

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 157**

51 Int. Cl.:  
**D06M 15/53** (2006.01)  
**D06M 13/17** (2006.01)  
**D21H 13/50** (2006.01)  
**H01M 4/96** (2006.01)  
**D06M 101/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05772849 .5**  
96 Fecha de presentación: **18.08.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1788146**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.05.2007**

54 Título: **FIBRA DE CARBONO PARA UN PROCEDIMIENTO ACUOSO Y FIBRA DE CARBONO CORTADO PARA UN PROCEDIMIENTO ACUOSO.**

30 Prioridad:  
**19.08.2004 JP 2004239280**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.11.2011**

73 Titular/es:  
**TORAY INDUSTRIES, INC.**  
**1-1, NIHONBASHI-MUROMACHI 2-CHOME CHUO-KU**  
**TOKYO 103-8666, JP**

72 Inventor/es:  
**MURAI, Shoji;**  
**HONMA, Masato;**  
**TAKEBE, Yoshiki y**  
**NAKAYAMA, Yoshifumi**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 368 157 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

Fibra de carbono para un procedimiento acuoso y fibra de carbono cortada para un procedimiento acuoso

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a una fibra de carbono excelente en términos de propiedades de convergencia, que la hacen apropiada para cortarla en fibras de carbono cortadas y que permiten manipular las mismas. La fibra de carbono también es excelente en términos de dispersabilidad de los haces de fibras, lo que la hace apropiada para un procedimiento acuoso, tal como un procedimiento de fabricación de papel. En particular, los haces de fibra de carbono muestran una excelente dispersabilidad tras la dispersión en un medio acuoso.

**Técnica antecedente**

10 Un material compuesto, reforzado con fibra de carbono, preparado dispersando las fibras de carbono en una matriz de resina es excelente en términos de su peso ligero, propiedades mecánicas, estabilidad dimensional, conductividad eléctrica, y similares. Por lo tanto, dicho material compuesto se usa en campos muy variados, incluyendo aquellos relacionados con automóviles, aviones, dispositivos eléctricos o electrónicos, aparatos ópticos, aparatos de precisión, juguetes y juegos de entretenimiento, equipos y suministros domésticos o para oficina,  
15 materiales arquitectónicos, y similares. La demanda de dicho material compuesto aumenta cada año.

Como uno de los procedimientos para obtener un sustrato para moldear dicho material compuesto reforzado con fibra de carbono, se emplea un procedimiento (denominado también procedimiento en húmedo) que implica procesar la fibra de carbono en un procedimiento acuoso, tal como un procedimiento de fabricación de papel. Un ejemplo de dicho procedimiento implica dispersar las fibras de carbono cortadas en un medio acuoso, y después unir las fibras de carbono cortadas a una matriz de resina mediante enlace, enmarañado, o sutura.  
20

Adicionalmente, en los últimos años, se ha empleado un procedimiento de fabricación de papel como un procedimiento para obtener un sustrato de electrodo que se usa para una celda de combustible o similares. Por ejemplo, la Publicación de Patente Japonesa (Kokai) N° 5-205750 A (1993) (pág. 1, líneas 8 a 18) desvela un procedimiento que implica formar fibras de carbono cortadas en una hoja, en un procedimiento de fabricación de papel, y después secar la hoja en un horno.  
25

Generalmente, en el caso de un material compuesto reforzado con fibra, cuanto mayor sea la longitud de la fibra, mejores serán las propiedades mecánicas. Particularmente en el caso de dicho material compuesto reforzado con fibra preparado dispersando fibras de refuerzo en una matriz de resina, cuanto mayor sea el grado de dispersión de las fibras de refuerzo en forma de fibras individuales, mayores serán las ventajas en términos de uniformidad de las características y cualidades de aspecto superficial.  
30

En los procedimientos de fabricación de papel, la fibra de carbono se corta en fibras de carbono cortadas por adelantado y, después, las fibras de carbono cortadas se dispersan en un medio de dispersión, seguido de la fabricación de papel. Las propiedades de convergencia son importantes en vista de dicho corte en fibras de carbono cortadas y en vista de la capacidad de manipulación de las fibras de carbono cortadas. Cuando las propiedades de convergencia son malas, la fibra de carbono puede romperse en sitios distintos de los sitios que se van a cortar en el momento del corte en fibras de carbono cortadas, debido a la mala capacidad de manipulación. Dichos casos dan como resultado longitudes de fibra más cortas que una longitud predeterminada. Adicionalmente, la dispersión de fibras en forma de fibras individuales es importante en procedimientos de fabricación de papel, de manera que se requiere una dispersabilidad excelente en un medio acuoso. También para su uso en electrodos, cuanto mejor sea la dispersabilidad, mayores serán las ventajas en términos de conductividad eléctrica.  
35  
40

Por consiguiente, se requiere que la fibra de carbono que se va a aplicar a un procedimiento de fabricación de papel tenga tanto (1) propiedades de convergencia para mantener la forma de la fibra de carbono tras la manipulación, antes del procedimiento de fabricación de papel como (2) excelente dispersabilidad, para una dispersión rápida en forma de fibras individuales, cuando se introduce en un medio acuoso en el procedimiento de fabricación de papel, y para suprimir la cohesión adicional.  
45

En general, para potenciar la capacidad de manipulación de la fibra de carbono, una resina epoxi o similar se ha adherido como un agente de convergencia (agente de encolado) a la fibra de carbono en muchos casos. Las propiedades de convergencia resultantes son de un nivel que es demasiado alto para la aplicación de fibra de carbono a un procedimiento de fabricación de papel, dando como resultado la dispersabilidad inhibida de la fibra de carbono. En vista de dicho problema, la Publicación de Patente Japonesa (Kokai) N° 2003-293264 A (pág. 2, línea 2) propone una fibra de carbono para fabricación de papel, a la que se ha adherido un agente de encolado que comprende un compuesto acuoso, de manera que la proporción del número de átomos de oxígeno al número de átomos de carbono ( $O_{1s}/C_{1s}$ ) en las proximidades de la superficie de la fibra de carbono varía de 0,01 a 0,20.  
50

Sin embargo, la aplicación de solo un agente de encolado que comprende un compuesto acuoso da como resultado una dispersabilidad insuficiente de la fibra de carbono en un medio acuoso. Por lo tanto, puede surgir un problema tal que se forma un haz de fibras no dispersado sobre la superficie tras la formación del sustrato en un procedimiento de fabricación de papel.

5 **Divulgación de la invención**

**Objeto a conseguir por la invención**

En vista de los antecedentes de la tecnología convencional, un objeto de la presente invención es proporcionar fibra de carbono que tiene excelentes propiedades de convergencia y dispersabilidad y, por lo tanto, es apropiada para un procedimiento acuoso.

10 **Medios para conseguir los objetos**

Para resolver el objeto, la presente invención proporciona una fibra de carbono dispersable en agua como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1, 3 y 5. Las realizaciones preferidas se exponen en las reivindicaciones dependientes. Los usos preferidos se definen en las reivindicaciones 16 y 17.

15 Los presentes inventores han descubierto que el objeto anterior puede conseguirse considerando el efecto que se provoca cada vez que difiere la concentración de oxígeno en la superficie (O/C: proporción oxígeno/carbono) de una fibra de carbono. Por lo tanto, los presentes inventores han completado la presente invención.

Específicamente, una fibra de carbono proporcionada de acuerdo con la presente invención se forma por la convergencia de una pluralidad de fibras individuales y es: (1) una fibra de carbono dispersable en agua, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales es 0,03 o mayor, y menor de 0,12, como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA) y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 75° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy; (2) una fibra de carbono dispersable en agua, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) es 0,12 o mayor, y menor de 0,20 y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 65° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy; o (3) una fibra de carbono dispersable en agua, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) es 0,20 o mayor y 0,30 o menor y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 55° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.

30 **Efecto de la invención**

La fibra de carbono dispersable en agua de la presente invención tiene tanto (1) propiedades de convergencia como (2) dispersabilidad, que son propiedades adecuadas para la producción de un sustrato para la fabricación de papel. El sustrato para fabricación de papel obtenido de esta manera, en el que las fibras individuales están dispersadas más uniformemente en comparación con las fibras de carbono convencionales, está libre de defectos, tales como irregularidades en la superficie del sustrato para la fabricación de papel.

**Mejor modo para realizar la invención**

La presente invención se describe además específicamente de la siguiente manera.

40 En la presente invención, a menos que esté limitado particularmente, el término "fibra de carbono" puede referirse a fibras individuales que forman un haz de fibras de carbono, o a dicho haz formado por la convergencia de las fibras individuales.

En la presente invención, el término "propiedades de convergencia" con referencia a una fibra de carbono significa propiedades que permiten mantener la forma de la fibra de carbono en el momento de la manipulación, antes de un procedimiento acuoso, tal como durante el corte de la fibra de carbono.

