no está particularmente limitada siempre que sea un componente que aumente la viscosidad de la composición de resina

mediante la formación de un enlace covalente con el componente (A) y sea una resina epoxídica que tiene uno o más grupos hidroxilo y dos o más grupos epoxi en una molécula, y puede usarse una resina epoxídica aromática y una resina epoxídica alifática conocidas.

- 5 En el SMC de la presente invención, el componente (A) y el componente (B) en la composición de resina satisfacen la siguiente fórmula.

$$1 \leq I/W \leq 2$$

- 10 I: número de grupos isocianato del componente (A) en la composición de resina

W: número total de grupos hidroxilo en la composición de resina.

- 15 Más preferiblemente,  $1,1 \leq I/W \leq 2$ , y de manera adicionalmente preferible,  $1,2 \leq I/W \leq 1,8$ . Cuando  $I/W$  es de 1 o más, el SMC es lo suficientemente fácil de espesar incluso cuando parte de los grupos isocianato en el componente (A) son difíciles de reaccionar con los grupos hidroxilo cuando se prepara la composición de resina y, por tanto, es preferible. Cuando  $I/W$  es de 2 o menos, el SMC desarrolla una mayor flexibilidad, lo cual es preferible.

- 20 En el SMC de la presente invención, es preferible que la composición de resina contenga al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en una sal de amonio cuaternario, una sal de fosfonio, un compuesto de imidazol y un compuesto de fosfina como componente (C). Cuando el componente (C) es al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en una sal de amonio cuaternario, una sal de fosfonio, un compuesto de imidazol y un compuesto de fosfina, muestra que puede usarse individualmente un tipo  
25 seleccionado del grupo que consiste en los compuestos anteriores o pueden usarse dos o más tipos en combinación. Entre estos, es más preferible la sal de amonio cuaternario y/o el compuesto de fosfina como componente (C) porque puede acortarse significativamente el tiempo de curado.

- 30 En el SMC de la presente invención, cuando está contenida una resina de acrilato epoxídica como resina termoendurecible en la composición de resina, está contenido un compuesto que tiene uno o más, preferiblemente dos o más, grupos vinilo en una molécula desde el punto de vista de la capacidad de curado. Una resina de acrilato epoxídica de este tipo puede estar formada por sólo un tipo de compuesto que tiene un grupo vinilo o puede ser una mezcla de una pluralidad de tipos.

- 35 En el SMC de la presente invención, puede estar contenido un diluyente reactivo en la composición de resina. El diluyente reactivo no está particularmente limitado siempre que sea un compuesto que tenga uno o más grupos epoxi o grupos vinilo en una molécula, y puede usarse un diluyente reactivo conocido.

- 40 La fibra de refuerzo usada en el SMC de la presente invención no está particularmente limitada, y los ejemplos de la misma incluyen fibra de vidrio, fibra de carbono, fibra de grafito, fibra de aramida, fibra de boro, fibra de alúmina y fibra de carburo de silicio. Aunque pueden mezclarse y usarse dos o más de estas fibras de refuerzo, es preferible usar fibras de carbono o fibras de grafito con el fin de obtener un artículo moldeado que es más ligero y tiene una mayor durabilidad. En particular, en aplicaciones donde hay una alta demanda de reducción de peso y obtención de alta resistencia mecánica del material, es preferible que la fibra de refuerzo sea fibra de carbono en el SMC de la presente invención debido a su excelente módulo de elasticidad específico y resistencia  
45 mecánica específica. Como fibra de carbono, puede usarse cualquier tipo de fibra de carbono dependiendo de la aplicación. Sin embargo, desde el punto de vista de la resistencia al impacto, es preferible una fibra de carbono que tiene un módulo de tracción de como máximo 400 GPa. Desde el punto de vista de la resistencia mecánica, puesto que puede obtenerse un material compuesto que tiene rigidez y resistencia mecánica altas, se usan fibras  
50 de carbono que tienen preferiblemente una resistencia a la tracción de 4,4 a 6,5 GPa. La fibra de carbono es preferiblemente una fibra de carbono de alta resistencia mecánica y alto alargamiento que tiene un alargamiento por tracción del 1,7 al 2,3 %. Por tanto, una fibra de carbono que tiene características de tener un módulo de tracción de al menos 230 GPa, una resistencia a la tracción de al menos 4,4 GPa y un alargamiento por tracción de al menos el 1,7 % es la más adecuada.

