

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 927**

51 Int. Cl.:

B29C 70/48	(2006.01)
B29C 70/44	(2006.01)
D06N 3/00	(2006.01)
B29C 70/50	(2006.01)
B29C 70/22	(2006.01)
B29C 70/20	(2006.01)
D04H 3/12	(2006.01)
D06N 3/12	(2006.01)
B29K 707/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2010 PCT/EP2010/065988**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2011 WO11048216**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2010 E 10768036 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2490883**

54 Título: **Método para producir un material mixto**

30 Prioridad:

23.10.2009 SE 0950790
23.10.2009 US 254435 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.09.2017

73 Titular/es:

COREBON PRODUCTION AB (100.0%)
Virvelvägen 3
232 36 Arlöv, SE

72 Inventor/es:

BJÖRNHOV, TOBIAS;
LJUNGH, JACOB y
OLSSON, RASMUS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 632 927 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para producir un material mixto

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a la producción de materiales mixtos en general y, más específicamente, a la producción de materiales mixtos que comprenden una matriz de plástico curado, tal como epoxi, reforzada con fibras de refuerzo, tales como fibras de carbón.

10 Antecedentes

En muchas construcciones, tales como aviones, buques, botes, automóviles deportivos, molinos de viento y palos de golf, es sumamente conveniente obtener construcciones de peso liviano, que tengan alta resistencia y rigidez. Con frecuencia, la selección del material para esas construcciones es cierta clase de material mixto, tal como plásticos reforzados con fibra (FRP). Los materiales FRP frecuentemente tienen una proporción relativamente alta de resistencia a peso, y son relativamente resistentes a la fatiga y a la corrosión.

15 Se pueden combinar muchos tipos de plásticos y tipos de fibras para crear un FRP y las propiedades de material, tales como la resistencia y la elasticidad, dependen de la selección y la combinación de matriz y material de refuerzo, respectivamente.

20 Un material FRP contiene un material de matriz que es el plástico, y un material de refuerzo, que es la fibra. Los tipos comúnmente usados de fibras de refuerzo son: fibras de vidrio, fibras de aramida y fibras de carbón.

25 Las fibras de vidrio son fibras relativamente de bajo costo y se encuentran comúnmente en los productos FRP, tales como cascos para botes de placer, para los cuales es de mayor importancia un precio bajo que una proporción elevada de resistencia a peso.

30 Las fibras de carbón son más costosas, por ejemplo, que las fibras de vidrio, pero ofrecen una mayor proporción de resistencia a peso cuando se las usa en un material FRP.

35 No solamente la selección y la combinación de matriz y materiales de refuerzo afecta a las propiedades materiales del material mixto. La experiencia en la técnica muestra que también el método de producción del material mixto, que incluye, por ejemplo, la combinación de diferentes estructuras de refuerzo en diferentes capas, y el uso de moldes especiales, sistemas de vacío y/o autoclaves, puede afectar a las propiedades materiales del material mixto.

40 Cuando se produce un material mixto no solamente es conveniente obtener buenas propiedades materiales, sino también con frecuencia es conveniente obtener una buena economía en la producción.

45 Un factor que puede afectar a la economía de la producción es la capacidad de la producción, en términos de cantidad de unidades producidas. Una cantidad elevada de unidades producidas permite distribuir los costos fijos de producción entre un número mayor de unidades. Otro factor que afecta a la economía de la producción es la cantidad de costos fijos, tales como el costo de maquinaria costosa especial (por ejemplo, grandes hornos o autoclaves). También los costos directos e indirectos del material y el efecto del desperdicio de material sobre los costos totales de producción.

50 El documento WO 01/41993 A2 divulga un método para producir un material mixto. El método descrito es un intento por obtener un material mixto sin el uso de autoclaves grandes y costosas para eliminar los huecos en el material, y el método comprende los pasos de ensamblar una preforma de un material de refuerzo adecuado, en un molde; viscosificar la preforma con un viscosificador, en el molde; reducir al vacío el volumen de la preforma con viscosificador; embolsar doblemente la preforma de volumen reducido con una bolsa interna y una bolsa externa, para controlar el relajamiento de la bolsa de control y mejorar la integridad del vacío, e infundir resina en la preforma de volumen reducido, usando un proceso de moldeo por transferencia de resina, auxiliado con vacío.

55 Sin embargo, el método divulgado en el documento WO 01/41993 A2 tiene desventajas, como el ser complejo para ponerlo en práctica y el que dé una proporción de resistencia a peso relativamente baja.

60 Como antecedentes de la técnica, se debe mencionar también la solicitud de patente de los Estados Unidos, considerablemente más antigua, US-A-4.385.957, que reclama prioridad de la solicitud de patente alemana presentada en 1979. Los inventores de la US-A-4.385.957 han reconocido que, particularmente con relación a la impregnación de los componentes estructurales que tienen superficies grandes, por ejemplo, las aspas de rotor de los helicópteros y otros similares, o en relación con componentes estructurales que tienen formas complicadas, es difícil controlar apropiadamente el flujo de resina durante la inyección de la resina. Este problema de control de flujo, de acuerdo con los inventores de la US-A-4.385.957, se debe al hecho de que la temperatura de la resina, en cualquier sitio particular, determina la viscosidad de la resina y, de esa manera, también su capacidad de fluir. Una

manera de solucionar el problema del control de flujo es usar moldes calentados, costosos y muy complicados. Otra manera de solucionar el problema del control de flujo es usar un método tal como el descrito en US-A-4.385.957, en el que se inyecta una resina en un alma de fibra de carbón que puede comprender una o varias capas de velo de fibra de carbón. La capacidad de fluir requerida de la resina y su curación se alcanzan por una aplicación de calor directamente a través del alma de fibra de carbón, que se calienta haciendo pasar una corriente eléctrica a través de las fibras de carbón. De esa manera, el alma de fibra de carbón opera directamente como una esterilla calefactora eléctrica interna en el componente estructural.

Es otro objetivo de la US-A-4.385.957 proveer un método para fabricar componentes o estructuras con un compuesto de fibra, de cualquier tamaño y/o forma, sin necesidad de moldes calentados costosos y con consumo reducido de energía, en comparación con el uso de moldes calentados.

De acuerdo con el método divulgado, se alimenta corriente eléctrica a través de un alma de fibra de carbón, a fin de generar una temperatura de curación de la resina. El documento US-A-4.385.957 sugiere también controlar la fuerza de la corriente eléctrica, de manera que sea diferente en diferentes áreas del alma, con lo que se puede adaptar la intensidad del calentamiento al área particular o configuración particular del alma. Se usa un molde eléctricamente conductor, no calentado, para definir la forma del componente FRP y se usa un alma de fibra de vidrio para aislar el alma de fibra de carbón, del molde conductor.

Las desventajas del método del documento US-A-4.385.957 son que el método da materiales que tienen baja durabilidad con respecto a tensiones repetidas y tensión de largo plazo, y una proporción relativamente baja de resistencia a peso.

Más antecedentes de la técnica se encuentra descritos en los documentos EP 1724306 A1, US-A-4.486.494 EP 0371907, US-A-5.942.182, US A1-2005.133.956, US-A-5.518.385, US-A1-2004.150.130, EP-A-0.223.061, JP-A-08.132.536, JP-A-2001.072.783 y JP-A-2005.225993.

Sumario

Los inventores de la presente invención creen que muchas industrias, tales como las industrias de la aviación y la automotriz se beneficiarían con mejores materiales, que tuvieran una proporción mayor de resistencia a peso y mejor durabilidad con respecto a tensiones repetidas y tensión de larga duración. Por ejemplo, dichos materiales permitirían la producción en masa de vehículos más ligeros, lo que daría por resultado, efectivamente, menor consumo de energía y menor impacto ambiental provocado por dichos vehículos.

También creen los inventores de la presente invención que es necesario un método de costo competitivo para la producción de tales materiales, a fin de hacer disponibles los materiales mixtos también para áreas de uso en las que el costo del material controla en gran medida la selección del material, tal como en la industria automotriz.

Se debe entender que cualquier mejora en la proporción de resistencia a peso y en la durabilidad de un material usado en construcciones de vehículos, conduciría a un peso total disminuido del vehículo. Por ejemplo, en un automóvil, esto permitiría reducir las dimensiones de varios componentes del vehículo, tales como el motor, la transmisión, los frenos, la batería, etc., lo que, a su vez, permitiría reducir adicionalmente las dimensiones de la construcción del material mixto, lo que conduciría a circuitos adicionales de ahorros de material, ahorros de costo y ahorros ambientales.

