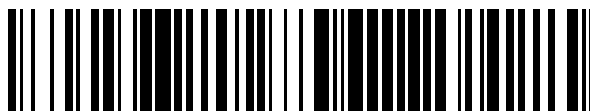


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 797**

51 Int. Cl.:

B29B 9/14 (2006.01)

C08J 5/04 (2006.01)

B29C 70/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2014 PCT/US2014/041759**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14209601**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2014 E 14735076 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 3013546**

54 Título: **Método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas**

30 Prioridad:

25.06.2013 US 201313926706

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

30.10.2017

73 Titular/es:

**HEXCEL CORPORATION (100.0%)
11711 Dublin Boulevard
Dublin, CA 94568, US**

72 Inventor/es:

BOURSIER, BRUNO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 639 797 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 elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere en general a compuestos de moldeo que se componen de fibras de carbono discontinuas y una resina de matriz termoendurecible y/o termoplástica según la reivindicación 12 y a un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 1. Más particularmente, la invención implica usar restos de estopas de fibra de carbono para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas.

15 2. Descripción de la técnica relacionada

Los materiales compuestos incluyen una estructura de refuerzo fibrosa y una matriz de resina como los dos componentes principales. Los materiales compuestos tienen normalmente una relación resistencia-peso bastante alta. Como resultado, en la industria aeroespacial se usan materiales compuestos en los que la tenacidad alta y el peso relativamente ligero de las estructuras compuestas son de importancia particular.

25 Las fibras de carbono son un refuerzo fibroso popular para materiales compuestos. Las fibras de carbono se proporcionan normalmente como un hilo de múltiples filamentos que se denomina comúnmente "estopa". Las estopas de fibra de carbono contienen generalmente desde 1.000 hasta 50.000 filamentos individuales. Las estopas de carbono disponibles comercialmente contienen, por ejemplo, aproximadamente 3000 filamentos (3K), 6000 filamentos (6K), 12000 (12K) filamentos o 24000 (24K) filamentos. Un único filamento de carbono tiene generalmente un peso lineal que oscila entre 0,02 y 0,5 miligramos por metro. Los filamentos en estopas de fibra de carbono no están retorcidos de la misma manera que los hilos convencionales. En lugar de esto, los filamentos en una estopa de fibra de carbono son sustancialmente paralelos entre sí.

30 La fibra de carbono se suministra comercialmente como un carrete o una bobina que contiene una única estopa continua. La longitud de la estopa de fibra de carbono puede variar ampliamente dependiendo del peso lineal de los filamentos, el número de filamentos en la estopa y el peso global de la estopa de fibra de carbono que se enrolla en el carrete. Normalmente, los carretes de fibra de carbono disponibles comercialmente contienen desde 1 hasta 20 libras (desde 454 gramos hasta 9080 gramos) de una estopa de fibra de carbono continua que tiene una longitud de desde 4.000 hasta 15.000 metros.

40 Las estopas de fibra de carbono de múltiples carretes se tejen entre sí para formar un material textil de fibra de carbono que se combina posteriormente con una matriz de resina para formar un material compuesto. Las estopas de fibra de carbono también se alimentan desde múltiples carretes para elaborar un refuerzo fibroso unidireccional (UD), tal como cinta UD, que se combina también con matriz de resina para formar un material compuesto. En algún punto durante el trenzado o el proceso de producción de la cinta UD, la cantidad de estopa de fibra de carbono que queda en los carretes se vuelve tan pequeña que los carretes gastados tienen que remplazarse por otros nuevos.

45 El resto de estopa de fibra de carbono que queda en un carrete gastado es insuficiente para su uso adicional en la elaboración de material textil tejido o cinta UD. En la práctica, el resto de estopa de fibra de carbono que queda en un carrete gastado variará en su longitud dependiendo del proceso de trenzado, el tipo de refuerzo de fibra que se está elaborando, el peso lineal de los filamentos y el número de filamentos en la estopa. A lo largo de un periodo de tiempo, la cantidad de restos de estopa de fibra de carbono que se generan puede ser considerable.

50 Sería deseable tomar los restos de estopas de fibra de carbono que se generan durante la producción de material textil tejido o cinta UD y usar los restos para elaborar un producto útil.

55 El documento JPH1129368 da a conocer un método para formar fibras de carbono recubiertas con resina, comprendiendo dicho método soltar las fibras de carbono y mezclarlas con resina en polvo en una cámara de mezclado para recubrir las fibras, depositar las fibras recubiertas sobre una malla plana y prensar en caliente las fibras recubiertas depositadas.

60 Sumario de la invención

Según la presente invención, se descubrió que los restos de estopas de fibra de carbono que quedan en carretes de carbono gastados pueden usarse para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas. El compuesto de moldeo puede usarse para moldear formas tanto simples como complejas que tienen propiedades mecánicas relativamente buenas.

65

La presente invención implica un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas a partir de restos de estopas de fibra de carbono. El método incluye la etapa de proporcionar un carrete de fibra de carbono gastado que contiene un resto de estopa de fibra de carbono. El resto de estopa de fibra de carbono es demasiado corto para su uso para elaborar una estructura fibrosa tejida o unidireccional. Como característica de la invención, el resto de estopa de fibra de carbono se retira del carrete y se trocea en fragmentos para formar un conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas que tienen una longitud de desde 1 cm hasta 10 cm.