- 55 Aunque la forma de la fibra de refuerzo en la presente invención puede ser continua o discontinua, cuando se moldea un elemento que tiene una conformación complicada, es preferible usar fibra discontinua desde el punto de vista de la fluidez. En este caso, como fibra discontinua, es más preferible un haz de fibras de refuerzo cortadas compuesto por fibras cortas. La longitud de la fibra corta es preferiblemente de 0,3 a 10 cm, más  
60 preferiblemente de 1 a 5 cm. Cuando la longitud de la fibra corta es de 0,3 cm o más, puede obtenerse un material compuesto reforzado con fibra que tiene una buena propiedad mecánica. Cuando la longitud de la fibra corta es de 10 cm o menos, puede obtenerse un material de moldeo para un material compuesto reforzado con fibra que tiene una buena fluidez durante el moldeo por prensado. Además, es preferible que el diámetro de fibra promedio de las fibras cortas sea de 3 a 12  $\mu\text{m}$  y el peso base de la fibra de refuerzo sea de 0,1 a 5  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

- 65 Un método de producción para el SMC de la presente invención es un método de producción del SMC de la

presente invención e incluye preferiblemente impregnar una fibra de refuerzo con una composición de resina y luego realizar calentamiento en una condición que satisface las siguientes fórmulas.

$$5000 \leq (T^{1,5} \times t) \leq 15000$$

5

$$25 \leq T \leq 80$$

T: temperatura de espesamiento [°C]

10 t: tiempo de espesamiento [horas] a T.

Mediante el mantenimiento de un estado calentado en la etapa de calentamiento anterior, la composición de resina se lleva a una condición semicurada en la que se satura el aumento de la viscosidad de la composición de resina, de modo que puede obtenerse fácilmente el SMC de la presente invención.

15

Un ejemplo preferible del método de producción del SMC de la presente invención es el siguiente. Es decir, se aplica la composición de resina sobre las dos películas de polipropileno respectivas usando una rasqueta, para preparar dos láminas de resina. A continuación, se pulverizan uniformemente un gran número de haces de fibras cortas sobre una superficie de la composición de resina de una de las láminas de resina obtenidas y se lamina la otra lámina de resina sobre la superficie sobre la que se pulverizan los haces de fibras cortas de la lámina de resina obtenida, de manera que una superficie de una resina de matriz entra al interior, para producir una lámina de SMC. Mediante el uso de este método, es posible facilitar suficientemente la impregnación de las fibras de refuerzo con la composición de resina.

20

En el método de producción del SMC de la presente invención, se satisface la siguiente fórmula con respecto a las condiciones de temperatura y tiempo para lograr la condición semicurada en la etapa de calentamiento.

25

$$5000 \leq (T^{1,5} \times t) \leq 15000$$

30

$$25 \leq T \leq 80$$

T: Temperatura de espesamiento [°C]

t: Tiempo de espesamiento [horas] a T.

35

Más preferiblemente,  $6500 \leq (T^{1,5} \times t) \leq 13500$ .

Una condición semicurada adecuada puede controlarse mediante una reacción química de la composición de resina. Es decir, la reactividad de la reacción química objetivo cambiar en gran medida dependiendo de la temperatura de espesamiento. La velocidad de reacción de la reacción química puede ajustarse mediante el tiempo de espesamiento. Por tanto, cuando se satisface el intervalo de la fórmula anterior, la composición de resina puede ponerse fácilmente en una condición semicurada adecuada. En este caso, la temperatura de espesamiento es una temperatura a la que se calienta la lámina de SMC producida mediante el método anterior, y es preferiblemente de 25 °C o superior y de 80 °C o inferior. Cuando la temperatura de espesamiento es de 25 °C o superior, la composición de resina antes de impregnar la fibra de refuerzo no se espesa a temperatura ambiente y es excelente en cuanto a capacidad de manipulación. Cuando la temperatura de espesamiento es de 80 °C o inferior, el curado no avanza innecesariamente y puede mantenerse la condición semicurada. La T anterior puede seleccionarse arbitrariamente siempre que esté dentro del intervalo anterior, y pueden seleccionarse una pluralidad de T. Cuando se seleccionan una pluralidad de tales T, es preferible que el total de cada  $T^{1,5} \times t$  no supere el intervalo anterior.

40

45

50

El material compuesto reforzado con fibra de la presente invención se obtiene curando el SMC de la presente invención. Mediante el uso de tal SMC, puede obtenerse un material compuesto reforzado con fibra que tiene pocos huecos después del moldeo. Mediante la reducción de los huecos, el material compuesto reforzado con fibra tiende a tener una excelente calidad.