Por ende, es un objetivo de la invención proveer un método novedoso para producir un material mixto de plástico reforzado con fibra, que sea mejorado con respecto a los métodos de la técnica anterior, del tipo discutido en lo que antecede.

Es un objetivo particular de la invención proveer un método de costo competitivo, para producir un material mixto de plástico reforzado con fibra, mejorado, que tenga una proporción elevada de resistencia a peso y gran durabilidad, con relación a tensión de larga duración y tensiones repetidas.

Estos objetivos y otros que aparecerán de la descripción que sigue, se han obtenido mediante un método de acuerdo con la presente invención, tal como se define en la reivindicación 1. Los aspectos preferidos del método están expuestos en las reivindicaciones dependientes relacionadas.

El método comprende un paso de poner en contacto una sustancia matriz plástica con una estructura de fibra de refuerzo para formar un material intermedio. Adicionalmente, el método comprende un paso de curar la sustancia de matriz del material intermedio para formar un material mixto.

Se debe interpretar el material intermedio como el material mixto antes de la curación total.

Antes que se ponga en contacto la sustancia de matriz plástica con la estructura de fibra de refuerzo, se mezcla con un diluyente para formar una mezcla. Durante la curación de la sustancia de matriz, se separa el diluyente de la

sustancia de matriz. Dicho método tiene varias ventajas con respecto a los métodos de la técnica anterior, tales como que permite la producción de materiales mixtos con fibra que tienen una fracción volumétrica alta de fibra con una proporción elevada de resistencia a peso. Otra ventaja es que la sustancia de matriz estará sustancialmente libre de huecos internos; lo que, a su vez, da por resultado un riesgo reducido de fallas del material. Otra ventaja es que la sustancia de matriz humedecerá perfectamente la estructura de fibra de refuerzo y se adherirá muy bien a las fibras de refuerzo, lo que conduce efectivamente a una resistencia total elevada del material, una resistencia interlaminar elevada (si se produce un laminado) y gran durabilidad con respecto a las tensiones de larga duración y las tensiones repetidas.

La separación del diluyente de la sustancia de matriz se efectúa añadiendo energía al diluyente desde dentro del material intermedio. Al hacerlo así permite que se acorte el proceso de separación, permitiendo de esa manera ciclos más cortos de producción, mayor cantidad de unidades en la producción y en total, una mejor economía de la producción. Adicionalmente, de esa manera, se controlará bien el proceso de separación, de manera que el gas diluyente sea expulsado de la sustancia de matriz antes que gelifique la sustancia de matriz o se cure por completo, reduciendo de manera efectiva el riesgo de que haya bolsas de gas en la sustancia de matriz curada. Además, se puede acelerar el proceso de curación, donde el número de unidades producidas se puede incrementar y donde se disminuye cualquier necesidad de curación posterior en horno, o se elimina por completo. Los ahorros de tiempo pueden conducir a un tiempo menor en el mercado, algunas veces esto puede ser valioso para proyectos con tiempo crítico, tales como en las industrias automotriz, de aviación, de artículos deportivos o de productos marinos, en las que los retardos en la producción pueden ser extremadamente costosos. Además, puesto que se obtiene el calentamiento desde dentro del material de matriz, no hay necesidad de moldes calentados, lo que conduce a menores costos de molde, ciclos de producción más cortos y menor consumo de energía (sin que se requiera de calentamiento y enfriamiento de moldes pesados).

De acuerdo con una modalidad, la estructura de fibra de refuerzo comprende fibras eléctricamente conductoras y la adición de energía, por lo menos en parte, se lleva a cabo conduciendo corriente eléctrica a través de esas fibras eléctricamente conductoras. Una ventaja de esto es que es fácil controlar donde se introduce en la sustancia de matriz la energía, lo que posibilita variar la adición de energía de acuerdo con el espesor variable del material que se va a producir y, por lo tanto, hay un mejor control de la evaporación del diluyente en la totalidad del material. Otra ventaja es que el equipo usado para alimentar energía a las fibras de refuerzo es de costo relativamente bajo y que se pueden producir formas complejas con control sostenido del sitio en que se añade la energía. También se puede añadir fácilmente mucha energía a la sustancia de matriz, con lo que se posibilita el aceleramiento del proceso de separación. También, puesto que se provee la energía añadida con una eficiencia muy elevada de la energía, se puede reducir la cantidad total de energía necesaria para producir el material mixto.

En una modalidad, la adición de energía, por lo menos en parte, se efectúa ejerciendo microondas en el material intermedio. Al hacerlo se posibilita añadir fácilmente la energía en la sustancia de matriz, que no comprende fibras conductoras o que no está cercana a ellas. Además, aporta la ventaja de que se puede efectuar la adición de energía concentrada localmente de una manera sencilla, permitiendo de esa manera la producción fácil de partes con espesor que varía mucho. También esta manera de añadir energía puede ser combinada fácilmente con otros tipos de adición de energía, tales como el uso mencionado antes de calentamiento por resistencia de las fibras eléctricamente conductoras. Otra ventaja de usar microondas es que la energía introducida usando microondas tiene un grado mayor de absorción por porciones del material intermedio que tengan un porcentaje mayor de diluyente, y viceversa, donde la energía añadida se concentra en las porciones del material intermedio en las que actúa para promover la separación de diluyente de la sustancia de matriz, en lugar de promover la curación.

En otra modalidad, se lleva a cabo, al menos parcialmente, la adición de energía, ejerciendo ondas sonoras en el material intermedio. Al hacer esto se posibilita obtener la adición de energía de una manera relativamente fácil, usando equipo de costo relativamente bajo.

Adicionalmente, de acuerdo con una modalidad, se produce el material intermedio antes de ser colocado en un molde para la separación del diluyente y la sustancia de matriz. Esto tiene la ventaja de que se puede poner en contacto la sustancia de matriz con la estructura de fibra de refuerzo sin tardar tiempo valioso en moldes costosos.

La estructura de fibra de refuerzo puede ser colocada en un molde, antes de que se ponga en contacto la sustancia de matriz con la estructura de fibra de refuerzo. Una ventaja de dicho método es que se pueden mantener las fibras de refuerzo separadas de la sustancia de matriz hasta el momento del moldeo, donde el riesgo de desperdicio de material debido al añejamiento del material de entrada se reduce y donde el almacenamiento del material de entrada no requiere de ambientes especiales, tales como los enfriadores o congeladores costosos y consumidores de energía.

Lo descrito arriba, en lo que se coloca la estructura de fibra de refuerzo en un molde antes de que se ponga en contacto la sustancia de matriz con la estructura de fibra de refuerzo, en algunos aspectos, se podría combinar con uno o más de los aspectos mencionados previamente de añadir energía al diluyente. De esa manera puede ser posible usar moldes no calentados y también simplificar el proceso de producción, manteniendo el material

intermedio en el mismo molde durante la adición de la mezcla y durante la separación del diluyente y la sustancia de matriz.

En un método, cuando se pone en contacto la sustancia plástica de matriz con la estructura de fibra de refuerzo, puede ser añadida energía desde dentro del material intermedio para calentar porciones de la sustancia de matriz por debajo de una temperatura de ebullición del diluyente que hay en la mezcla del material intermedio. Una ventaja de este método es que, durante la adición de la sustancia de matriz diluida a la estructura de fibra de refuerzo, la viscosidad del fluido introducido en la estructura de fibra de refuerzo disminuye de manera que la sustancia de materia permea más fácilmente y humecta mejor la estructura de fibra. Además, la evaporación sustancial del diluyente no es promovida durante la introducción de la sustancia de matriz en la estructura de fibra de refuerzo, de manera que la mayor parte del diluyente permanece en la sustancia de matriz durante la introducción de la sustancia de matriz para actuar de esa manera en disminuir la viscosidad de la mezcla. De esta manera se puede acelerar adicionalmente el proceso de producción y se puede promocionar adicionalmente la humectación de la estructura de refuerzo.

Además, puede proveerse una baja presión en el molde, por lo menos durante un periodo de tiempo en el que se pone en contacto la sustancia de matriz con una estructura de fibra de refuerzo. Esto aporta la ventaja de que la sustancia de matriz permea más fácilmente y humecta la estructura de fibra de refuerzo, lo que lleva a ahorros en el tiempo de producción y a propiedades mejoradas del material, debido a un riesgo reducido de que se formen bolsas de gas y huecos.