45 Como uno de los procedimientos para obtener un sustrato para moldear un material compuesto reforzado con fibra de carbono, se emplea un procedimiento que implica procesar una fibra de carbono mediante un procedimiento acuoso (un procedimiento en húmedo). Adicionalmente, en los últimos años, se ha empleado también un procedimiento de fabricación de papel (que es un procedimiento acuoso) como uno de los procedimientos para obtener un sustrato de electrodo que se usa para celdas de combustible o similares.

50 Adicionalmente en la presente invención, el término "dispersabilidad", con referencia a una fibra de carbono, se refiere a una propiedad para dispersar rápidamente la fibra de carbono en forma de fibras individuales cuando las fibras se introducen en un medio acuoso durante un procedimiento acuoso, y suprimir la cohesión adicional. En

particular, la dispersión de la fibra de carbono, en forma de fibras individuales, es importante en procedimientos de fabricación de papel, de manera que se requieren unas propiedades de dispersión excelentes con respecto a un medio acuoso. También para su uso en electrodos, cuanto mayor sea el grado de las propiedades de dispersión, más ventajoso será en términos de conductividad eléctrica.

- 5 Como se ha descrito anteriormente, se requiere que la fibra de carbono tenga tanto excelentes propiedades de convergencia como excelente dispersabilidad en un medio acuoso.

El término "procedimiento acuoso", para el que la fibra de carbono de la presente invención se usa adecuadamente, se refiere a un procedimiento que comprende provocar que la fibra de carbono entre en contacto directo con un medio acuoso, para procesar la fibra en un sustrato o un material de moldeo en una forma seleccionada entre formas  
10 tales como hoja, malla, hebra, tejido, y similares. Un ejemplo preferible de un procedimiento de producción comprende las etapas de: sumergir la fibra de carbono en un medio acuoso; dispersar la fibra de carbono usando un medio mecánico tal como agitación; y reconstruir la fibra de carbono en una forma específica.

Los ejemplos específicos de dicho procedimiento acuoso útil incluyen un procedimiento para producir una malla de tejido no tejido y un sustrato de electrodo usando un procedimiento de fabricación de papel y un procedimiento para  
15 producir un pre-impregnado termoplástico usando un procedimiento de impregnación en polvo.

En el presente documento, el término "papel" se refiere una tela preparada dispersando y depositando las fibras para formar un producto tipo hoja (banda) con un espesor y estabilidad de forma específicos.

La fibra de carbono dispersable en agua de la presente invención está representada por los siguientes aspectos (1) a (3).

20 De acuerdo con el primer aspecto relacionado con la fibra de carbono dispersable en agua de la presente invención, se hace converger una pluralidad de fibras individuales, siendo la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales de 0,03 o mayor y menor de 0,12, como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, y la fibra de carbono forma un primer ángulo de contacto con el  
25 agua de 75° o menor, preferentemente 72° o menor, y más preferentemente 70° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.

Un primer ángulo de contacto mayor de 75° puede dar como resultado una dispersabilidad insuficiente de la fibra de carbono en un medio acuoso o cohesión secundaria de las fibras dispersadas. Adicionalmente, el límite inferior del primer ángulo de contacto no está particularmente limitado. El intervalo preferible del primer ángulo de contacto es  
30 10° o mayor, por ejemplo.

Adicionalmente, en vista de la mejora de la dispersabilidad en un medio acuoso, que es un objeto de la presente invención, la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales preferentemente varía de 30 mJ/m<sup>2</sup> a 50 mJ/m<sup>2</sup>, y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie preferentemente varía de 10 mJ/m<sup>2</sup>  
35 a 20 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. La energía libre de la superficie  $\gamma_0$ , más preferentemente, varía de 35 mJ/m<sup>2</sup> a 45 mJ/m<sup>2</sup>, y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie más preferentemente varía de 12 mJ/m<sup>2</sup> a 18 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. Adicionalmente, la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es preferentemente  $\gamma_0$  o menor.

De acuerdo con el segundo aspecto relacionado con la fibra de carbono dispersable en agua de la presente invención, se hace converger una pluralidad de fibras individuales, la concentración de oxígeno en la superficie (O/C)  
40 de cada una de las fibras individuales es 0,12 o mayor, y menor de 0,20 como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, y la fibra de carbono forma un primer ángulo de contacto con agua de 65° o menor, preferentemente 62° o menor, y más preferentemente de 60° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.

45 Un primer ángulo de contacto mayor de 65° puede dar como resultado una dispersabilidad insuficiente de la fibra de carbono en un medio acuoso, o cohesión secundaria de las fibras dispersadas. Adicionalmente, el límite inferior del primer ángulo de contacto no está particularmente limitado. El intervalo preferible del primer ángulo de contacto es de 10° o mayor, por ejemplo.

Adicionalmente, en vista de la mejora de la dispersabilidad en un medio acuoso, que es el objeto de la presente invención, la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales preferentemente varía de 40 mJ/m<sup>2</sup> a 60 mJ/m<sup>2</sup> y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie preferentemente varía de 20 mJ/m<sup>2</sup> a 30 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. La energía libre de la superficie  $\gamma_0$  más preferentemente  
50 varía de 45 mJ/m<sup>2</sup> a 55 mJ/m<sup>2</sup> y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie más preferentemente varía de 22 mJ/m<sup>2</sup> a 28 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. Adicionalmente, la energía libre de

la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es preferentemente  $\gamma_0$  o menor.

De acuerdo con el tercer aspecto relacionado con la fibra de carbono dispersable en agua de la presente invención, se hace converger una pluralidad de fibras individuales, la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales es 0,20 o mayor y 0,30 o menor como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), el agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal, se ha adherido a las fibras individuales, y la fibra de carbono forma un primer ángulo de contacto con agua de 55° o menor, preferentemente 52° o menor, y más preferentemente 50° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.

Un primer ángulo de contacto mayor de 55° puede dar como resultado una dispersabilidad insuficiente de la fibra de carbono en un medio acuoso, o cohesión secundaria de fibras dispersadas. Adicionalmente, el límite inferior del primer ángulo de contacto no está particularmente limitado. El intervalo preferible del primer ángulo de contacto es 10° o mayor, por ejemplo.

Adicionalmente, en vista de la mejora en la dispersabilidad en medio acuoso, que es el objeto de la presente invención, la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales preferentemente varía de 50 mJ/m<sup>2</sup> a 70 mJ/m<sup>2</sup> y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie preferentemente varía de 30 mJ/m<sup>2</sup> a 40 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. La energía libre de la superficie  $\gamma_0$  más preferentemente varía de 55 mJ/m<sup>2</sup> a 65 mJ/m<sup>2</sup> y el componente polar  $\gamma_{0P}$  de la energía libre de la superficie más preferentemente varía de 32 mJ/m<sup>2</sup> a 38 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy. Adicionalmente, la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es preferentemente  $\gamma_0$  o menor.

Como la fibra de carbono a usar en la presente invención, pueden usarse fibras de carbono basadas en PAN, basadas en brea, y basadas en rayón, y similares, que tienen una alta resistencia y altos módulos de elasticidad. En vista del equilibrio entre la resistencia y el módulo de elasticidad resultantes, particularmente una fibra de carbono basada en PAN es más preferible. En vista de las propiedades mecánicas de una pieza moldeada, una fibra de carbono que puede usarse en el presente documento tiene un módulo de tracción de elasticidad que preferentemente varía de 200 GPa a 800 GPa y, más preferentemente, varía de 220 GPa a 800 GPa.

El diámetro medio de la fibra de carbono no está particularmente limitado. Sin embargo, en vista de las propiedades mecánicas de la pieza moldeada obtenida, dicho diámetro preferentemente varía de 1  $\mu$ m a 20  $\mu$ m y, más preferentemente, varía de 3  $\mu$ m a 15  $\mu$ m.

El número de fibras individuales que tienen que converger para formar la fibra de carbono de la presente invención no está particularmente limitado.

El número de dichas fibras individuales que pueden usarse en el presente documento varía de 100 a 350.000. En vista del equilibrio entre dispersabilidad y productividad de la fibra de carbono, y en vista del equilibrio entre dispersabilidad y capacidad de manipulación, el número de fibras individuales que tienen que converger preferentemente varía de 10.000 a 60.000 y, más preferentemente, varía de 20.000 a 50.000.

La fibra de carbono para su uso en la presente invención puede someterse a un tratamiento de oxidación de la superficie, en fase líquida o en fase vapor, por adelantado. Como un procedimiento para el tratamiento de oxidación de la superficie, un procedimiento que implica someter la fibra de carbono como un ánodo a un tratamiento de oxidación en una solución acuosa electrolítica es preferible debido a sus ventajas, incluyendo su comodidad y el hecho de que raramente experimenta una disminución de resistencia. Una solución para el tratamiento electrolítico no está particularmente limitada, y puede ser una solución de ácido sulfúrico o una solución de carbonato de amonio, por ejemplo. En el presente documento, para minimizar el daño a la fibra de carbono, un ejemplo apropiado de electricidad para tratamiento electrolítico varía de 0 (sin tratamiento) a 100 culombios por gramo de fibra de carbono.