55

Como método de producción del material compuesto reforzado con fibra de la presente invención, pueden usarse diversos métodos tales como un método de formación por prensado, un método de moldeo en bolsa con película y un método de moldeo en autoclave. Entre estos métodos, se usa de manera particularmente preferible el método de formación por prensado desde el punto de vista de la productividad y flexibilidad en una conformación de un molde. El método de producción del material compuesto reforzado con fibra de la presente invención se describirá usando un ejemplo del método de formación por prensado. El material compuesto reforzado con fibra de la presente invención puede producirse, por ejemplo, colocando el SMC de la presente invención en una hilera de moldeo calentada hasta una temperatura específica y luego presurizando/calentando el SMC mediante una prensa para hacer fluir el SMC y llenar un molde y, por tanto, curar el SMC como tal.

60

65

## Realización

5 A continuación en el presente documento, la presente invención se describirá con más detalle con referencia a los ejemplos.

### Materia prima de resina

10 Se usaron las siguientes materias primas para obtener el SMC de cada ejemplo. El valor numérico de cada componente en una columna de la composición de resina en una tabla indica un contenido, y la unidad del mismo es "parte(s) en masa" a menos que se especifique lo contrario.

#### 1. Compuesto de isocianato que es el componente (A)

15 • "Lupranate (marca registrada)" M20S (fabricado por BASF INOAC Polyurethanes Ltd.): MDI polimérico (polifenilpoliisocianato de polimetileno: que tiene una estructura en la que se unen una pluralidad de MDI mediante un grupo metileno)

20 • "Lupranate (marca registrada)" MI (fabricado por BASF INOAC Polyurethanes Ltd.): MDI monomérico (diisocianato de difenilmetano).

#### 2. Epóxido que contiene grupos hidroxilo que es el componente (B)

25 • "Epotohoto (marca registrada)" YD128 (fabricado por Nippon Steel & Sumikin Chemical Co., Ltd., que contiene epóxido que tiene uno o más grupos hidroxilo en una molécula): resina epoxídica de bisfenol A

• "DENACOL (marca registrada)" EX614B (fabricado por Nagase ChemteX Corporation, que contiene epóxido que tiene uno o más grupos hidroxilo en una molécula): resina epoxídica de tipo sorbitol.

#### 30 3. Compuesto de componente (C)

• Bromuro de tetrabutilamonio (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)

35 • Bromuro de tetrafenilfosfonio (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)

• 2-Metilimidazol (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)

• Trifenilfosfina (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.).

#### 40 4. Otros compuestos

• [Resina de acrilato epoxídica] "Epoxy ester (marca registrada)" 3000A (fabricado por Kyoisha Chemical Co., Ltd.): aducto de ácido acrílico-diglicidil éter de bisfenol A

45 • [Diluyente reactivo] Estireno (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)

• [Agente de curado] Perbenzoato de t-butilo (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.)

50 • "jERCure (marca registrada)" DICY7 (fabricado por Mitsubishi Chemical Corporation): diciandiamida.

### Materia prima de fibra de refuerzo

• "Torayca (marca registrada)" T700S-12K (fabricado por Toray Industries, Inc.).

55 (Preparación de composición de resina)

Se mezcló cada componente en la razón de contenido mostrada en la tabla para preparar una composición de resina.

### 60 Producción de SMC

Se usó "Torayca (marca registrada)" T700S-12K (fabricado por Toray Industries, Inc.) como fibra de carbono. Se cortaron las hebras de fibras de carbono continuas a un ángulo deseado y se pulverizaron para dispersarse uniformemente para obtener un material textil no tejido de fibras de carbono discontinuas que tenía una orientación de fibra isotrópica. Se usó un cortador giratorio como dispositivo de corte. La distancia entre cuchillas era de 30 mm. El peso base del material textil no tejido de fibras de carbono discontinuas era de 1 kg/m<sup>2</sup>.

65

Se obtuvo una lámina de SMC en forma de lámina impregnando el material textil no tejido de fibras de carbono discontinuas con la composición de resina anterior con un rodillo, de modo que el contenido en peso de carbono de la fibra de refuerzo de un material de moldeo fuera el valor mostrado en la tabla. Se calentó la lámina de SMC obtenida a partir de lo anterior según las condiciones de temperatura y tiempo mostradas en la tabla para llevar la composición de resina a la condición semicurada y, por tanto, obtener el SMC.

Producción de material compuesto reforzado con fibra

Usando el SMC anterior, se curó el SMC a una presión de 10 MPa con una prensa de presión en condiciones de aproximadamente 140 °C durante 30 minutos para obtener un material compuesto reforzado con fibra plano que tenía un tamaño de 300 × 400 mm.

Evaluación

Se realizó la evaluación en cada ejemplo de la siguiente manera. El número de mediciones  $n$  es  $n = 1$  a menos que se especifique lo contrario.