También se puede proveer en el molde una atmósfera similar al vacío, por lo menos durante un periodo de tiempo en el que la mezcla es puesta en contacto con una estructura de fibras de refuerzo. Una ventaja de esto es que la sustancia de matriz permea todavía más fácilmente y humecta la estructura de fibra de refuerzo, lo que lleva a más ahorros de tiempo y a propiedades de material mejoradas adicionalmente, debido a un riesgo disminuido de que se formen bolsas de gas y huecos.

Incluso, además, se puede poner en contacto la mezcla con la estructura de fibra de refuerzo llevando a cabo la inyección a exceso de presión de la sustancia de matriz dentro de la estructura de fibra de refuerzo. Al hacerlo se acelera adicionalmente el proceso de producción, se promueve una adherencia mejor entre las fibras y la sustancia de matriz y, de ser posible, se promueve una permeación más perfecta y una mejor humectación de las fibras, puesto que la sustancia de matriz a presión empuja el gas a las áreas de menor presión.

Puede proveerse una baja presión en el molde durante dicha separación del diluyente de la sustancia de matriz. El hacerlo promueve la evacuación del gas diluyente evaporado y de esa manera reduce el riesgo de que queden huecos y/o bolsas de gas en el material mixto.

Una o más de las superficies de cavidad de molde del molde pueden estar hechas de un material sustancialmente aislante del calor, con lo que se facilita más el control de la temperatura de los contenidos del molde, al controlar la adición de energía a la sustancia de matriz desde dentro del material intermedio, puesto que se transfiere menos calor al molde, en comparación con que se hubieran usado moldes conductores de calor. También puede ser posible acortar el tiempo de calentamiento de la sustancia de matriz, lo que conduce a una mayor producción.

Adicionalmente se pueden hacer una o más superficies de la cavidad de molde del molde, de un material sustancialmente aislante eléctricamente, con lo que se posibilita el uso de calentamiento por resistencia de las fibras de refuerzo eléctricamente conductoras, sin necesidad de una estructura aislante separada, tal como un alma de fibra de vidrio para aislar las fibras conductoras de las superficies eléctricamente conductoras de la cavidad de molde. Una ventaja de esto es que se obtiene un acabado superficial más uniforme y más atractivo visualmente del material mixto moldeado, en comparación a cuando se han usado estructuras aislantes separadas, tales como almas de fibra de vidrio, entre el material intermedio y las superficies de la cavidad de molde.

Adicionalmente, el molde puede estar hecho sustancialmente de plástico, tal como uno o más de polioximetileno, politetrafluoroetileno y tereftalato de polietileno. Usando dichos moldes, se tiene la ventaja de que el tiempo requerido para la producción del molde puede ser disminuido, en comparación con la producción de moldes metálicos. También se puede mantener bajo el costo de herramientas del molde y el costo del molde se puede mantener bajo. Adicionalmente, el uso del material plástico para el molde permite la modificación fácil de la geometría del molde, en comparación con el uso de moldes metálicos convencionales. Los plásticos nombrados proveen todos diversas características ventajosas, tales como el tener baja fricción, buena capacidad de mecanizado, buena resistencia a temperaturas elevadas, acabado superficial fino y/o bajo precio. Otra ventaja de usar moldes plásticos en lugar de moldes metálicos es que no tiene que usarse un agente soltador de molde en las superficies del molde, para promover la separación fácil del material mixto del molde.

El diluyente puede ser un diluyente sustancialmente no reactivo a la sustancia de matriz. Esto lleva la ventaja de que la mayor parte del diluyente no reaccionará con la sustancia de matriz y, por consiguiente, puede ser eliminado de la sustancia de matriz por medio de la evaporación o por cualquier otro medio de eliminación.

Adicionalmente, el diluyente puede ser un alcohol, seleccionado del grupo de: metanol, etanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol y heptanol, donde la sustancia de matriz es un epoxi. Dicha combinación de sustancia de matriz y diluyente provee buena posibilidad de dilución. Además, provee un control bueno de evaporación del diluyente en una escala de temperatura en la que la curación de la sustancia de matriz no es demasiado rápida para permitir que el gas evaporado salga del material intermedio. Además, el diluyente es sustancialmente no reactivo al epoxi. Una vez curado, el epoxi provee una unión de alta resistencia entre las fibras de refuerzo.

La mezcla puede comprender entre 1 y 70 por ciento de diluyente, en volumen. Al tener dicha cantidad de diluyente se provee la creación de una mezcla de baja viscosidad, lo que facilita añadir la sustancia de matriz a las fibras, y también provee una mezcla que tiene una cantidad adecuada de encogimiento durante la evaporación, de manera que sustancialmente ninguna porción de la estructura de refuerzo termina sin sustancia de matriz, y esto de manera que no aparecen sustancialmente grietas en la sustancia de matriz durante la gelificación y después, provocadas por el encogimiento de la sustancia de matriz y la mezcla.

La estructura de fibra de refuerzo puede tener un contenido de fibra de carbón de por lo menos 30 por ciento en peso de la estructura de fibra de refuerzo. Al tener por lo menos dicho contenido de fibra de carbón, se hace posible también que se pueda obtener un calentamiento perfecto de la totalidad del material mixto al calentar por resistencia las fibras de carbón del material de refuerzo.

Se podrían usar los métodos mencionados arriba para producir materiales mixtos de plástico reforzado con fibra, de alta calidad, que tengan fracciones volumétricas de fibra extremadamente altas, en comparación con lo que es teóricamente posible para la estructura de selección de fibra de refuerzo respectiva. Los resultados alcanzados usando el método de acuerdo con la invención dan resultados que hasta ahora todavía no habían sido logrados utilizando la tecnología de la técnica anterior, por lo menos no en dicha manera de bajo costo, flexible y de tiempo eficiente.

En un aspecto, se puede proveer un material mixto de plástico reforzado con fibra, obtenido mediante cualquiera de los aspectos descritos en lo que antecede.

En otro aspecto se puede proveer un material mixto de plástico reforzado con fibra. El material comprende una estructura de fibra de refuerzo y una sustancia de matriz. La estructura de fibra de refuerzo comprende una pluralidad de fibras de refuerzo y la sustancia de matriz está distribuida en la estructura de fibras de refuerzo para actuar como una unión entre las fibras de la estructura de fibras de refuerzo. Adicionalmente, el material mixto de plástico reforzado con fibras tiene una fracción volumétrica de fibras (FVF) que es mayor que 65 por ciento.

En otro aspecto, el material mixto de plástico reforzado con fibras puede tener una $FVF/T_{máx}$ de más del 80 por ciento. Dicho material tiene la ventaja de que el material mixto obtenido es un conductor eléctrico muy bueno, que hace que el material sea adecuado para uso en aplicaciones de tecnología de sigilo. Otra ventaja adicional de ese material es que es buen conductor del calor, lo que hace al material menos sensible al calentamiento local, lo que de otra manera podría dañar el material de matriz.

También se puede proveer un sistema para poner en práctica un método en un aspecto de la invención. El sistema comprende un molde cerrable, un dispositivo de alimentación de energía, un recipiente de sustancia de matriz, un recipiente de diluyente, un recipiente de agente curador y una o más bombas, configuradas para alimentar fluido desde los recipientes a un medidor de mezcla. Además, el sistema comprende una prensa de molde y un sistema de vacío. La prensa de molde puede ser una prensa hidráulica.

Dicho sistema permite la producción eficiente de materiales mixtos de alto desempeño, tales como los que se han mencionado en lo que antecede.

Descripción de los dibujos

Se describirán en lo que sigue las realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos anexos.

La figura 1 muestra un ejemplo de un sistema para llevar a cabo un método de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra una sección transversal de una porción de una estructura de fibra de refuerzo, de fibras unidireccionales.

Descripción detallada

Un método de acuerdo con la invención está destinado primariamente para uso cuando se producen materiales mixtos de fibra de carbón, de alto rendimiento, aunque son factibles otros usos. Dichos materiales son especialmente útiles en aplicaciones demandantes, tales como naves espaciales, satélites, aviones, buques, botes, automóviles deportivos, molinos de viento y palos de golf, donde es sumamente conveniente obtener construcciones de peso ligero que tengan alta resistencia y rigidez. En lo que sigue, se describirá dicho método.

Método general

En resumen, el método de acuerdo con un aspecto de la invención comprende los pasos de:

- 5 mezclar una sustancia de matriz y un diluyente para formar una mezcla;
 poner en contacto la mezcla con una estructura de fibra de refuerzo; y
 separar el diluyente de la sustancia de matriz durante la curación de la sustancia de matriz para formar un
 material mixto reforzado con fibra.