En cada aspecto relacionado con la fibra de carbono de la presente invención, la concentración de oxígeno en la superficie puede ajustarse principalmente con la electricidad (para el tratamiento electrolítico) empleada para el tratamiento de oxidación de la superficie. En el presente documento, una menor electricidad para el tratamiento electrolítico puede conducir a menores grados de interacción entre las fibras individuales de carbono. Específicamente, una concentración de oxígeno en la superficie O/C de la fibra de carbono que varía de 0 a 0,1 se emplea preferentemente para su uso en electrodos. Sin embargo, dependiendo del fin de una pieza moldeada o un producto resultante, se requiere una mayor electricidad (para el tratamiento electrolítico) para el tratamiento de la superficie para potenciar la interacción con una matriz. Específicamente, una concentración de oxígeno en la superficie O/C de la fibra de carbono que varía de 0,1 a 0,3 se emplea preferentemente. Por consiguiente, cuando la fibra de carbono de la presente invención tiene una concentración de oxígeno diferente en la superficie (O/C), ambas propiedades de convergencia y dispersabilidad pueden conseguirse como se pretende en la presente invención, teniendo en cuenta el efecto resultante de dicha diferencia.

Dicha concentración de oxígeno en la superficie de la fibra de carbono puede determinarse por fotoelectroscopía de

rayos X. Un procedimiento específico para fotoelectroscopía de rayos X se ejemplifica en los ejemplos. Como una forma de la sección transversal de la fibra de carbono a usar en la presente invención, puede usarse una forma perfectamente circular, una forma plana, una forma irregular, o similares. Adicionalmente, en vista de la dispersabilidad, se usa preferentemente una sección transversal irregular. En vista de la productividad, se usa preferentemente una sección transversal perfectamente circular. Además, la fibra de carbono puede tener también irregularidades (subidas y bajadas) en su superficie. El grado de dicha irregularidad puede confirmarse usando como una concentración una rugosidad media aritmética (Ra) medida usando un MFA (microscopio de fuerza atómica). Para mejorar adicionalmente la dispersabilidad, Ra es preferentemente de 20 nm o mayor y, más preferentemente, de 25 nm o mayor.

La fibra de carbono de la presente invención consigue una excelente dispersabilidad mediante la adhesión de un agente de encolado que contiene un tensioactivo como un componente principal en una cantidad que es un 70% en peso mayor. Adicionalmente, en el caso de fibra de carbono que tiene una concentración de oxígeno en la superficie diferente, el objeto de la presente invención puede conseguirse mediante la adhesión de un tensioactivo apropiado para cada condición y forma de superficie.

Un tensioactivo que se ha adherido a la superficie de la fibra de carbono mejora la capacidad de humectación con respecto a un medio acuoso, y suprime la cohesión secundaria de las fibras de carbono en dicho medio acuoso. Al mismo tiempo, cuando se mejoran las propiedades de convergencia de fibra de carbono, los fallos de dispersión de fibra pueden suprimirse.

En vista de la mejora en la dispersabilidad, un tensioactivo no iónico con un valor de HLB (Equilibrio Hidrófilo-Lipófilo) que varía de 10 a 20 y, más preferentemente, que varía de 11 a 19 se usa preferentemente como un tensioactivo para su uso para la fibra de carbono de la presente invención.

En el presente documento, puede obtenerse un valor de HLB calculando un peso molecular promedio en número Mn y un peso fórmula Mn1 de una porción de grupo hidrófilo basada en la fórmula estructural de un solo compuesto y, usando después la siguiente fórmula.

$$HLB=20 \times Mn1/Mn$$

Adicionalmente, un medio más preferible para la expresión estable de la excelente dispersabilidad de la fibra de carbono de la presente invención implica el uso combinado de un tensioactivo (a) con un valor de HLB que varía de 10 a 14 y un tensioactivo (b) con un valor de HLB que varía de 14 a 20. Un medio preferible adicional para esto mismo implica el uso combinado de un tensioactivo (a) con un valor de HLB que varía de 10 a 13 y un tensioactivo (b) con un valor de HLB que varía de 15 a 19. La proporción de mezcla de (a) a (b) a usar en el presente documento preferentemente varía de 1:1 a 9:1 en vista del equilibrio entre la dispersabilidad y las propiedades de convergencia.

En vista de la mejora de afinidad de la fibra de carbono de la presente invención por un medio acuoso, un tensioactivo preferentemente contiene un grupo polioxialquilenos con un peso fórmula que varía de 600 a 4000 y, más preferentemente, que varía de 700 a 3000. En el presente documento, un grupo polioxialquilenos es un esqueleto compuesto por la repetición independiente de óxido de alquilenos C2-4 o un esqueleto de polioxialquilenos formado por copolimerización de óxido de alquilenos C2-4. Los ejemplos específicos preferibles de dicho esqueleto incluyen un esqueleto de óxido de polietileno y un esqueleto de óxido de polipropileno. Además, cuando un tensioactivo contiene una pluralidad de grupos polioxialquilenos, el peso fórmula del mismo puede calcularse a partir de la cantidad total de los grupos.

Adicionalmente, en vista de la afinidad por la fibra de carbono de la presente invención, un tensioactivo a usar para dicha fibra de carbono preferentemente tiene una porción hidrófoba compuesta por un hidrocarburo con un número de carbonos de 6 o mayor, más preferentemente de 8 o mayor, y particularmente preferentemente de 10 o mayor.

Además, para la selección de un tensioactivo es preferible considerar la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de la fibra de carbono a usar. Específicamente, en los casos de una O/C de 0,03 o mayor, y menor de 0,12, es preferible usar un tensioactivo que tenga una porción hidrófoba compuesta por un grupo alquilo de cadena larga, por ejemplo. En los casos de una O/C de 0,12 o mayor, y menor de 0,20, es preferible usar un tensioactivo que tenga una porción hidrófoba con una estructura de anillo aromático o un hidrocarburo con un esqueleto de anillo, por ejemplo. En los casos de una O/C de 0,20 o mayor y 0,30 o menor, es preferible usar adicionalmente tensioactivos anfóteros en combinación, por ejemplo. Sin embargo, los ejemplos pertinentes no se limitan a lo anterior.

Un agente de encolado a usar en la presente invención está comprendido por el tensioactivo anterior como un componente principal en una cantidad que es del 70% en peso o mayor, preferentemente del 90% en peso o mayor, y más preferentemente del 95% en peso o mayor.

Adicionalmente, en vista del equilibrio entre las propiedades de convergencia y la dispersabilidad, la cantidad de un agente de encolado que se adhiere a la fibra de carbono preferentemente varía del 0,01% en peso al 10% en peso,

más preferentemente varía del 0,1% en peso al 5% en peso, y más preferentemente varía del 1% en peso al 3% en peso.

Además, un agente de encolado puede contener también componentes conocidos de un agente de encolado, tales como un agente antiespumante, un emulsionante, una resina epoxi, una resina de uretano, una resina acrílica, y diversas resinas termoplásticas, siempre y cuando dichos componentes no dañen el objeto de la presente invención.

Los ejemplos de un procedimiento para provocar la adhesión de un agente de encolado no son están particularmente limitados, e incluyen un procedimiento que implica preparar una solución de un agente de encolado, sumergir la fibra de carbono en la solución, o gotear o pulverizar la solución sobre la fibra de carbono, y después secar y retirar el disolvente, y similares.

Adicionalmente, los ejemplos de un procedimiento para retirar un agente de encolado no están particularmente limitados, e incluyen un procedimiento que implica lavar un agente de encolado con un disolvente en el que el agente de encolado puede disolverse y un procedimiento que implica provocar que un agente de encolado desaparezca por descomposición térmica. Las técnicas específicas para ello se ejemplifican en los siguientes ejemplos.

En la fibra de carbono de acuerdo con cada aspecto de la presente invención, un primer ángulo de contacto formado con agua, medido por el procedimiento de Wilhelmy, puede estar dentro de un intervalo específico por adhesión de un agente de encolado que contiene un tensioactivo como un componente principal. El "Journal of the Surface Science" (vol. 21, N° 10, pág. 643-650 (2000)) desvela el procedimiento de Wilhelmy, que implica introducir un sustrato fino en un líquido, medir la fuerza F que se aplica al sustrato, y después calcular el ángulo de contacto. Las técnicas específicas para ello se ejemplifican en los siguientes ejemplos.

Además, un cambio en la energía libre de la superficie, que tiene lugar después de la adhesión de un agente de encolado, puede evaluarse comparando la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del agente de encolado con  $\gamma_0$ .