1. Medición de viscoelasticidad dinámica de la composición de resina en condición semicurada

Se cortó una probeta de ensayo con una anchura de 12,7 mm y un grosor de 2,0 mm a partir de la composición de resina y se usó el dispositivo ARES-G2 (fabricado por TA Instruments, Inc.) para establecer un espacio un espacio a 30 mm y, por tanto, aplicar un ciclo de tracción de 1,0 Hz. Se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  mediante medición a una velocidad de rampa de temperatura de 5,0 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 70 °C, y se definieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a cada temperatura como módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y módulo de pérdida  $G''(r)$  a esa condición de temperatura. Por ejemplo, para el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C, se definió el módulo de almacenamiento  $G'$  cuando una muestra alcanzó 25 °C como módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C. Como muestra, se mantuvo la composición de resina en la que se mezcló cada componente a la temperatura mostrada en la tabla durante el tiempo mostrado en la tabla.

2. Medición de viscoelasticidad dinámica del SMC

Se cortó una probeta de ensayo con una anchura de 12,7 mm a partir del SMC y se usó el dispositivo ARES-G2 (fabricado por TA Instruments, Inc.) para aplicar un ciclo de tracción de 1,0 Hz y, por tanto, establecer un espacio a 30 mm. Se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  mediante medición a una velocidad de rampa de temperatura de 5,0 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 70 °C, y se definieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a cada temperatura como módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y módulo de pérdida  $G''(s)$  a esa condición de temperatura. Por ejemplo, para el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C, se definió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  cuando una muestra alcanzó 25 °C como módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C. De manera similar, se definieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  cuando la muestra alcanzó 70 °C como módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y módulo de pérdida  $G''(s)$  a 70 °C. Como muestra, se mantuvo el SMC en el que se mezcló cada componente a la temperatura mostrada en la tabla durante el tiempo mostrado en la tabla.

3. Medición del grado de curado del producto curado de SMC

Se recogieron 17 mg del SMC en una bandeja para muestras de aluminio y se usó el dispositivo Piris1 DSC (fabricado por Perkin Elmer Co., Ltd.), se tomó el área de un pico exotérmico convexo debido a una reacción de curado de resina en una curva de flujo de calor obtenida llevando a cabo la medición a una velocidad de rampa de temperatura de 10 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 300 °C en una atmósfera de nitrógeno como poder calorífico del SMC. A continuación, se recogieron 17 mg de un producto curado obtenido curando el SMC desde 60 °C hasta 160 °C a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria en una bandeja para muestras de aluminio y se usó el dispositivo Piris1 DSC (fabricado por Perkin Elmer Co., Ltd.), se tomó el área del pico exotérmico convexo debido a la reacción de curado de resina en la curva de flujo de calor obtenida llevando a cabo la medición a una velocidad de rampa de temperatura de 10 °C/min en un intervalo de temperatura de 0 a 300 °C en una atmósfera de nitrógeno como poder calorífico residual del producto curado. Se llevó a cabo la medición de modo que el grado de curado fuera un valor obtenido restando la razón del poder calorífico residual del producto curado del 100 % cuando el poder calorífico del SMC era del 100 %.

4. Medición de la porosidad en el SMC

Se observó una sección transversal pulida lisa de un producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 % con un microscopio óptico oblicuo a un aumento de 100 veces. A partir de cinco ubicaciones se creó una

imagen de sección transversal que incluía, en el campo de visión, 3 mm en la dirección de superficie y todo el grosor del producto curado de SMC en la dirección de grosor y se calculó un valor obtenido dividiendo el área de sección transversal total de huecos entre el área de sección transversal del producto curado de SMC para cada imagen de sección transversal para obtener un valor promedio.

5

5. Medición de la longitud promedio en número de huecos en el SMC

Se midió la longitud promedio en número, que se obtuvo observando la sección transversal del producto curado de SMC, obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %, con un microscopio óptico oblicuo a un aumento de 100 veces y midiendo los ejes principales de 100 huecos cualesquiera. El eje principal es un lado largo de un rectángulo circunscrito cuya área circunscrita por el hueco es mínima.

10

6. Evaluación de la pegajosidad del SMC

15

Se comparó y evaluó la pegajosidad del SMC en los siguientes tres grados. Cuando se desprendió una película de polipropileno (Wani-jirushi poly sheet transparent # 150 (fabricada por Nichidai Industry Co., Ltd.)) a partir del SMC, producido mediante el método de producción anterior, a temperatura ambiente, se estableció la masa del SMC original al 100 %. Cuando la cantidad restante en la película era menor del 3 %, se evaluó como "A". Cuando la cantidad restante en la película era menor del 1 % y cuando la cantidad era del 3 % o más y menor del 5 %, se evaluó como "B". Cuando la cantidad restante en la película era del 5 % o más, se evaluó como "C".