10 En el método, puede ser mezclada una sustancia de matriz plástica, tal como una resina epoxi o una resina
 poliéster, con un diluyente adecuado, tal como etanol, para formar una mezcla. Luego se lleva la mezcla hasta
 contacto con una estructura de fibra de refuerzo, tal como un alma de fibra de carbón, para formar un material
 intermedio. Posteriormente se separa el diluyente de la sustancia de matriz, por ejemplo, por evaporación del
 diluyente, mientras que la sustancia de matriz se cura para formar un material mixto de plástico reforzado con fibra.

15 Se debe entender que el término “sustancia de matriz” se refiere a la sustancia de matriz independientemente de en
 qué fase esté el material. Por ejemplo, en el caso de la sustancia de matriz que se dice que es un epoxi, esto
 significa que el término sustancia de matriz puede ser usado para describir la resina sin curar, la resina semicurada y
 también la resina curada, dependiendo del contexto, si no se señala de otra manera en forma explícita.

20 También se debe entender que la frase “material intermedio” no debe confundirse con “preforma en bruto”. Dentro
 del contexto de esta memoria descriptiva, la frase “material intermedio” se usa para hacer referencia a la
 composición de resina, diluyente y fibras de refuerzo, antes de que la resina haya curado. Después que la resina ha
 curado totalmente, la composición de resina y fibra de refuerzo se denomina más bien “material mixto plástico
 reforzado con fibra” o simplemente “un producto plástico reforzado con fibra”.

25 Si se usa demasiado diluyente, hay el riesgo incrementado de obtener porciones de la estructura de fibra de refuerzo
 que carezcan de sustancia de matriz. Si se usa demasiado poco diluyente, hay el riesgo incrementado de tener
 porciones de la estructura de fibra de refuerzo a las que no ha podido llegar la mezcla y que, por lo tanto, quedan
 completamente sin sustancia de matriz.

30 En el método de la invención, la distribución de la sustancia de matriz en la estructura de fibra se facilita diluyendo la
 sustancia de matriz con un diluyente para formar una mezcla y luego distribuir la mezcla en la estructura de fibra de
 refuerzo. Es más fácil de distribuir la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo que si se dejara la sustancia de
 matriz por sí misma. Por consiguiente, la sustancia de matriz puede ser añadida fácilmente a sustancialmente todas
 las superficies de fibra en la estructura de fibra de refuerzo, e incluso a los espacios pequeños formados entre las
 fibras.

35 La cantidad de sustancia de matriz necesaria para obtener una unión fuerte y durable entre las fibras de la estructura
 de fibra de refuerzo depende de lo cerca que puede ponerse cada fibra de las otras en la estructura de fibra de
 refuerzo lo que, a su vez, define la cantidad de sustancia de matriz necesaria para cubrir las separaciones entre las
 fibras y adherirse bien a las superficies de las fibras. El diámetro de las fibras y la disposición de las fibras en la
 estructura de fibra de refuerzo definen finalmente cómo pueden quedar de cerca las fibras de refuerzo unas con
 respecto a las otras, cuánto se pueden doblar y, por lo tanto, también cuanto se puede compactar la fibra de
 refuerzo. Por ejemplo, una estructura de refuerzo de fibras paralelas puede tenerlas muy cerca unas de otras;
 mientras que las fibras en una esterilla de fibras dispuestas aleatoriamente puede no llevarlas tan cerca unas de
 otras, véase la figura 2.

40 Especialmente cuando se usan varias capas de tela de fibra de refuerzo, tejida densamente, en la estructura de fibra
 de refuerzo, no serían útiles los métodos de la técnica anterior para aplicar la resina a la estructura de fibra de
 refuerzo, puesto que es casi imposible hacer que la resina permee perfectamente la estructura de fibra, por lo menos
 en un tiempo razonable, usando los métodos de la técnica anterior.

Preparación de la sustancia de matriz

55 Se debe entender que es necesario un agente curador a fin de provocar la curación de la sustancia de matriz y de
 preferencia se mezcla el agente curador con la sustancia de matriz antes de llevar la mezcla a la estructura de
 refuerzo. Una razón de esto es el hecho de que es más fácil distribuir uniformemente y mezclar el agente curador en
 la matriz antes de que se haya puesto en contacto la sustancia de matriz con la estructura de fibra de refuerzo. La
 cantidad de agente curador que se va a añadir es determinada por una especificación dada típicamente por el
 fabricante de la sustancia de matriz.

60 Un mezclado perfecto y uniforme de la sustancia de matriz y el agente curador promueven la curación satisfactoria
 de todas las partes de la sustancia de matriz, puesto que todas las partes de la matriz contendrán la cantidad
 correcta de agente curador para completar la curación, y puesto que ninguna parte de la sustancia de matriz
 contendrá demasiado o muy poco agente curador. Si está presente demasiado agente curador en la sustancia de

matriz, el exceso de agente curador podría no reaccionar y, por lo tanto, puede permanecer como líquido en el material de matriz, disminuyendo posiblemente la resistencia y/o la durabilidad del material mixto. De igual manera, si alguna parte de la sustancia de matriz tiene muy poca cantidad de agente curador, esa parte de la sustancia de matriz no curará apropiadamente, con lo que probablemente disminuirá la resistencia y/o la durabilidad del material mixto.

Un mezclado perfecto y uniforme promueve además la curación pareja de la sustancia de matriz. Esto, a su vez, hace más fácil controlar el proceso de poner en contacto la sustancia de matriz con las fibras de refuerzo, puesto que la viscosidad de la sustancia de matriz en la mezcla es sustancialmente pareja por toda la mezcla.

De preferencia se completa la distribución de la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo antes de que comience la gelificación de la sustancia de matriz. Cuanto más avance el proceso de gelificación, se volverá más espesa la sustancia de matriz y será mayor el riesgo de que se formen grietas en la sustancia de matriz. De preferencia, la gelificación solo ocurre después que se ha distribuido la mezcla por toda la estructura de fibra de refuerzo.

Se debe mencionar que la velocidad de curación de las sustancias de matriz varía mucho y que algunas sustancias de matriz curarán muy lentamente o no curarán del todo, si se mantienen a cierta temperatura.

Con frecuencia la mezcla comprende entre 2 y 15 por ciento de diluyente, en volumen, pero son posibles cantidades hasta por lo menos 70 por ciento, y ayudan a disminuir la viscosidad de la mezcla. Cuando se provee una cantidad alta de diluyente en la mezcla, se genera mucho gas durante la evaporación del diluyente y, por lo tanto, se debe proveer un sistema de ventilación adecuadamente dimensionado para ocuparse del gas evaporado. En tanto que la viscosidad de la mezcla sea suficientemente baja para permitir la buena humectación de la estructura de fibra, la cantidad de diluyente debe mantenerse baja, por ejemplo, a fin de evitar el desperdicio de diluyente y evitar la necesidad de ventilación innecesaria.

Preparación de la mezcla

Al escoger un diluyente, se escoge uno que tenga una viscosidad menor que la sustancia de matriz, de manera que la mezcla de ellos obtenga una viscosidad menor que la que tenía inicialmente la sustancia de matriz. Además, frecuentemente es sano escoger un diluyente que sustancialmente no reaccione con la sustancia de matriz, de modo que se pueda separar tanto diluyente como sea posible de la sustancia de matriz, antes de que se cure totalmente. Sin embargo, se debe entender que también se podría usar un diluyente reactivo, siempre y cuando reaccione de manera relativamente lenta y se separe de la sustancia de matriz antes de que haya tenido tiempo de reaccionar una cantidad sustancial de diluyente con la sustancia de matriz, o con cualquier otro aditivo, tal como un agente curador, una carga, un tinte, un pigmento u otros similares.

Una mezcla de diluyente y sustancia de matriz tiene una tensión superficial relativamente baja, en comparación con una sustancia de matriz no diluida. Así, el ángulo de contacto entre la mezcla y cada fibra de refuerzo respectiva disminuye, en comparación con la sustancia de matriz no diluida. Esto tiene la ventaja de que la mezcla se adapta de manera relativamente fácil a geometrías complejas de la estructura de fibra, y las sigue, de modo que las fibras se humecten perfectamente por la sustancia de matriz durante la distribución de la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo.