Adicionalmente, la energía libre de la superficie medida por el procedimiento de Wilhelmy puede obtenerse basándose en cada ángulo de contacto medido por el procedimiento de Wilhelmy usando la ecuación de Owens-Wendt para una aproximación. Respecto a la ecuación de Owens-Wendt para una aproximación, el "Journal of Applied Polymer Science" (vol. 13, pág. 1741-1747 (1969)) desvela el siguiente procedimiento de cálculo.

Específicamente, los ángulos de contacto  $\theta$  de al menos 2 tipos de líquidos, la tensión superficial  $\gamma_1$  (valor específico) de cada líquido, el componente polar de la tensión superficial  $\gamma_{1p}$  (valor específico); y el componente no polar de la tensión superficial  $\gamma_{1d}$  (valor específico) están asignados en la siguiente ecuación. Se establece una ecuación lineal binaria para el componente polar  $\gamma_{sd}$  y el componente no polar  $\gamma_{sp}$  de la energía libre de la superficie de una muestra.

$$\gamma_1 (1 + \cos\theta) = 2(\gamma_{sd} \cdot \gamma_{1d})^{0.5} + 2(\gamma_{sp} \cdot \gamma_{1p})^{0.5}$$

siendo  $\gamma_{sd}$  y  $\gamma_{sp}$  la energía libre de la superficie de la invención y puede obtenerse el componente polar  $\gamma_{0p}$ - $\gamma_{sd}$  de la energía libre de la superficie.

Una forma preferible de la fibra de carbono de la presente invención es: troceado de la fibra de carbono que se prepara cortando una hebra (una fibra continua) en trozos de una longitud predeterminada cuando se usa para un procedimiento de fabricación de papel. Dicha forma de hebra se usa preferentemente cuando la fibra de carbono se usa para un procedimiento de impregnación en polvo. La longitud de la fibra L de una fibra de carbono cortada no está particularmente limitada. Puede usarse una fibra de carbono cortada con una longitud de la fibra que varía de 3 mm a 30 mm. Además, en vista de la dispersabilidad de la fibra de carbono, la siguiente fórmula que representa la relación entre la longitud de la fibra L (mm) y la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de la fibra de carbono se satisface preferentemente.

$$L \leq -0.55 \times \gamma_0 + 45$$

Más preferentemente, se satisface la siguiente fórmula que representa la relación entre las mismas.

$$L \leq -0.55 \times \gamma_0 + 40$$

Aún más preferentemente, se satisface la siguiente fórmula que representa la relación entre las mismas.

$$L \leq -0.55 \times \gamma_0 + 32$$

Adicionalmente, el tiempo de dispersión de la fibra (el tiempo requerido para que la fibra de carbono cortada obtenida de esta manera se disperse) puede medirse por el siguiente procedimiento para evaluar la dispersabilidad en agua. El tiempo de dispersión se evalúa con este procedimiento preparando aproximadamente 2000 cc de agua (agua purificada) en un recipiente transparente, con una capacidad de 3 litros o mayor, y midiendo después el tiempo más

largo requerido para que aproximadamente 0,01 g de fibra de carbono cortada (muestra) se dispersen en agua. En este momento, el agua como un medio se agita a aproximadamente 20 rpm y se permite que la muestra flote sobre la superficie del agua. Después de permitir que la muestra flote sobre la superficie, el tiempo durante el que la fibra de carbono puede dispersarse hasta el nivel de una sola fibra mientras se hunde bajo el agua se mide usando un cronómetro. En ese momento, cuando la fibra de carbono puede dispersarse hasta un nivel tal que cada haz de fibras de carbono consiste en menos de 10 fibras individuales. Puede concluirse que se ha conseguido una dispersión exitosa al nivel de una sola fibra. Las técnicas específicas para ello se ejemplifican en los siguientes ejemplos.

El tiempo de dispersión de las fibras de carbono cortadas de la presente invención es preferentemente 40 segundos o menor, más preferentemente 35 segundos o menor, y aún más preferentemente 30 segundos o menor.

La fibra de carbono obtenida de acuerdo con la presente invención puede usarse adecuadamente para una resina reforzada con fibra mediante la mezcla con una matriz de resina. Además, la fibra de carbono tiene conductividad eléctrica, por lo que puede usarse adecuadamente para sustratos de electrodo, elementos de calentamiento planos, hojas eliminadoras estáticas, y similares.

## Ejemplos

La presente invención se describirá con más detalle mediante los siguientes ejemplos, que no pretenden limitar la invención.

[Determinación de características]

Las técnicas para determinar las diversas características de la fibra de carbono de la presente invención explicadas anteriormente son las siguientes.

(1) Concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de la fibra de carbono

La concentración de oxígeno en la superficie (O/C) se obtuvo por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X de acuerdo con los siguientes procedimientos. Se cortaron fibras de carbono individuales (muestras) a una longitud apropiada, y después se dispersaron en un soporte inoxidable para muestras. El ángulo de escape de fotoelectrones se ajustó a 90° y se usó  $MgK_{\alpha 1,2}$  como la fuente de rayos X. El interior de la cámara de muestra se mantuvo a un grado de vacío de  $1 \times 10^{-8}$  Torr. Como compensación por los picos que acompañan a la carga electrostática durante la medición, el valor de la energía de unión del pico principal  $C_{1s}$  se adaptó a 284,6 eV. El área del pico  $C_{1s}$  se obtuvo proporcionando una medida inicial lineal en el intervalo entre 282 eV y 296 eV. El área de pico  $O_{1s}$  se obtuvo proporcionando una medida inicial lineal en el intervalo entre 528 eV y 540 eV. La concentración de oxígeno en la superficie O/C se representó mediante una proporción atómica calculada dividiendo la proporción del área de pico  $O_{1s}$  anterior por el área de pico  $C_{1s}$  anterior por el factor de sensibilidad relativo (valor de corrección de sensibilidad) único para el aparato usado. En este ejemplo, se usó un ESCA-750 (producido por Shimadzu Corporation) como un aparato de espectroscopía de fotoelectrones de rayos X, y el factor de sensibilidad relativo (valor de corrección de sensibilidad) único del aparato era de 2,85.

(2) Rugosidad media aritmética (Ra) de la fibra de carbono

Ra se determinó por los siguientes procedimientos. Se cortaron fibras de carbono individuales para usar como muestras a una longitud de aproximadamente varios milímetros. Cada fibra individual cortada se fijó sobre un sustrato (oblea de silicio) usando pasta de plata y después se obtuvo una imagen tridimensional de la forma de la superficie de la parte central de la fibra usando un microscopio de fuerza atómica (MFA). Para las imágenes obtenidas por observación de una parte por fibra individual, la redondez de cada sección de fibra era aproximadamente una curva cúbica. La rugosidad media aritmética se calculó para cada una de las imágenes completas obtenidas de esta manera. Para 5 fibras individuales, la rugosidad media aritmética se obtuvo análogamente y los resultados se promediaron, obteniendo de esta manera una rugosidad media aritmética Ra para cada ejemplo de la presente invención. Adicionalmente, en los ejemplos, se usó un NanoScope IIIa (producido por Digital Instruments) como un microscopio de fuerza atómica y la determinación se realizó en las siguientes condiciones usando un sistema Dimension 3000 stage.

Modo de exploración: modo pulsátil

Sonda: voladizo de silicio

• Intervalo de exploración: 0,6  $\mu\text{m}$  x 0,6  $\mu\text{m}$

• Velocidad de exploración: 0,3 Hz

• Número de píxeles: 512 X 512

- Entorno de medición: temperatura ambiente del aire

### (3) Cantidad de agente de encolado que se ha adherido

Aproximadamente 5 g de fibra de carbono, a la que se había adherido un agente de encolado, se recogieron como una muestra y después se introdujeron en un recipiente termoestable. Después, el recipiente se secó a 120 °C durante 3 horas. El recipiente se enfrió en un desecador a temperatura ambiente mientras se prestaba atención a no provocar la absorción de humedad. La muestra se pesó y el peso se designó como  $W_1$  (g). Posteriormente, la muestra en el recipiente se calentó en una atmósfera de nitrógeno a 450 °C durante 15 minutos. La muestra se enfrió análogamente en un desecador a temperatura ambiente mientras se prestaba atención a no provocar absorción de humedad. La muestra se pesó y el peso se designó  $W_2$  (g). Después del tratamiento anterior, la cantidad del agente de encolado que se había adherido a la muestra de fibra de carbono se obtuvo mediante la siguiente fórmula.