20

7. Medición de la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra

25

Se comparó y evaluó la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra en los siguientes tres grados. Cuando la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra era menor del 1 % y, por tanto, sustancialmente no estaba presente ningún hueco, se evaluó como "A". Cuando la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra era del 1 % o más y menor del 2 %, se evaluó como "B". Cuando la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra era del 2 % o más, se evaluó como "C".

30

Para la porosidad en el material compuesto reforzado con fibra, se observó una superficie obtenida puliendo suavemente una sección transversal seleccionada arbitrariamente con el material compuesto reforzado con fibra pulido liso con un microscopio óptico oblicuo a un aumento de 100 veces, a partir de cinco ubicaciones se creó una imagen de sección transversal que incluía, en el campo de visión, 3 mm en la dirección de superficie y todo el grosor del material compuesto reforzado con fibra en la dirección de grosor y se calculó un valor obtenido dividiendo el área de sección transversal total de los huecos entre el área de sección transversal del material compuesto reforzado con fibra para cada imagen de sección transversal para obtener un valor promedio. Se tomó este valor promedio como porosidad.

35

40 (Ejemplo 1) (no es según la invención)

Se añadieron 24 partes de M20S, 50 partes de Epoxy ester 3000A, 50 partes de estireno y 0,1 partes de perbenzoato de t-butilo de modo que las cantidades de mezclado del componente (A) y otros componentes fueron las razones de contenido mostradas en la tabla 1, se preparó la composición de resina y se mantuvo a 40 °C durante 24 horas para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1, y luego se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina obtenida en la condición semicurada para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Se produjo una lámina de SMC que tenía un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % usando la composición de resina y un material textil no tejido de fibras de carbono discontinuas para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1, y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido mediante mantenimiento a 40 °C durante 24 horas para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^9 \text{ Pa}$  y  $G'(s)/G''(s)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(s)/G''(s) \leq 5$ , y la porosidad del SMC satisfizo el intervalo del 5 % en volumen o más y el 30 % en volumen o menos. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo el intervalo de  $10 \mu\text{m}$  o más y  $2000 \mu\text{m}$  o menos y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C satisfizo el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^7 \text{ Pa}$  y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue buena a B o superior y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra también fue buena a B o superior.

45

50

55

60

65

(Ejemplo 2) (no es según la invención)

Se añadieron 24 partes de M20S, 40 partes de Epoxy ester 3000A, 60 partes de estireno y 0,1 partes de perbenzoato de t- butilo de modo que las cantidades de mezclado del componente (A) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 1, se preparó la composición de resina y se mantuvo a 40 °C durante 24 horas para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1, y luego se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina obtenida en la condición semicurada para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Se produjo una lámina de SMC que tenía un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % usando la composición de resina y un material textil no tejido de fibras de carbono discontinuas para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1, y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido mediante mantenimiento a 40 °C durante 24 horas para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^9 \text{ Pa}$  y  $G'(s)/G''(s)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(s)/G''(s) \leq 5$ , y la porosidad del SMC satisfizo el intervalo del 5 % en volumen o más y el 30 % en volumen o menos. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  o más y 2000  $\mu\text{m}$  o menos y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad. Además, con respecto al SMC, aunque el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C era un valor pequeño de  $0,8 \times 10^5 \text{ Pa}$ , el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue buena a B o superior y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra también fue buena a B o superior.

#### Ejemplos 3 a 12

Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 1-1 o la tabla 1-2, y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1-1 o la tabla 1-2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1-1 o la tabla 1-2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^9 \text{ Pa}$  y  $G'(s)/G''(s)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(s)/G''(s) \leq 5$ , y la porosidad del SMC satisfizo el intervalo del 5 % en volumen o más y el 30 % en volumen o menos. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  o más y 2000  $\mu\text{m}$  o menos y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^7 \text{ Pa}$  y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue buena a B o superior y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra también fue buena a B o superior.

#### Ejemplos 13 a 21

Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B), el componente (C) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 1-2 o la tabla 2, y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1-2 o la tabla 2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 1-2 o la tabla 2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^9 \text{ Pa}$  y  $G'(s)/G''(s)$  satisfizo el intervalo de  $1 \leq G'(s)/G''(s) \leq 5$ , y la porosidad del SMC satisfizo el intervalo del 5 % en volumen o más y el

30 % en volumen o menos. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  o más y 2000  $\mu\text{m}$  o menos y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C satisfizo el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^7 \text{ Pa}$  y el SMC obtenido mostró una buena flexibilidad incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue buena a B o superior y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra también fue buena a B o superior.