Adición de la mezcla a la estructura de fibra de refuerzo

Hay muchas maneras de poner en contacto la mezcla con la estructura de fibra de refuerzo, y algunas de ellas se pueden combinar a fin de que, por ejemplo, se obtenga una distribución más uniforme de la mezcla en la estructura de refuerzo. Una distribución uniforme significa que todas las partes de la estructura de refuerzo se humecten con la mezcla y también que los pequeños espacios difíciles de alcanzar, entre las fibras, se llenen con la mezcla, y de esa manera con la sustancia de matriz (suponiendo que la sustancia de matriz estaba distribuida uniformemente en la mezcla durante la distribución de la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo).

Puede añadirse manualmente la mezcla a la estructura de fibra de refuerzo, tal como mediante el uso de una brocha o simplemente vertiendo la mezcla sobre la estructura de fibra de refuerzo. Tales métodos de aplicación manual se llevan a cabo, la mayoría de las veces, usando un molde o similar. Si se usa un molde o similar, para contener la estructura de fibra de refuerzo durante la aplicación, de preferencia dicho molde es un molde abierto, de manera que se pueda efectuar la aplicación manual con la estructura de fibra de refuerzo colocada en el molde.

Puede ponerse en contacto una mezcla adicional con la estructura de fibra de refuerzo usando la acción capilar de las fibras. Frecuentemente la estructura de fibra tiene miles, algunas veces millones, de filamentos individuales de fibra, que actúan juntos mediante acción capilar, para promover el desplazamiento del líquido de baja viscosidad en contacto con las fibras. Cuando se suministra la mezcla a la estructura de fibra de refuerzo, la acción capilar succiona la mezcla una y otra vez a través de la estructura de fibra de refuerzo, donde se puede obtener una permeación total de la estructura de fibra de refuerzo. La influencia de la acción capilar es más fuerte en la mezcla de lo que habría sido en la sustancia de matriz sola.

Más aún, la estructura de fibra de refuerzo se coloca en un molde cerrable, donde se inyecta la mezcla en el molde usando presión elevada.

5 Aquí, un molde cerrable es un molde que puede ser cerrado, de manera que la presión dentro de la cavidad o las cavidades del molde, se pueda controlar. Se debe entender que un molde cerrable puede tener portillos de entrada y portillos de salida y, sin embargo, se considera cerrable. Un portillo de entrada, por ejemplo, puede ser un portillo para la inyección de resina, a través del cual se puede introducir en el molde una resina u otra sustancia de matriz. Un portillo de salida, por ejemplo, puede ser un portillo al que está conectada una bomba de vacío o un sistema de vacío para crear baja presión o vacío dentro del molde.

10 Una bomba de vacío u otra bomba capaz de crear una baja presión puede estar conectada al portillo de salida del molde cerrable, de manera que se pueda proveer una baja presión alrededor de las fibras de refuerzo que están dentro del molde. De esa manera se elimina el gas de alrededor de la estructura de la fibra de refuerzo, de manera que la mezcla pueda humectar más fácilmente la estructura. Cuando se provee una baja presión en el molde, se incrementa el diferencial de presión entre la mezcla suministrada y la mezcla adicionalmente distribuida a la estructura de fibra de refuerzo, donde se distribuye más fácilmente la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo y humecta mejor las fibras.

15 Puede ser usada la inyección de la mezcla a alta presión junto con la creación de una baja presión dentro del molde a fin de mejorar la humectación y disminuir el tiempo necesario para humectar perfectamente las fibras.

Separación del diluyente y la sustancia de matriz

25 Una vez que se ha distribuido suficiente mezcla en la estructura de fibra de refuerzo para permear totalmente la estructura de fibra, se puede promover activamente la separación del diluyente y la sustancia de matriz, por ejemplo, añadiendo energía al diluyente desde dentro del material intermedio.

30 De preferencia se separa el diluyente de la sustancia de matriz por medio de la evaporación del diluyente, aunque se debe entender que se podría usar cualquier otro medio para eliminar el diluyente, tal como dejando que reaccione con otra sustancia o gas, y luego eliminando la sustancia o gas resultantes.

35 Una ventaja de la separación del diluyente y la sustancia de matriz es que se compacta la estructura de fibra de refuerzo cuando se separa el diluyente y se elimina del material intermedio, puesto que la mezcla encoge. Esta es una manera muy efectiva de obtener un material mixto compacto con una fracción volumétrica elevada de fibra.

40 Cuando se evapora el diluyente, lo hace a través de la sustancia de matriz líquida o a través de huecos microscópicos o de bolsas de gas en la estructura interna compleja del material intermedio.

45 Si hay una cantidad elevada de sustancia de matriz gelificada, altamente viscosa, en comparación con la sustancia de matriz líquida, el diluyente evaporado puede tener que pasar la sustancia de matriz gelificada en su salida del material intermedio, donde hay un riesgo incrementado de que se formen grietas en la sustancia de matriz gelificada. Puesto que dichas grietas pueden permanecer en el material mixto final, es conveniente evitarlas, evaporando tanto diluyente como sea posible antes de que la sustancia de matriz circundante gelifique o cure.

50 A fin de evaporar el diluyente, o por lo menos una porción del diluyente, de preferencia dicha porción recibe suficiente energía para que alcance una temperatura a la que pueda comenzar a evaporarse a la presión actual circundante de dicha porción. Una presión circundante menor baja la temperatura necesaria para la evaporación, y viceversa. Posteriormente, se tiene que añadir más energía a fin de que dicha porción de diluyente se evapore.

55 Se debe entender que no todo el diluyente se evapora de una vez a través de la mezcla, y que el proceso de evaporación es un proceso gradual.

60 Por consiguiente, una vez que la temperatura de por lo menos una porción del diluyente ha alcanzado la temperatura a la que puede comenzar a evaporarse a la presión actual circundante, el diluyente puede ser llevado a evaporarse usando energía del gas circundante, del material líquido o sólido, tal como un gas circundante, las fibras de refuerzo o la sustancia de matriz.

65 Se debe entender además que hay un equilibrio de energía entre la porción del diluyente y sus fluidos o sólidos circundantes, que previene efectivamente la elevación rápida de la temperatura del diluyente y sus sustancias circundantes durante la evaporación del diluyente. Aquí, si la estructura de fibra de refuerzo comprende fibras que sean buenas conductoras de calor, tales como fibras de carbón, estas fibras ayudarán a la distribución del calor por la totalidad del material intermedio, extendiendo adicionalmente de esa manera el efecto de equilibrio de energía que el diluyente tiene durante el cambio de estado entre la fase líquida y la fase gaseosa. El efecto de equilibrio de energía ayuda a mantener uniforme la temperatura en la mezcla durante la evaporación del diluyente, cuando, después de que la temperatura de las porciones de la sustancia de matriz ya no están rodeadas por diluyente,

puede alcanzar más fácilmente la temperatura y, por tanto, puede gelificar más fácil y rápidamente y curar para formar el material mixto.

5 A fin de acelerar la evaporación del diluyente, se puede añadir energía directamente a una porción del diluyente o, indirectamente, a través de sustancias circundantes, tal como a través de fibras circundantes o sustancia de matriz.

10 Se debe entender que los moldes calentados convencionales son medios inadecuados para añadir energía al diluyente, puesto que el diluyente cercano a las superficies de la cavidad se evaporaría primero y formaría volúmenes de gas que serían forzados a salir de las superficies de la cavidad de molde y hacia la mezcla en forma líquida o de gel, lo que muchas veces da por resultado burbujas y bolsas de gas que posteriormente permanecerán en el plástico curado. También el calor de las superficies de la cavidad de molde aceleraría primero el proceso de curación de la sustancia de matriz cerca de las superficies de la cavidad de molde, donde se formaría una capa exterior o "costra" de sustancia de matriz en forma de gel, o sólida, alrededor del material intermedio, de modo que el diluyente quedaría atrapado dentro del material mixto y, posiblemente, formaría bolsas de gas adicionales dentro del material mixto, cuando se añada energía adicional. En un escenario del caso peor, dicho diluyente atrapado provocaría tensión interna cuando se calienta el material mixto y conduciría a la formación de grietas y a la falla del material. Esos problemas se evitan usando los métodos.

20 Adicionalmente, puede promoverse la separación del diluyente y la sustancia de matriz añadiendo energía desde dentro del material intermedio. Esto tiene la ventaja de que el diluyente que está dentro del material intermedio se evaporará antes que la sustancia de matriz exterior forme un gel altamente viscoso y antes de que la sustancia de matriz cure para formar un material sólido. El gas diluyente evaporado puede entonces encontrar de manera relativamente fácil su camino para salir a través de los huecos o de las sustancias circundantes en forma líquida o gaseosa.