Adicionalmente, en los ejemplos de la presente invención, la cantidad de agente de encolado que se había adherido se determinó en tres casos, y el valor medio de los mismos se empleó como la cantidad del agente de encolado que se había adherido. Cantidad de agente de encolado que se había adherido (% en peso) =  $100 \times \{(W_1 - W_2) / W_2\}$

### (4) Procedimiento para retirar el agente de encolado

Los siguientes procedimientos (a) a (c) se repitieron dos veces, retirando de esta manera el agente de encolado de cada fibra de carbono. (a) Aproximadamente 1 g de fibra de carbono a usar como una muestra se introdujo en un recipiente que contenía 100 cc de un disolvente en el que un agente de encolado, tal como acetona, puede disolverse y después someterse a 60 minutos de lavado ultrasónico. (b) La muestra de fibra de carbono se retiró del recipiente. La muestra de fibra de carbono se lavó totalmente en tres o más casos separados, usando un frasco de lavado y 50 cc de acetona, (c) Adicionalmente, la muestra de fibra de carbono se lavó totalmente en tres o más casos separados usando un frasco de lavado y 100 cc de agua destilada. Después de la retirada del agente de encolado, la muestra se secó a 120 °C durante 3 horas.

### (5) Ángulo de contacto formado por la fibra de carbono y el agua

Cada ángulo de contacto entre cada fibra de carbono y agua, se midió por el procedimiento de Wilhelmy, de acuerdo con los siguientes procedimientos. Además, en los ejemplos de la presente invención, DCAT11 (producido por DataPhysics) se usó como un aparato para medir dicho ángulo de contacto y FH12 (una placa, cuya superficie se ha revestido con una sustancia adhesiva) se usó como un soporte solo para muestras. Las fibras de carbono individuales, a usar como muestras, se cortaron para obtener 8 fibras individuales con una longitud de 12 mm. Las fibras individuales cortadas se fijaron en un soporte FH12 (solo para muestras) en paralelo con espacios de 2 mm a 3 mm entre las fibras individuales. Después, las puntas de las fibras individuales se cortaron a la misma longitud y después el soporte se ajustó a DCAT11. Para la medición, cada celda que contiene un medio líquido, además de agua purificada, se movió acercándose a una velocidad de 0,2 mm/s a cada uno de los extremos inferiores de 8 fibras individuales, de manera que la punta de cada fibra individual se sumergió 5 mm desde la punta. Las fibras individuales se retiraron a una velocidad de 0,2 mm/s. Este procedimiento se repitió 4 veces o más. La fuerza  $F$  que se aplicó a cada fibra individual mientras la fibra se sumergía en una solución acuosa (es decir, mientras la fibra se movía hacia abajo) se midió usando una balanza electrónica. El ángulo de contacto  $\theta$  se calculó mediante la siguiente fórmula, usando el valor medido de esta manera.

$$\text{COS } \theta = (\text{fuerza } F \text{ (mN) aplicada a 8 fibras individuales}) / (8 \text{ (el número de fibras individuales)} \times \text{circunferencia (m) de una fibra individual} \times \text{tensión superficial del líquido (mJ/m}^2))$$

En el cálculo del ángulo de contacto  $\theta$ , generalmente se usa un valor medio (ángulo de contacto) obtenido en 1 a 4 casos de la medición anterior. En los ejemplos de la presente invención, el ángulo de contacto particular obtenido por dicha primera medición se obtuvo como el primer ángulo de contacto por un cálculo separado. Esto se debe a que puede obtenerse un resultado más preciso mediante el cálculo del primer ángulo de contacto, puesto que los componentes que se adhieren excesivamente se eluyen en un líquido cuando un componente con alta solubilidad en un medio líquido, tal como agua purificada, se ha adherido. Además, la medición se realizó para fibras individuales muestreadas de 3 posiciones diferentes de un haz de fibras de carbono. Específicamente, el valor medio de los ángulos de contacto se obtuvo usando un total de 24 fibras individuales por muestra de ensayo de haz de fibras de carbono.

### (6) Energía libre de la superficie de una fibra de carbono

De acuerdo con procedimientos similares a aquellos para el ángulo de contacto anterior, la energía libre de la superficie de una fibra de carbono se obtuvo de la siguiente manera. Cada ángulo de contacto entre fibras individuales de fibra de carbono y cada medio líquido (agua, etilenglicol, o fosfato de tricresol) se midió y se calculó por el procedimiento de Wilhelmy. En base al valor numérico obtenido de esta manera, la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  y el componente polar  $\gamma_{OP}$  de la energía libre de la superficie se calcularon usando la siguiente ecuación

de Owens para una aproximación. Además, la energía libre de la superficie se calculó usando la fibra de carbono obtenida por el procedimiento (4) anterior para retirar un agente de encolado de la fibra de carbono y se designó como  $\gamma_1$ .

5 La ecuación de Owens para una aproximación (compuesta por: componente polar de la tensión superficial específico para cada líquido; componente no polar de la tensión superficial específico para cada líquido; y ángulo de contacto  $\theta$ ) se obtuvo elevando al cuadrado el gradiente "a" y la sección "b" cuando el componente de la tensión superficial (valor específico para cada medio) de cada medio líquido y un ángulo de contacto pertinente se asignaron y representaron en X e Y, y después se realizó una aproximación colineal por el procedimiento de mínimos cuadrados.

$$10 \quad Y = a \cdot X + b$$

$X = \sqrt{\text{(componente polar de la tensión superficial (mJ/m}^2\text{) del líquido)}} / \sqrt{\text{(componente no polar de la tensión superficial (mJ/m}^2\text{) del líquido)}}$

$$15 \quad Y = (1 + \cos \theta) \cdot \text{(tensión superficial del líquido (mJ/m}^2\text{))} / 2 \sqrt{\text{(componente no polar de la tensión superficial (mJ/m}^2\text{) del líquido)}}$$

$$\gamma_{0P} \text{ (mJ/m}^2\text{)} = a^2$$

$$20 \quad \gamma_0 \text{ (mJ/m}^2\text{)} = a^2 + b^2$$

El componente polar y no polar de la tensión superficial de cada medio líquido usado en el presente documento tenía los siguientes valores específicos.

- Agua purificada (AP):

Tensión superficial: 72,8 mJ/m<sup>2</sup>; componente polar: 51,0 mJ/m<sup>2</sup>; y componente no polar: 21,8 mJ/m<sup>2</sup>

- 25 • Etilenglicol (EG):

Tensión superficial: 48,0 mJ/m<sup>2</sup>; componente polar: 19,0 mJ/m<sup>2</sup>; y componente no polar: 29,0 mJ/m<sup>2</sup>

- Fosfato de tricresol (FT):

Tensión superficial: 40,9 mJ/m<sup>2</sup>; componente polar: 1,7 mJ/m<sup>2</sup>; y componente no polar 39,2 mJ/m<sup>2</sup>

(7) Ensayo para evaluar la dispersabilidad en agua

30 Un haz de fibras de carbono se cortó a una longitud de aproximadamente 6,4 mm. La fibra de carbono cortada resultante se usó como una muestra para evaluación. En primer lugar, se prepararon aproximadamente 2000 cc de agua en un recipiente cilíndrico transparente, con un diámetro de aproximadamente 150 mm y una altura de aproximadamente 300 mm.

35 Aproximadamente 0,01 g de fibra de carbono cortada a usar como una muestra se introdujo en el recipiente anterior y después se dejó reposar a temperatura ambiente durante 10 segundos. La muestra se agitó usando una barra agitadora de Teflon (marca comercial) (50 mm de longitud en total, 8 mm de diámetro, tipo convencional) a 200 rpm durante 20 segundos. La muestra agitada (solución) se vertió en un embudo Buchner (90 mm de diámetro) provisto de un filtro de papel, para filtrar la muestra de fibra de carbono cortada. El residuo sobre el filtro se observó al microscopio. Se determinó el número de haces de fibra de carbono, cada uno de los cuales consistía en 10 o más  
40 fibras individuales; es decir, se determinó el número de haces de fibra de carbono (denominados haces de fibras no dispersados) para los que la dispersión ha sido insuficiente. En los ejemplos de la presente invención, el recuento se realizó en 20 casos por procedimientos similares a los anteriores, dividiendo el número total de haces de fibras no dispersados por 20 (número de muestras), y después el valor medio obtenido de esta manera se evaluó con la siguiente evaluación de 4-grados: "OO" y "O" significan "pasa", y "A" y "X" significan "falla".