Ejemplo comparativo 1

10 Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 2 y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C fue tan bajo como de  $0,6 \times 10^4 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  fue tan baja como de 0,8. Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C fue tan bajo como de  $0,8 \times 10^5 \text{ Pa}$  y  $G'(s)/G''(s)$  fue tan baja como de 0,7. Además, la porosidad del SMC fue tan baja como del 2 % en volumen y la longitud promedio en número de huecos del SMC fue tan grande como de 2800  $\mu\text{m}$ . La flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C fue tan bajo como de  $0,7 \times 10^5 \text{ Pa}$  y la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue deficiente a C y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra también fue deficiente a C.

30 Ejemplo comparativo 2

Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 2 y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo  $12 \times 10^4 \text{ Pa}$  y el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  fue tan baja como de 0,8. Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C satisfizo  $1,7 \times 10^5 \text{ Pa}$  y el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^9 \text{ Pa}$ .  $G'(s)/G''(s)$  fue tan baja como de 0,8 y la porosidad del SMC fue tan alta como del 31 % en volumen. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo 1700  $\mu\text{m}$  y el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  o más y 2000  $\mu\text{m}$  o menos. Sin embargo, la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C fue tan bajo como de  $0,8 \times 10^5 \text{ Pa}$  y la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente incluso en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue deficiente a C y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra fue deficiente a C.

Ejemplo comparativo 3

55 Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 2 y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo  $12 \times 10^4 \text{ Pa}$  y el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$

y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo 6 y el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C fue tan bajo como de  $0,6 \times 10^5$  Pa.  $G'(s)/G''(s)$  fue tan baja como de 0,6 y la porosidad del SMC fue tan alta como del 37 % en volumen. La longitud promedio en número de huecos del SMC satisfizo 1700  $\mu\text{m}$  y el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  o más y 2000  $\mu\text{m}$  o menos. Sin embargo, la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente.

5 Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C satisfizo  $1,2 \times 10^5$  Pa y el intervalo de  $10^5 \text{ Pa} \leq G'(s) \leq 10^7 \text{ Pa}$  y la flexibilidad del SMC obtenido fue buena en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue deficiente a C y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra fue deficiente a C.

10 Ejemplo comparativo 4

Tal como se describió anteriormente, se preparó la composición de resina de modo que las cantidades de mezclado del componente (A), el componente (B) y otros componentes fueran las razones de contenido mostradas en la tabla 2 y se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  y el módulo de pérdida  $G''(r)$  a 25 °C de la composición de resina en la condición semicurada obtenida produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(r)/G''(r)$ . Además, se midieron el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  y el módulo de pérdida  $G''(s)$  a 25 °C del SMC obtenido produciéndose para cumplir con las condiciones mostradas en la tabla 2 para calcular  $G'(s)/G''(s)$ . Además, se midió el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C. Además, se midieron la porosidad y la longitud promedio en número de huecos a partir de la sección transversal del producto curado de SMC obtenido curando el SMC a una velocidad de rampa de temperatura de 0,5 °C/min y una presión ordinaria hasta que el grado de curado alcanzó el 90 %. Además, se preparó un material compuesto reforzado con fibra usando el SMC y se midió la porosidad. En primer lugar, con respecto a la composición de resina, el módulo de almacenamiento  $G'(r)$  a 25 °C satisfizo  $12 \times 10^4$  Pa y el intervalo de  $10^4 \text{ Pa} \leq G'(r) \leq 10^8 \text{ Pa}$  y  $G'(r)/G''(r)$  satisfizo 6 y el intervalo de  $1 \leq G'(r)/G''(r) \leq 30$ . Con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 25 °C fue tan alto como de  $11000 \times 10^5$  Pa.  $G'(s)/G''(s)$  fue tan alta como de 5,4 y la porosidad del SMC fue tan alta como del 32 % en volumen. La longitud promedio en número de huecos del SMC fue tan grande como de 2900  $\mu\text{m}$  y la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente. Además, con respecto al SMC, el módulo de almacenamiento  $G'(s)$  a 70 °C fue tan alto como de  $1500 \times 10^5$  Pa y la flexibilidad del SMC obtenido fue deficiente en un entorno de temperatura ambiente o superior. La pegajosidad del SMC fue deficiente a C y la porosidad del material compuesto reforzado con fibra fue deficiente a C.