25 Cuando se ha evaporado el diluyente, la mayoría de las veces eventualmente alcanza la periferia exterior del material intermedio. Si no se usa molde, el gas diluyente evaporado es arrojado al aire circundante. Sin embargo, si se usa un molde cerrable, de preferencia el diluyente evaporado es eliminado a través de un sistema de baja presión, tal como un sistema de vacío, posiblemente auxiliado por canales de transporte de gas en las superficies de la cavidad del molde.

Las diferencias de presión

35 Puesto que la mezcla no puede moverse libremente dentro de la estructura de refuerzo, pueden presentarse diferencias de presión dentro de la mezcla y también dentro de las sustancias de matriz líquidas o gelificadas. Por ejemplo, si se usa la inyección de la mezcla a alta presión, en combinación con una baja presión en un molde, la presión de la sustancia de matriz es más alta cerca de los portillos de entrada del molde, que la presión en la mezcla que se ha desplazado adicionalmente hacia la estructura de refuerzo, dentro del molde.

40 Las diferencias de presión se igualan más fácilmente dentro de la mezcla en la estructura de fibra de refuerzo, cuando la mezcla contiene un porcentaje elevado de diluyente. También, cuando el diluyente se evapora de la mezcla, la mezcla obtiene una viscosidad mayor y, por lo tanto, no puede permear tan fácilmente como antes en la estructura de fibra de refuerzo.

45 Como una fase media del proceso de curación, entre la fase líquida inicial y la fase sólida curada final, la sustancia de matriz sufre una fase de gelificación en la que la sustancia de matriz forma un gel altamente viscoso. Una vez que la sustancia de matriz gelificada fragua a un sólido, cualquier diferencia de presión que quedara todavía en el material durante la gelificación, se conserva en la sustancia de matriz en la forma de tensión acumulada, lo que es claramente indeseable, ya que esto disminuye la durabilidad del material mixto.

50 A fin de evitar la acumulación de tensión, es conveniente separar una porción principal del diluyente, de preferencia sustancialmente la totalidad del diluyente, de la sustancia de matriz antes de que la sustancia de matriz forme un gel, de modo que no se cree sustancialmente gas en el material intermedio después de que se ha formado la sustancia de materia a un gel, y de modo que se haya completado sustancialmente el encogimiento de la mezcla antes de que la sustancia de matriz forme un gel altamente viscoso. Al hacerlo se reduce el riesgo de la formación de grietas en la sustancia de matriz resultante.

Métodos para añadir energía al diluyente

60 Existen varios métodos para añadir energía, todos ellos tienen sus propias ventajas y algunos de ellos son adecuados para usarlos juntos.

La estructura de fibra de refuerzo puede comprender fibras eléctricamente conductoras y la adición de energía, por lo menos en parte, se efectúa conduciendo corriente eléctrica a través de esas fibras eléctricamente conductoras.

65

Pueden estar conectados electrodos en posiciones seleccionadas en la estructura de fibra de refuerzo, a fin de controlar entre qué puntos se desplace la corriente eléctrica. Las posiciones de los electrodos dependen de la geometría de la estructura mixta o el material que se va a producir. Puesto que el espesor de la estructura mixta puede variar, podría haber necesidad de adaptar la cantidad de energía introducida en diversas porciones de la estructura de refuerzo, de manera que ninguna porción de la estructura obtenga demasiada energía ni muy poca energía. La cantidad de energía introducida puede variar fijando o quitando electrodos y/o ajustando el potencial entre un electrodo y otro. A fin de proveer sitios para conectar los electrodos a la estructura de fibra, se podría proveer una estructura de fibra mayor que la que finalmente será parte de la estructura de material mixto formada. Las porciones extra o la estructura de fibra pueden ser eliminadas entonces cuando ya no se las necesite.

Cuando se añade energía a través de las fibras, la energía añadida calienta la mezcla alrededor de las fibras, separando de esa manera el diluyente de la sustancia de matriz comenzando inmediata a las fibras y conduciendo eventualmente a la promoción de la curación del material de matriz cercano a las fibras. El gas diluyente evaporado es expulsado de esa manera a través de la resina no curada, donde se puede evaporar sin quedar atrapado dentro del material intermedio.

En una realización, la adición de energía, al menos en parte, se efectúa ejerciendo microondas en el material intermedio. Dicho método funciona sin necesidad de fibras conductoras. Por ejemplo, dicho método sería ventajoso para partes de una estructura de fibra de refuerzo que comprende principalmente fibras de vidrio o para partes más gruesas en las que sería necesaria energía adicional a fin de obtener la evaporación más rápida del diluyente y/o una curación más rápida.

Adicionalmente, la adición de energía puede, al menos en parte, llevarse a cabo mediante calentamiento por inducción de la estructura de fibra de refuerzo. A fin de que esto funcione, la estructura de fibra de refuerzo debe comprender fibras eléctricamente conductoras. Una ventaja de esto es que se puede efectuar el calentamiento local de porciones de la estructura de fibra de refuerzo, tales como las porciones más gruesas, sin necesidad de moldes calentados y sin necesidad de contacto eléctrico directo con las fibras de refuerzo.

La estructura de fibra de refuerzo

La estructura de fibra de refuerzo puede ser un velo, una esterilla, una banda u otra estructura fibrosa, o una combinación de tales estructuras. Las fibras típicas, adecuadas para uso como fibras de refuerzo, son las fibras de carbón, de vidrio, de aramida y de Kevlar, si bien otras fibras pueden ser adecuadas, dependiendo de sus propiedades físicas, tales como la resistencia, la resistencia a la temperatura, la conductividad, etc.

La curación de la sustancia de matriz

Como se mencionó previamente, si se va a usar un agente de curación, de preferencia se inicia la curación de la sustancia de matriz antes de que la sustancia de matriz sea puesta en contacto con la estructura de fibra de refuerzo. En tal caso, el proceso de curación es un proceso químico entre la sustancia de matriz, tal como epoxi o poliéster, y un agente curador. Dicho proceso de curación algunas veces se puede acelerar ligeramente mediante una cantidad modesta de calentamiento. También se debe mencionar que típicamente el proceso de curación es una reacción exotérmica, en la que se genera calor por la reacción química del propio proceso de curación, lo que posiblemente conduce a un proceso de curación todavía más rápido, en el que existe el riesgo de daños al material si la temperatura es demasiado alta.

Por consiguiente, se puede efectuar la curación del material intermedio sin hacer nada sino esperar, pero también se puede acelerar ligeramente mediante la adición ulterior de calor.

La selección del diluyente y de la sustancia de matriz

En gran medida, la selección del diluyente depende de la selección de la sustancia de matriz, la que, a su vez, depende de las características deseadas del material de matriz, tal como elevada resistencia, bajo precio, buena adherencia al material de fibra de refuerzo, buena resistencia a la corrosión, baja toxicidad, etc.

El diluyente debe tener la capacidad de diluir el material de matriz. También será preferible que tenga una temperatura de ebullición normal, que sea suficientemente alta para no iniciar la evaporación sino hasta después de que se haya puesto en contacto la mezcla con la estructura de fibra de refuerzo, y suficientemente baja para permitir la evaporación suficientemente rápida del diluyente, de manera que la sustancia de matriz que rodea exteriormente no tenga tiempo de formar un gel, como se describió previamente.

Diferentes materiales de matriz tienen diferentes temperaturas de curación recomendadas. Algunos materiales de matriz son adecuados para curar a la temperatura ambiente, mientras que otros requieren de temperaturas más altas, a fin de curar completamente. La cantidad recomendada de agente de curación está especificada por el fabricante del material de matriz.

Las sustancias de matriz típicas son resinas, tales como las resinas epoxi usadas comúnmente para estructuras de fibra de refuerzo o resinas poliéster usadas comúnmente para estructuras de fibra de refuerzo.

El diluyente puede ser un alcohol, seleccionado del grupo de metanol, etanol, propanol, butanol, pentanol, hexanol y heptanol, y la sustancia de matriz es una resina epoxi.