OO: menos de 1 haz de fibras no dispersado

O: 1 o más, y menos de 5 haces de fibras no dispersados

A: 5 o más, y menos de 10 haces de fibras no dispersados

X: 10 o más haces de fibras no dispersados

5 Adicionalmente, el tiempo de dispersión de la fibra se evaluó de acuerdo con el siguiente procedimiento.

Aproximadamente 0,01 g de fibra de carbono cortada a usar como una muestra se dejó flotando sobre la superficie del agua del recipiente anterior. Al mismo tiempo, la muestra se agitó continuamente usando una barra agitadora de Teflon (marca comercial) (50 mm de longitud en total, 8 mm de diámetro, tipo convencional) a 20 rpm. Los cambios con el tiempo durante el que la muestra de fibra de carbono cortada se hundía por debajo del agua se evaluaron visualmente. Respecto a las normas de evaluación, se midió el tiempo (segundos) requerido para que el la haz de fibras de carbono quedara suficientemente dispersado en agua. Se determinó que la dispersión de las fibras había progresado a un grado suficiente cuando una fibra de carbono se había dispersado en haces, cada uno de los cuales consistía en menos de 10 fibras individuales. En los ejemplos de la presente invención, se realizaron procedimientos similares a los procedimientos anteriores en 20 casos, y el tiempo de dispersión se obtuvo dividiendo la suma de tiempos requeridos para que las fibras se dispersaran por 20, para obtener un valor medio (tiempo de dispersión). Cuanto menor sea el tiempo de dispersión, mejor será la dispersabilidad. Adicionalmente, cuando la dispersión era insuficiente incluso después de 300 segundos, la medición se detuvo.

(8) Evaluación de las propiedades de convergencia

Un haz de fibras de carbono se cortó a una longitud predeterminada. Las hebras de fibra de carbono cortada de esta manera se usaron como muestras para su evaluación. Se recogieron aproximadamente 70 g (valor pesado: M (g)) de fibra de carbono cortada y después se introdujeron en un cilindro de medición de vidrio de 500 ml (aproximadamente 50 mm de diámetro y aproximadamente 350 mm de altura). Después, el cilindro de medición se sometió a 60 casos de tratamiento de golpeteo sobre una hoja de caucho con un espesor de 4 mm, desde una altura de 2,54 cm. Se leyó el volumen de hebra cortada V (ml) dentro del cilindro de medición. Después del tratamiento, la densidad volumétrica compactada se obtuvo mediante la siguiente fórmula.

D: densidad volumétrica compactada  $D = M/V$

En los ejemplos de la presente invención, la medición se realizó en 3 casos usando procedimientos similares a los anteriores, y después las densidades volumétricas compactadas se dividieron por el número de mediciones realizadas para calcular una densidad volumétrica media. Cuanto mayor sea la densidad volumétrica, mejores serán las propiedades de convergencia. Adicionalmente, las propiedades de convergencia se evaluaron convenientemente con la siguiente evaluación de 2 grados: "O" significa "pasa" y "X" significa "falla".

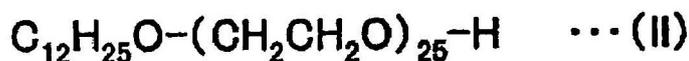
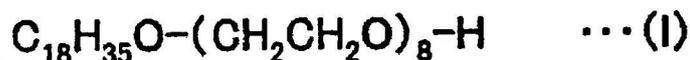
O: densidad volumétrica media de 0,3 o mayor. Utilizable sin problemas

X: densidad volumétrica media de menos de 0,3. El uso está limitado en términos de propiedades de convergencia.

35 **[Preparación de tensioactivo]**

**(Ejemplo de referencia 1)**

Se mezclaron 80 partes en peso de polioxietilenoil éter (peso molecular promedio en número de 600 y HLB de 11,3) representado por la siguiente fórmula química (I), y 20 partes en peso de polioxietilenoalquil éter (peso molecular promedio en número de 1300 y HLB de 17) representado por la siguiente fórmula química (II), para obtener un tensioactivo (A). Se preparó una solución acuosa del tensioactivo (A) a una concentración del 20% en peso.

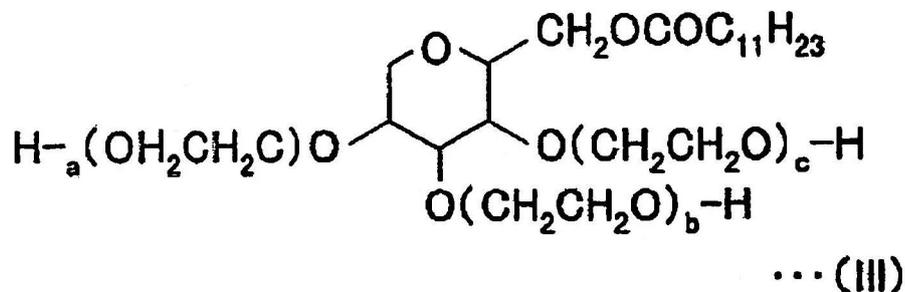


45 **(Ejemplo de referencia 2)**

Se preparó un tensioactivo de polioxietilenoiléter (B) (peso molecular promedio en número de 600 y HLB de 11,3) representado por la fórmula química anterior (I) a una concentración del 2% en peso.

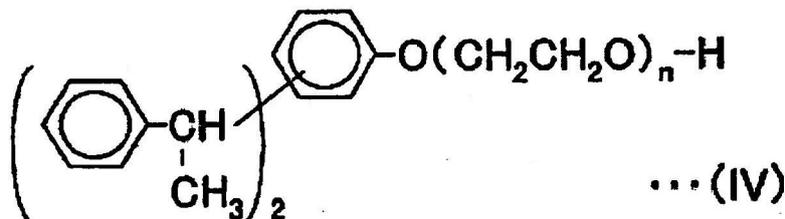
**(Ejemplo de referencia 3)**

Se preparó una solución acuosa de un tensioactivo de polioxietilensorbitano (C) (peso molecular promedio en número de 1100 y HLB de 13,3) representado por la siguiente fórmula química (III) (en el presente documento, a+b+c = 13 en la fórmula) a una concentración del 2% en peso.



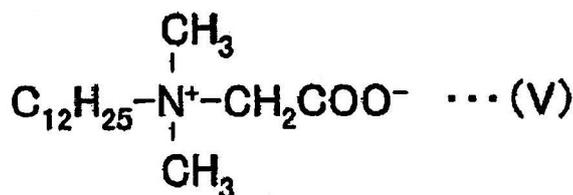
**(Ejemplo de referencia 4)**

Se preparó una solución acuosa de tensioactivo (D) (peso molecular promedio en número de 4000 y HLB de 18,0) representado por la siguiente fórmula química (IV) (en la que "n" en la fórmula es aproximadamente 60) a una concentración del 3% en peso.



**(Ejemplo de referencia 5)**

Se preparó una solución acuosa de un tensioactivo anfótero (E) (peso molecular promedio en número de 271) representado por la siguiente fórmula química (V) a una concentración del 3% en peso.



[Preparación de haces de fibra de carbono continuos]

**(Ejemplo de referencia 6)**

30 Se realizaron centrifugación y secado en horno para un copolímero que contiene poliacrilonitrilo como un componente principal. De esta manera, se obtuvo un haz de fibras de carbono continuo (F-1) con un número total de filamentos de 24.000. Las características del haz de fibras de carbono continuo eran las siguientes.

Masa por unidad de longitud	1,7 g/m
Densidad relativa	1,8 g/cm <sup>3</sup>
35 Resistencia a tracción	4,0 GPa
Módulo de tracción de elasticidad	235 GPa
Rugosidad media aritmética (Ra)	3 nm

**(Ejemplo de referencia 7)**

Se realizaron centrifugación y secado en horno para un copolímero que contiene poliacrilonitrilo como un componente principal. De esta manera, se obtuvo un haz de fibras de carbono continuo (F-2) con un número total de filamentos de 48.000. Las características del haz de fibras de carbono continuo eran las siguientes.

	Masa por unidad de longitud	3,3 g/m
5	Densidad relativa	1,8 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a tracción	3,0 GPa
	Módulo de tracción de elasticidad	225 GPa
	Rugosidad media aritmética (Ra)	30 nm

[Producción de fibra de carbono cortada por un procedimiento acuoso]

10 **(Ejemplo 1)**

La solución acuosa del tensioactivo (A) preparada en el ejemplo de referencia 1 se diluyó adicionalmente para obtener una solución acuosa con una concentración del 2,0% en peso. El haz de fibras de carbono continuo (F-1) preparado en el ejemplo de referencia 6 se sumergió en la solución acuosa diluida, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo de encolado (A) como un agente de encolado. El haz de fibra de carbono se secó usando un secador de aire caliente a 200 °C, durante 2 minutos, y después se cortó a una longitud de 6,4 mm usando una cortadora de cartucho. Por lo tanto, se obtuvieron fibras de carbono cortadas. La cantidad del agente de encolado que se había adherido a las fibras de carbono cortadas obtenidas de esta manera era del 1,0% en peso.

**(Ejemplo 2)**

Se obtuvieron fibras de carbono cortadas por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1, excepto que se usó la solución acuosa no diluida del tensioactivo (A) preparado en el ejemplo de referencia 1. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 10% en peso.

**(Ejemplo 3)**

El haz de fibras de carbono continuo (F-1) preparado en el ejemplo de referencia 6 se sometió a tratamiento electrolítico de la superficie a 3 culombios por gramo de fibra de carbono, en una solución acuosa que contenía ácido sulfúrico como un electrolito, preparando de esta manera una fibra de carbono (F-3). Se obtuvieron fibras de carbono cortadas por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 2, excepto que se usó la fibra de carbono obtenida. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 10% en peso.