15

20

25

30

[Tabla 1-1]

		Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7	Ejemplo 8
Composición de resina	Componente (A)	24	24	11	11	11	16	16	16
	Componente (B)			100	100	100	90	90	90
							10	10	10
	Componente (C)								
Condición	Contenido en peso de la fibra de refuerzo [%]	40	40	40	50	60	50	50	50
	Temperatura de espesamiento [°C]	40	40	40	40	40	25	40	60
	Tiempo de espesamiento [horas]	24	24	24	24	24	48	21	8
	Módulo de almacenamiento G'(r) a 25 °C [ $\times 10^3$ Pa]	4	2	12	12	12	17	19	20
Propiedades de la resina	G'(r)/G''(r) a 25 °C	1,8	1,2	6	6	6	12	14	17
	Porosidad [%]	7	5	8	6	5	6	7	8
	Longitud promedio en número [ $\mu\text{m}$ ] de huecos	1800	1900	1700	1500	1100	970	930	860
Características del compuesto de moldeo de lámina	Módulo de almacenamiento G'(s) a 25 °C [ $\times 10^3$ Pa]	6	3	28	290	1200	380	440	1800
	G'(s)/G''(s) a 25 °C	1,1	1	1,5	1,7	3,0	2,3	2,7	3,0
	Módulo de almacenamiento G'(s) a 70 °C [ $\times 10^3$ Pa]	2	0,8	6	12	26	17	18	21
	Pegajosidad	B	B	A	A	B	B	B	B
Propiedades del material compuesto reforzado con fibra	Hueco	A	B	B	B	B	A	A	A

[Tabla 1-2]

		Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo 11	Ejemplo 12	Ejemplo 13	Ejemplo 14	Ejemplo 15	Ejemplo 16
Composición de resina	Componente (A)	16	16	16	16	16	24	32	
		M20S							10
		MI							
	Componente (B)	90	90	90	90	90	90	90	90
		YD128							
		EX614B	10	10	10	10	10	10	10
	Componente (C)						3	3	3
		Bromuro de tetrabutilamonio							
		Bromuro de tetrabutilfosfonio							
		2-Metilimidazol							
	Trifenilfosfina								
	Epoxy ester 3000A								
	Estireno								
	Perbenzoato de t-butilo								
	DICY	7	7	7	7	7	7	7	7
Condición	Contenido en peso de la fibra de refuerzo [%]	50	50	50	50	50	50	50	50
	Temperatura de espesamiento [°C]	80	40	40	40	40	40	40	40
	Tiempo de espesamiento [horas]	6	28	53	59	24	24	24	24
Propiedades de la resina	Módulo de almacenamiento G'(r) a 25 °C [ $\times 10^4$ Pa]	22	25	98	270	220	48	7	4
	G'(r)/G''(r) a 25 °C	20	18	20	24	27	7	1,6	1,1
	Porosidad [%]	10	10	13	20	28	15	24	11
	Longitud promedio en número [µm] de huecos	720	870	770	740	320	430	390	880
Características del compuesto de molde de lámina	Módulo de almacenamiento G'(s) a 25 °C [ $\times 10^5$ Pa]	1900	520	900	1150	1100	270	230	180
	G'(s)/G''(s) a 25 °C	3,5	2,8	2,9	3,1	4,6	1,8	1,2	1,8
	Módulo de almacenamiento G'(s) a 70 °C [ $\times 10^5$ Pa]	54	120	440	530	45	17	3	2
Propiedades del material compuesto reforzado con fibra	Pegajosidad	B	A	A	B	B	A	B	B
	Hueco	A	A	A	A	B	A	A	A

[Tabla 2]

		Ejemplo 17	Ejemplo 18	Ejemplo 19	Ejemplo 20	Ejemplo 21	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4
Composición de resina	Componente (A)	11	11	11	11	11	8	25	11	11
		M20S								
		MI								
	Componente (B)	90	90	90	90	90	100	100	100	100
		YD128								
		EX614B	10	10	10	10				
		Bromuro de tetrabutilamonio								
	Componente (C)	3								
		Bromuro de tetrabutilfosfonio								
		2-Metilimidazol	3			1	9			
	Trifenilfosfina			3						
	Epoxy ester 3000A									
	Estireno									
	Perbenzoato de t-butilo									
	DICY	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Condición	Contenido en peso de la fibra de refuerzo [%]	50	50	50	50	50	50	50	30	70
	Temperatura de espesamiento [°C]	40	90	90	90	90	90	90	40	90
	Tiempo de espesamiento [horas]	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Propiedades de la resina	Módulo de almacenamiento G'(r) a 25 °C [x 10 Pa]	89	96	84	64	230	0,6	12	12	12
	G'(r)/G''(r) a 25 °C	14	20	13	11	28	0,8	0,8	6	6
	Porosidad [%]	13	20	15	10	28	2	31	37	32
Características del compuesto de molde de lámina	Longitud promedio en número [µm] de huecos	980	380	620	730	280	2800	1700	1700	2900
	Módulo de almacenamiento G'(s) a 25 °C [x 10 Pa]	760	820	640	180	1200	0,8	1,7	0,6	11000
	G'(s)/G''(s) a 25 °C	2,6	2,9	22	1,3	9,7	0,7	0,8	0,6	5,4
	Módulo de almacenamiento G'(s) a 70 °C [x 10 Pa]	25	21	18	13	540	0,7	0,8	1,2	1500
Propiedades del material compuesto reforzado con fibra	Pegajosidad	A	A	A	A	B	C	C	C	C
	Hueco	A	A	A	A	A	C	C	C	C