5

Los moldes

Se podría usar un molde para definir la forma del material mixto que se va a producir y/o para efectuar el proceso de poner en contacto la mezcla con la estructura de fibra de refuerzo. Aquí se debe entender que, aun si no se usa molde para el propósito de definir la forma del material mixto, se podría usar el molde como un volumen cerrable, capaz de efectuar el proceso de poner en contacto la mezcla con una estructura de fibra de refuerzo para formar un material intermedio, en el que posteriormente se puede sacar del molde el material intermedio y luego se puede tratar y/o curar posteriormente. Como consecuencia, se podría usar un molde únicamente para definir la forma del material mixto que se va a producir; en cuyo caso se puede producir el material intermedio fuera del molde y luego se coloca en el molde.

10

15

La forma y el diseño del molde dependen en gran medida del diseño de la parte de material mixto que se va a producir. Como se mencionó previamente, los moldes pueden ser moldes abiertos o cerrados. Un molde cerrado, por ejemplo, puede ser un molde de doble lado que tiene uno o más portillos de entrada separados de uno o más portillos de salida. Se pueden conectar los portillos de salida a un sistema de vacío. Además, el molde puede estar provisto de uno o más canales en las cavidades de molde, hacia los cuales puede escapar el diluyente evaporado y a través de los cuales el diluyente evaporado puede ser conducido hacia el portillo o los portillos de salida del molde, si los portillos de salida están abiertos. Por consiguiente, aun si el portillo de salida no está abierto durante la separación del diluyente y la sustancia de matriz, el diluyente evaporado puede escapar hacia dichas cavidades del molde que no estén llenas con sustancia líquida o sólida.

20

25

De preferencia, el molde usado con el método es un molde de plástico, tal como un molde hecho de polipropileno. El uso de un molde plástico en lugar de un molde metálico facilita controlar entre qué puntos fluye corriente a través de las fibras conductoras y asegura que no se aparte involuntariamente la electricidad de la estructura de fibra de refuerzo, en comparación con los moldes eléctricamente conductores, tales como los moldes metálicos. Adicionalmente, el uso de un molde plástico en lugar de un molde metálico disminuye los costos de material y de herramientas para la producción del molde. Puesto que el molde no tiene que ser calentado, se pueden reducir los tiempos del ciclo de producción y disminuir el consumo de energía, en comparación con el uso de moldes calentados. Otra ventaja de usar moldes de plástico en lugar de moldes metálicos es que no tiene que usarse agente soldador de molde sobre las superficies del molde para promover la separación fácil del material mixto del molde.

30

35

El sistema de producción

Se describirá ahora, con referencia a la figura 1, un sistema S para llevar a la práctica un método. El sistema S comprende tres recipientes de fluido. El primer recipiente 1 está configurado para almacenar la sustancia de matriz A, el segundo recipiente 2, para almacenar el diluyente B y el tercer recipiente 3 para almacenar el agente curador C.

40

45

50

55

60

65

Cada recipiente está en conexión fluida con una bomba 3, 4, 5, configurada para alimentar líquido desde cada recipiente, respectivamente, a través de un medidor de mezcla 7 y hacia un molde 8. El medidor de mezcla 7 está configurado para dosificar la sustancia de materia, el diluyente y el agente curador, mezclarlos para formar una mezcla y luego alimentar la mezcla al molde 8, con ayuda de las bombas 3, 4, 5. El medidor de mezcla 7 comprende una unidad mezcladora desechable que conecta el medidor de mezcla con un portillo de entrada 9 del molde 8. Si, o cuando, la sustancia de matriz cura en la unidad mezcladora desechable, la unidad puede cambiarse fácilmente por una nueva, de manera que las trayectorias de flujo del sistema sean más fáciles de mantener limpias para facilitar las operaciones de producción. El molde 8 comprende típicamente una pluralidad de partes de molde que se pueden reunir para definir una cavidad de molde en comunicación fluida con el portillo de entrada 9 y un portillo de salida 10. Adicionalmente, el molde 8 está montado en una prensa hidráulica 11, configurada para poner opcionalmente el molde 8 bajo fuerte presión. También está provisto el molde 8 de empaques 12, 13, 14, configurados para asegurar que se cierre la cavidad del molde, excepto por los portillos de entrada y de salida y, por consiguiente, solo en comunicación fluida con los portillos de entrada y de salida, de manera que la presión dentro de la cavidad de molde pueda ser controlada bombeando fluido para introducirlo o succionando fluido para expulsarlo, a través de los portillos de entrada y de salida del molde 8. Un sistema de vacío 15, que comprende una bomba de vacío, está conectado al portillo de salida 9 del molde 8. Adicionalmente, está provisto un dispositivo 16 alimentador de energía para proveer opcionalmente energía eléctrica a una estructura F de fibra de refuerzo colocada en el molde 8, por medio de los cables 16a, 16b, y los bloques/tiras de conexión 16c, 16d, situados en el molde, en conexión eléctrica con fibras conductoras de la estructura de fibra de refuerzo F. Además, puede colocarse un centro o núcleo C en la cavidad de molde para soportar la estructura de fibra de refuerzo F.

Se debe entender que la prensa hidráulica podría ser reemplazada por cualquier otro medio de prensar las partes de molde entre sí, de tal manera que una pluralidad de tornillos actúen directa o indirectamente sobre el molde.

Un método para usar el sistema

5 Primeramente se llenan los tres recipientes 1, 2, 3 con la base epoxi A, con etanol B y con el agente curador de epoxi C, respectivamente. Luego se abre el molde y se corta una estructura F de fibra de refuerzo que comprende una pluralidad de capas de alma de fibra de carbón, a un tamaño adecuado, y se coloca en la cavidad del molde alrededor de un núcleo D, donde, después de que se cierra el molde 8, se pone a presión por medio de la prensa hidráulica 11. Se conectan el sistema de vacío 15 y el medidor de mezcla 7 al molde, y se activa el sistema de vacío 15 para proveer una atmósfera similar al vacío dentro de la cavidad de molde, y todas las mangueras y demás espacios que están en comunicación fluida con la cavidad de molde. Una vez que se ha obtenido la atmósfera similar a vacío, se activan las bombas 4, 5, 6 y el medidor de mezcla 7 para alimentar la mezcla en la cavidad de molde, a alta presión, de manera que la estructura F de fibra de refuerzo sea permeada totalmente por la mezcla para formar un material intermedio. Una vez que se ha llenado la cavidad de molde con la mezcla, se activa el dispositivo 16 de suministro de energía para calentar por resistencia las fibras de carbono que están conectadas eléctricamente con él, y que pertenecen a la estructura F de fibra de refuerzo, de manera que se separe el etanol B del epoxi mixto A + C, de dentro del material intermedio. Se deja escapar el etanol evaporado B de la cavidad de molde a través del portillo de salida 10 del molde 8, usando el sistema de vacío 15. Una vez que se ha separado sustancialmente todo el etanol B del epoxi mixto A + C y se ha expulsado, se adapta el calentamiento por resistencia a un nivel adecuado para promover la curación más rápida del epoxi mixto A + C, sin sobrecalentarlo.

Tabla 1
Propiedades de materiales en comparación con los materiales de la técnica anterior

Tipo de estructura de la fibra de refuerzo	T _{máx} *	Material típicamente obtenible por el método		Mejor material obtenido por métodos de la técnica anterior	
		FVF** real en el material mixto	FVF real comparado con T _{máx} ***	FVF* real en el material mixto	FVF real comparado con T _{máx} ***
Fibras unidireccionales	91 %	≥80 %	≥88 %	≈65 %	≈72 %
Fibras tejidas como sarga	73 %	≥65 %	≥89 %	≈55 %	≈75 %
*T _{máx} = Volumen máximo teórico de fibras de la estructura de fibra de refuerzo. **FVF = Fracción volumétrica de fibra *** FVF real, comparada con T _{máx} = FVF/T _{máx}					

La tabla 1 muestra las propiedades materiales de los materiales obtenibles típicamente por medio del método, en comparación con las propiedades materiales de los materiales mixtos de plástico reforzado con fibra mejor conocidos, producidos mediante los métodos de la técnica anterior.

Como se mencionó previamente, se debe entender que para cada estructura específica de fibra de refuerzo hay un máximo teórico para la cantidad de fibras que, de acuerdo con la orientación y la posición relativa de las fibras de la estructura, pueda ajustarse dentro de los límites (Y) de la estructura. La fracción volumétrica máxima de fibras (T_{máx}) para cualquier estructura de fibra de refuerzo dada, puede ser aproximada por medio de cálculos matemáticos. Por ejemplo, como se muestra en la figura 2, T_{máx} para las fibras unidireccionales puede ser aproximada calculando el área de sección transversal de las fibras 17 y dividiendo esa área entre el área total de la sección transversal de la estructura de fibras de refuerzo. Para estructuras de fibras unidireccionales con tantas fibras, el área puede ser aproximada calculando T_{máx} para el área repetitiva indicada por la casilla X en la figura 2.