**(Ejemplo 4)**

Se obtuvieron fibras de carbono cortadas por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1, excepto que se usó la solución acuosa del tensioactivo (B) preparado en el ejemplo de referencia 2 como un agente de encolado. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

**(Ejemplo 5)**

La fibra de carbono (F-3) preparada en el Ejemplo 3 se sumergió en la solución acuosa del tensioactivo (C) preparado en el ejemplo de referencia 3, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado. La cantidad del tensioactivo (C) que se había adherido en ese momento era del 0,7% en peso.

La solución acuosa del tensioactivo (A) preparada en el ejemplo de referencia 1 se diluyó adicionalmente para obtener una solución acuosa con una concentración del 1% en peso. Una fibra de carbono, a la que el tensioactivo (C) se había adherido por adelantado, se sumergió adicionalmente en la solución acuosa obtenida de esta manera, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado. Posteriormente, la fibra de carbono se secó por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1, obteniendo de esta manera fibras de carbono cortadas. La cantidad total del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

**(Ejemplo 6)**

La fibra de carbono (F-1) preparada en el ejemplo de referencia 6 se sometió a tratamiento electrolítico de la superficie a 10 culombios por gramo de fibra de carbono, en una solución acuosa que contenía ácido sulfúrico como un electrolito, preparando de esta manera una fibra de carbono (F-4). Se obtuvieron fibras de carbono cortadas sumergiendo la fibra de carbono obtenida de esta manera en la solución acuosa del tensioactivo (D) preparado en el ejemplo de referencia 4, provocando la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado, y secando después

la fibra de carbono por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

**(Ejemplo 7)**

5 La fibra de carbono (F-1) preparada en el ejemplo de referencia 6 se sometió a tratamiento electrolítico de la superficie a 80 culombios por gramo de fibra de carbono, en una solución acuosa que contenía carbonato de amonio como un electrolito, preparando de esta manera una fibra de carbono (F-5). La fibra de carbono obtenida de esta manera se sumergió en la solución acuosa del tensioactivo (D) preparado en el ejemplo de referencia 4, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado. La cantidad del tensioactivo (D) que se había adherido en ese momento era del 1,0% en peso.

10 Adicionalmente, una fibra de carbono a la que el tensioactivo (D) se había adherido por adelantado, se sumergió adicionalmente en la solución acuosa del tensioactivo (E) preparado en el ejemplo de referencia 5, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado. Posteriormente, se obtuvieron fibras de carbono cortadas secando la fibra de carbono mediante un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1. La cantidad total del agente de encolado que se había adherido era del 1,3% en peso.

15 **(Ejemplo 8)**

La fibra de carbono (F-2) preparada en el ejemplo de referencia 7 se sometió a tratamiento electrolítico de la superficie a 10 culombios por gramo de fibra de carbono, en una solución acuosa que contenía ácido sulfúrico como un electrolito, obteniendo de esta manera una fibra de carbono. Se obtuvieron fibras de carbono cortadas por un procedimiento similar al empleado para el Ejemplo 6, excepto que se usó la fibra de carbono obtenida de esta manera. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

20

**(Ejemplo 9)**

La fibra de carbono (F-4) preparada en el Ejemplo 6 se sumergió en la solución acuosa del tensioactivo (D) preparado en el ejemplo de referencia 4, provocando de esta manera la adhesión del tensioactivo como un agente de encolado. De esta manera, se obtuvieron hebras de fibra de carbono. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

25

Las hebras de fibra de carbono obtenidas de esta manera se estiraron a una velocidad de 5 m/minuto, mientras se sumergían en una dispersión en solución acuosa de polvos de resina termoplástica. Los polvos de resina termoplástica usados en el presente documento se prepararon desintegrando en forma pulverulenta una resina PPS (Torelina M2588, producida por Toray Industries, Inc.) hasta un diámetro de partícula medio de 50  $\mu\text{m}$ . Las hebras de fibra de carbono se sometieron repetidamente a separación y convergencia, debido a la tensión en la dispersión en solución acuosa, de manera que los polvos de resina termoplástica se adhirieron suficientemente al interior de los haces de fibras. Después, se sopló aire a las hebras de fibra de carbono mediante soplado con aire, para retirar el agua, que era el medio de dispersión. Se provocó entonces que las hebras pasaran a través de un primer horno de secado (400 °C), un segundo horno de secado (300 °C), y un tercer horno de secado (200 °C), en dicho orden. En este tiempo, la resina PPS también se fundió, impregnó los haces de fibras, y después se enfrió y solidificó, de manera que podía producirse un hilo termoplástico pre-impregnado.

30

35

**(Ejemplo Comparativo 1)**

El haz de fibras de carbono continuo preparado en el ejemplo de referencia 6 se sumergió en agua y se cortó a una longitud de 6,4 mm, usando una cortadora de cartucho, obteniendo de esta manera fibras de carbono cortadas.

40 **(Ejemplo Comparativo 2)**

La fibra de carbono (F-4) preparada en el Ejemplo 6 se sumergió en una solución acuosa de una emulsión de polietileno (G) (Sepulsion G, producida por Sumitomo Seika Chemicals Co., Ltd.) a usar como un agente de encolado, que se había preparado a una concentración del 2,0% en peso. Por lo tanto, tuvo lugar la adhesión del agente de encolado. Posteriormente, la fibra de carbono se secó por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1, preparando de esta manera fibras de carbono cortadas. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.

45

**(Ejemplo Comparativo 3)**

El haz de fibras de carbono continuo (F-3) preparado en el Ejemplo 3 se sumergió en una solución acuosa de una resina epoxi (H) (DENACOL EX-611 producida por Nagase ChemiteX Corporation) a usar como un agente de encolado, que se había preparado a una concentración del 1,2% en peso. Por lo tanto, tuvo lugar la adhesión del agente de encolado. Posteriormente, el haz de fibras de carbono se secó por un procedimiento similar al empleado

50

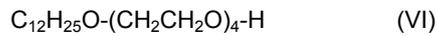
en el Ejemplo 1, preparando de esta manera fibras de carbono cortadas. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 0,6% en peso.

**(Ejemplo Comparativo 4)**

5 La fibra de carbono (F-5) preparada en el Ejemplo 7 se cortó a una longitud de 6,4 mm por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo Comparativo 1, usando una cortadora de cartucho, obteniendo de esta manera fibras de carbono cortadas.

**(Ejemplo Comparativo 5)**

10 La fibra de carbono (F-1) preparada en el ejemplo de referencia 6 se sumergió en una solución acuosa de un tensioactivo (J) (peso molecular promedio en número de 362 y HLB de 9,7) representado por la siguiente fórmula estructural (VI) a usar como un agente de encolado, que se había preparado a una concentración del 2,0% en peso. Por lo tanto, tuvo lugar la adhesión del agente de encolado. Posteriormente, la fibra de carbono se secó por un procedimiento similar al empleado en el Ejemplo 1, preparando de esta manera fibras de carbono cortadas. La cantidad del agente de encolado que se había adherido era del 1,0% en peso.



15 Los resultados de evaluación de las características de las fibras de carbono obtenidas en los Ejemplos 1 a 4 y los Ejemplos Comparativos 1 a 3 y 5 se resumen en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2	Ejemplo Comparativo 3	Ejemplo Comparativo 5
Índice de oxígeno en superficie O/C	0,05	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10	0,10	0,05
Tipo de agente de encolado	(A)	(A)	(A)	(B)	(C)/(A)	Ninguno	(G)	(H)	(J)
Cantidad de agente de encolado que se ha adherido	1,0	10,0	10,0	1,0	0,7/0,3	-	1,0	0,6	1,0
Primer ángulo de contacto con agua (valor medio*)	70 (82)	65 (73)	63 (73)	65 (77)	65	90 (90)	75 (75)	60 (60)	80
Energía libre de la superficie									
$\gamma_0$ (**)	36 (34)	40 (37)	42 (40)	39 (36)	43	32	40	42	43
$\gamma_{OP}$ (**)	13(5)	15(7)	15(9)	16(8)	13	2	10	16	13
$\gamma_1$	32	32	40	32	40	32	43	40	40
Propiedades de convergencia	O	O	O	O	O	X	O	O	O
Capacidad de abertura	OO	OO	O	O	OO	A	X	X	A
Tiempo de abertura de fibra	25	20	35	30	20	60	> 300	> 300	60
Evaluación global	OO	OO	O	O	OO	A	X	X	A

\* El valor medio de los ángulos de contacto con agua obtenidos de cuatro mediciones diferentes.

\*\* Un ángulo de contacto con agua se calculó usando el valor medio de cuatro mediciones diferentes.