**Aplicabilidad industrial**

5 El SMC de la presente invención tiene una excelente flexibilidad mientras se suprime la pegajosidad en comparación con los SMC convencionales. Mediante el uso del SMC de la presente invención, puede obtenerse un material compuesto reforzado con fibra que tiene pocos huecos. Como resultado, el material compuesto reforzado con fibra se aplicará ampliamente en aplicaciones deportivas e industriales, además de aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones automovilísticas, lo que conduce a una reducción del consumo de energía centrado en los combustibles fósiles, y puede esperarse una contribución al problema del calentamiento global.

10

REIVINDICACIONES

1. Compuesto de moldeo de lámina que comprende una fibra de refuerzo y una composición de resina, que tiene un contenido en peso de la fibra de refuerzo del 40 % o más y del 60 % o menos, que tiene una porosidad del 5 % en volumen o más y del 30 % en volumen o menos, y que satisface las siguientes fórmulas en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C:

$$10^5 \text{ Pa} \leq G' (s) \leq 10^9 \text{ Pa}$$

$$1 \leq G' (s) / G'' (s) \leq 5$$

G'(s): módulo de almacenamiento [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C

G''(s): módulo de pérdida [Pa] del compuesto de moldeo de lámina a 25 °C,

en el que la composición de resina es una composición de resina termoendurecible y la composición de resina comprende un componente (A) y un componente (B):

componente (A): un compuesto de isocianato

componente (B): una resina epoxídica que tiene uno o más grupos hidroxilo y dos o más grupos epoxi en una molécula,

en el que el componente (A) y el componente (B) en la composición de resina satisfacen la siguiente fórmula:

$$1 \leq I/W \leq 2$$

I: número de grupos isocianato del componente (A) en la composición de resina

W: número total de grupos hidroxilo en la composición de resina,

en el que la porosidad, el módulo de almacenamiento G'(s) y el módulo de pérdida G''(s) se miden mediante los métodos tal como se describen en la descripción.

2. Compuesto de moldeo de lámina según la reivindicación 1, en el que el módulo de almacenamiento G'(s) a 70 °C es de 10<sup>5</sup> Pa o más y 10<sup>7</sup> Pa o menos.

3. Compuesto de moldeo de lámina según la reivindicación 1 ó 2, que satisface las siguientes fórmulas en la medición de viscoelasticidad dinámica a 25 °C de la composición de resina,

$$10^4 \text{ Pa} \leq G' (r) \leq 10^6 \text{ Pa}$$

$$1 \leq G' (r) / G'' (r) \leq 30$$

G'(r): módulo de almacenamiento [Pa] de la composición de resina a 25 °C

G''(r): módulo de pérdida [Pa] de la composición de resina a 25 °C,

en el que el módulo de almacenamiento G'(r) y el módulo de pérdida G''(r) se miden mediante los métodos tal como se describen en la descripción.

4. Compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende huecos que se componen de dióxido de carbono.

5. Compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que una longitud promedio en número de los huecos en el compuesto de moldeo de lámina es de 10 μm o más y de 2000 μm o menos, en el que la longitud de los huecos y la longitud promedio en número de los huecos se obtienen mediante el método tal como se describe en la descripción.

6. Compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la composición de resina contiene al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en una sal de amonio cuaternario, una sal de fosfonio, un compuesto de imidazol y un compuesto de fosfina como componente (C).

7. Compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la fibra de refuerzo es fibra de carbono.

8. Material compuesto reforzado con fibra obtenido curando el compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

5 9. Método de producción del compuesto de moldeo de lámina según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo el método impregnar una fibra de refuerzo con una composición de resina y luego realizar calentamiento en una condición que satisface las siguientes fórmulas:

$$5000 \leq (T^{1,5} \times t) \leq 15000$$

10

$$25 \leq T \leq 80$$

T: temperatura de espesamiento [°C]

15 t: tiempo de espesamiento [horas] a T.