Como se muestra en la tabla 1, los cálculos dan que T_{máx} para fibras unidireccionales es aproximadamente de 91 por ciento, donde T_{máx} para la estructura de fibra de refuerzo tejida como sarga, es aproximadamente de 73 por ciento.

Un valor real medido para la fracción volumétrica de fibra (FVF) en una pieza de material que comprende plástico reforzado con fibras tejidas como sarga, mediante el método, es aproximadamente de 65 por ciento, posiblemente mayor.

La fracción volumétrica de fibra real, en comparación con la fracción volumétrica de fibra máxima, teórica, se puede calcular como FVF/T_{máx}.

Se han obtenido fracciones volumétricas de fibra todavía mayores que las mostradas en la tabla 1 anterior, usando el método, por ejemplo, alrededor de 71 por ciento para las fibras tejidas como sarga, y alrededor de 82 por ciento para las fibras unidireccionales, lo que se traduce en valores FVF/T_{máx} de alrededor de 97 por ciento y 90 por ciento, respectivamente.

Como se muestra en la tabla 1, la FVF máxima obtenida en un material mixto que comprende plástico reforzado con fibras unidireccionales, usando el método de la técnica anterior, es aproximadamente 65 por ciento, mientras que el valor correspondiente para fibras tejidas como sarga es de 55 por ciento.

5 Para el mejor de los métodos conocidos, esto da valores $FVF/T_{m\acute{a}x}$ de 72 por ciento para las fibras unidireccionales, y 75 por ciento para las fibras tejidas como sarga.

Se conoce en la técnica una FVF elevada para dar las propiedades deseables de material y, de esa manera, convenientes de obtener.

10 Obviamente, son más fáciles de estructurar las fibras unidireccionales de una manera compacta que las estructuras de fibra menos bien ordenadas, tal como un tejido de sarga, o tal como una esterilla que tenga fibras orientadas aleatoriamente. Por consiguiente, es más fácil obtener una FVF alta para un material mixto hecho a partir de fibras unidireccionales, que uno hecho a partir de fibras tejidas como sarga. Por supuesto, la FVF obtenida siempre es menor que $T_{m\acute{a}x}$ para cualquier estructura de fibra de refuerzo.

15 Se debe mencionar que la invención no está limitada a las modalidades descritas aquí, y que son factibles varias modificaciones dentro del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones anexas. Por ejemplo, se podrían usar microondas u ondas sonoras para añadir energía dentro del material intermedio, a fin de calentar porciones de la sustancia de matriz que están debajo de la temperatura de ebullición del diluyente en la mezcla del material intermedio.

20

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un material mixto de plástico reforzado con fibras, que comprende los pasos de:

- 5 [a] poner en contacto una sustancia de matriz con una estructura de fibras de refuerzo para formar un material intermedio,
[b] curar la sustancia de matriz del material intermedio para formar el material mixto,
[c] mezclar la sustancia de matriz y el diluyente antes del paso [a] para formar una mezcla, y
10 [d] durante el paso [b] separar el diluyente de la sustancia de matriz añadiendo energía al diluyente desde dentro del material intermedio,

caracterizado por que la estructura de fibras de refuerzo se coloca en un molde durante al menos una parte de la puesta en práctica del paso [a], y por que durante la puesta en práctica del paso [a] se añade energía desde dentro del material intermedio para calentar porciones de la sustancia de matriz a una temperatura por debajo de una temperatura de ebullición del diluyente en la mezcla del material intermedio.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha estructura de fibras de refuerzo comprende fibras conductoras de electricidad, y en donde el paso [d] se realiza, al menos en parte, mediante la conducción de corriente eléctrica a través de dichas fibras eléctricamente conductoras.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el paso [d] se realiza, al menos parcialmente, ejerciendo microondas y/u ondas sonoras sobre el material intermedio.

4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material intermedio se produce antes de ser colocado en un molde para la realización del paso [d].

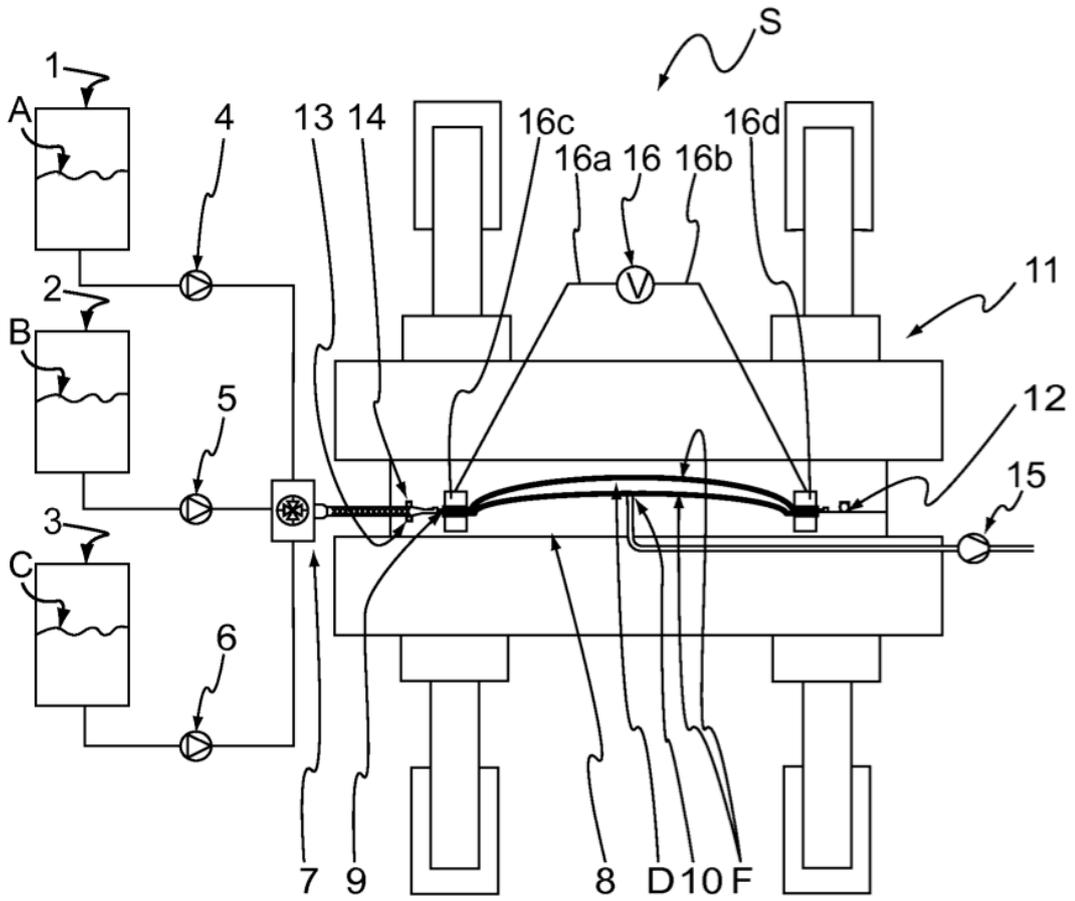


Fig. 1

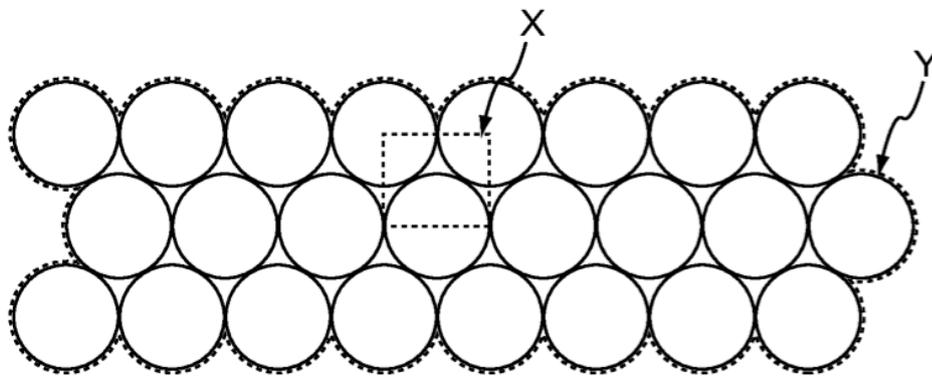


Fig. 2