Como se muestra en la Tabla 1, cada una de las fibras de carbono de los Ejemplos 1 a 5 tenía una concentración de oxígeno en la superficie O/C de 0,03 o mayor, y menor de 0,12, y un primer ángulo de contacto formado con agua dentro del intervalo de acuerdo con la presente invención, como resultado del efecto de cada tensioactivo. Por lo tanto, estas fibras de carbono son excelentes en términos de dispersabilidad. En particular, cada una de las fibras de carbono de los Ejemplos 1, 2, y 5 mostraba un corto tiempo de dispersión, de manera que pueden obtenerse excelentes efectos de dispersión de fibra con las mismas. Además, como se muestra también en la Tabla 1, pueden obtenerse propiedades de convergencia de niveles prácticos con estas fibras de carbono.

Mientras tanto, la fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 1 tenía propiedades de convergencia insuficientes porque no se había adherido agente de encolado a la misma y, de esta manera, es peor que otras fibras de carbono en términos de tiempo de dispersión. Las fibras de carbono de los Ejemplos Comparativos 2 y 3 tenían una dispersabilidad insuficiente porque no se había adherido tensioactivo a las mismas, de manera que la aplicación de las fibras de carbono a un procedimiento acuoso es difícil. Un tensioactivo se había adherido a la fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 5. Sin embargo, el primer ángulo de contacto estaba fuera del intervalo de acuerdo con la presente invención debido a la interacción del tensioactivo con la fibra de carbono, hidrofilia, y similares. Por lo tanto, no podía obtenerse una dispersabilidad suficiente con el uso de la fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 5.

Los resultados de evaluación de las características de las fibras de carbono obtenidas en los Ejemplos 6 a 9 y en el Ejemplo Comparativo 4 se resumen en la siguiente Tabla 2.

[Tabla 2]

		Ejemplo 6	Ejemplo 7	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo Comparativo 4
Índice de oxígeno en superficie O/C	-	0,15	0,25	0,15	0,15	0,25
Tipo de agente de encolado	-	(D)	(D)/(E)	(D)	(D)	Ninguno
Cantidad de agente de encolado que se ha adherido	% en peso	1,0	1,0/0,3	1,0	1,0	-
Primer ángulo de contacto con agua (valor medio*)	Grado del ángulo	55	30	47	55	45
Energía libre de la superficie						
$\gamma_0$	mJ/m <sup>2</sup>	50	60	52	50	55
$\gamma_{OP}$	mJ/m <sup>2</sup>	24	37	26	24	28
$\gamma_1$	mJ/m <sup>2</sup>	47	55	47	47	55
Propiedades de convergencia	-	O	O	O	-	X
Capacidad de abertura	-	OO	OO	OO	-	A
Tiempo de abertura de fibra	segundos	20	25	20	-	90
Evaluación global	-	OO	OO	OO	OO	X

Como se muestra en la Tabla 2, cada una de las fibras de carbono de los Ejemplos 6 y 8 tenía una concentración de oxígeno en la superficie O/C de 0,12 o mayor, y menor de 0,20, y un primer ángulo de contacto formado con agua dentro del intervalo de acuerdo con la presente invención, como resultado del efecto de cada tensioactivo. Por lo tanto, estas fibras de carbono son excelentes en términos de dispersabilidad. Además, como también se muestra en la Tabla 2, pueden obtenerse propiedades de convergencia de niveles prácticos con estas fibras de carbono. La fibra de carbono del Ejemplo 7 tenía una concentración de oxígeno en la superficie O/C de 0,20 o mayor, y menor de 0,30, y un primer ángulo de contacto formado con agua dentro del intervalo de acuerdo con la presente invención debido al efecto del tensioactivo. Por lo tanto, la fibra de carbono es excelente en términos de dispersabilidad. La fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 4 tenía propiedades de convergencia insuficientes porque no se había adherido agente de encolado a la misma. Incluso cuando se compara con la fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 1, la fibra de carbono del Ejemplo Comparativo 4 mostraba un tiempo de dispersión agravado adicionalmente debido al efecto de tratamiento de la superficie.

Como se ha descrito anteriormente, cualquiera de las fibras de carbono de los Ejemplos 1 a 8 tienen aplicabilidad en un procedimiento acuoso, tal como un procedimiento de fabricación de papel, y propiedades de convergencia.

**Aplicabilidad industrial**

5 De acuerdo con la presente invención, puede obtenerse una fibra de carbono excelente en términos de propiedades de convergencia, que la hacen apropiada para cortarla en fibras de carbono cortadas, y permiten la manipulación de la misma. La fibra de carbono también es excelente en términos de dispersabilidad de haces de fibras, que la hace apropiada para un procedimiento acuoso. En particular, la fibra de carbono muestra una excelente dispersabilidad tras la dispersión en un medio acuoso. La fibra de carbono se usa adecuadamente para la producción de sustratos de papel de fibra de carbono, representados por sustratos de electrodo para celdas de combustible, sustratos intermedios para moldeo, y similares. Sin embargo, la gama de aplicación de la fibra de carbono no se limita a esto.

10

## REIVINDICACIONES

1. Una fibra de carbono dispersable en agua, que se forma por convergencia de una pluralidad de fibras individuales, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales es 0,03 o mayor, y menor de 0,12, como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal en una cantidad que es el 70% en peso o mayor, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 75° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.
2. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales varía de 30 mJ/m<sup>2</sup> a 50 mJ/m<sup>2</sup>, el componente polar  $\gamma_{OP}$  de la energía libre de la superficie varía de 10 mJ/m<sup>2</sup> a 20 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy, y la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es  $\gamma_0$  o menor.
3. Una fibra de carbono dispersable en agua, que se forma por convergencia de una pluralidad de fibras individuales, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales es 0,12 o mayor, y menor de 0,20, como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal en una cantidad que es el 70% en peso o mayor, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 65° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.
4. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales varía de 40 mJ/m<sup>2</sup> a 60 mJ/m<sup>2</sup>, el componente polar  $\gamma_{OP}$  de la energía libre de la superficie varía de 20 mJ/m<sup>2</sup> a 30 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy, y la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es  $\gamma_0$  o menor.
5. Una fibra de carbono dispersable en agua, que se forma por convergencia de una pluralidad de fibras individuales, en la que la concentración de oxígeno en la superficie (O/C) de cada una de las fibras individuales es 0,20 o mayor y 0,30 o menor, como se mide por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (ESCA), y un agente de encolado, que contiene un tensioactivo como un componente principal en una cantidad que es el 70% en peso o mayor, se ha adherido a las fibras individuales, formando dicha fibra de carbono un primer ángulo de contacto con agua de 55° o menor, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy.
6. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con la reivindicación 5, en la que la energía libre de la superficie  $\gamma_0$  de cada una de las fibras individuales varía de 50 mJ/m<sup>2</sup> a 70 mJ/m<sup>2</sup>, el componente polar  $\gamma_{OP}$  de la energía libre de la superficie varía de 30 mJ/m<sup>2</sup> a 40 mJ/m<sup>2</sup>, como se mide por el procedimiento de Wilhelmy, y la energía libre de la superficie  $\gamma_1$  después de la retirada del tensioactivo es  $\gamma_0$  o menor.
7. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el tensioactivo es un tensioactivo no iónico con un valor de HLB (Equilibrio Hidrófilo-Lipófilo) que varía de 10 a 20.
8. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el tensioactivo contiene al menos dos tipos de componentes: un tensioactivo no iónico con un valor de HLB que varía de 10 a 14; y un tensioactivo no iónico con un valor de HLB que varía de 14 a 20.
9. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el tensioactivo contiene un grupo polioxialquileno con un peso molecular fórmula que varía de 600 a 4000.
10. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el tensioactivo contiene una porción hidrófoba compuesta por un hidrocarburo con un número de carbonos de 6 o mayor.
11. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la cantidad del agente de encolado que se ha adherido varía del 0,01% en peso al 10% en peso.
12. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que las superficies de las fibras individuales que componen la fibra de carbono tiene cada una una rugosidad media aritmética (Ra) de 20 nm o mayor, como se mide usando un MFA (microscopio de fuerza atómica).
13. La fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que la fibra de carbono está formada por convergencia de 10.000 a 600.000 fibras individuales.
14. Una fibra de carbono cortada, dispersable en agua, que se prepara cortando la fibra de carbono de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 a una longitud de la fibra que varía de 3 mm a 30 mm.
15. La fibra de carbono cortada, dispersable en agua, de acuerdo con la reivindicación 14, en la que el tiempo de

dispersión más largo es de 40 segundos o menor, como se mide por el procedimiento para evaluar la dispersabilidad en agua dada en la descripción.

5 **16.** Un uso de la fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, para fabricar una composición de resina termoplástica reforzada con fibra, o un sustrato de electrodo para celda de combustible.

**17.** Un uso de la fibra de carbono dispersable en agua de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 para fabricar papel.