Como característica adicional de la invención, una resina termoendurecible o termoplástica en polvo se mezcla con el conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas para formar una combinación de fibras y polvo. La combinación se calienta entonces hasta una temperatura suficiente durante un tiempo suficiente para adherir las partículas de resina a las estopas de fibra de carbono troceadas para estabilizar los filamentos en las estopas troceadas y formar el compuesto de moldeo de fibras discontinuas. Este compuesto de moldeo de fibras discontinuas puede usarse de la misma manera que los compuestos de moldeo compuestos conocidos para elaborar piezas tanto simples como complejas.

Como característica de la invención, se descubrió que un compuesto de moldeo de fibras discontinuas elaborado a partir de restos de estopa de fibra de carbono 3K puede moldearse para dar piezas compuestas que son más tenaces y más resistentes al daño que las piezas compuestas moldeadas a partir de un compuesto de moldeo de fibras discontinuas elaborado usando restos de estopas de fibra de carbono que son 6K o superiores. El compuesto de moldeo de fibras discontinuas elaborado a partir de restos de estopas de fibra de carbono 3K puede moldearse para dar piezas compuestas que tienen propiedades de tenacidad y resistencia al daño que se aproximan a las de las piezas compuestas elaboradas a partir de compuestos de moldeo de fibras discontinuas de alto rendimiento disponibles comercialmente existentes, tales como el compuesto de moldeo HexMC® (Hexcel Corporation, Dublín CA). Por consiguiente, los compuestos de moldeo de fibras discontinuas de la presente invención que se elaboran usando estopas que tienen números relativamente bajos de filamentos son útiles como alternativa de bajo coste a los compuestos de moldeo de alto rendimiento disponibles comercialmente.

Como característica adicional de la presente invención, se descubrió que un compuesto de moldeo de fibras discontinuas elaborado según la presente invención puede moldearse para dar una pieza compuesta más tenaz cuando el resto de estopas de fibra de carbono se trocearon para dar estopas de fibra troceadas relativamente largas (de 5 a 10 cm). Se encontró que la combinación de un recuento de filamentos relativamente bajo (3K) y una longitud de estopa de fibra troceada relativamente alta (de 5 a 10 cm) proporciona un compuesto de moldeo particularmente útil que puede usarse para formar piezas compuestas que tienen resistencias a la tracción de bastante más de 300 MPa.

Las características y las ventajas asociadas descritas anteriormente y muchas otras de la presente invención se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una representación esquemática de un método a modo de ejemplo según la presente invención para tomar un resto inservible de estopa de fibra de carbono y convertirlo en un compuesto de moldeo de fibras discontinuas útil.

La Fig. 2 es una vista ampliada y simplificada de una porción diminuta de las estopas de fibra de carbono troceadas y las partículas de resina antes y después de la etapa de calentamiento que se requiere para formar compuestos de moldeo según la presente invención. La Fig. 2 demuestra cómo las partículas de resina que se unen mediante atracción electrostática a unas pocas de las estopas de fibra de carbono troceadas se reblandecen o se funden durante la etapa de calentamiento para formar un conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas individuales que se estabilizan mediante las partículas de resina que se han unido térmicamente a las estopas.

Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona una manera para tomar restos de estopas de fibra de carbono y convertirlos en compuestos de moldeo discontinuos de coste relativamente bajo. Los compuestos de moldeo pueden usarse en una amplia variedad de situaciones en las que se requiere un compuesto de moldeo de material compuesto versátil. Por ejemplo, el compuesto de moldeo de la invención puede usarse de la misma manera que compuestos de moldeo discontinuos de alto rendimiento disponibles comercialmente, tales como el compuesto de moldeo HexMC® (Hexcel Corporation, Dublín CA), que se compone de piezas troceadas de cinta UD y matriz de resina. Compuestos de moldeo que se elaboran a partir de fragmentos troceados de cinta UD y matriz de resina se describen en la patente estadounidense n.º 8366046 y las solicitudes publicadas estadounidenses publicadas n.ºs 2012-0040169 y 2013-0101406. El compuesto de moldeo de la presente invención puede verse como una alternativa de bajo coste a los compuestos de moldeo de medio y alto rendimiento.

En la Fig. 1 se muestra una representación esquemática de un método preferido a modo de ejemplo según la presente invención. Inicialmente, el método implica proporcionar carretes de fibra de carbono gastados 10 que

contienen un resto de estopa de fibra de carbono 12. Tales carretes de fibra de carbono gastados se generan durante el trenzado de material textil de fibra de carbono o la producción de cinta UD de fibra de carbono. Los carretes iniciales que se cargan en el sistema de trenzado o la línea de producción de cinta UD están llenos de estopa de fibra de carbono tal como se muestra con línea discontinua en 11.

5 Carretes llenos de fibras de carbono están disponibles comercialmente, por ejemplo, de Hexcel Corporation (Dublín, CA) bajo el nombre comercial HexTow®. Algunos ejemplos de carretes llenos son: 1) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS2C 3K que pesa 0,200 g/m y que tiene una densidad de 1,80 g/cm³; 2) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS4 3K que pesa 0,210 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³; 3) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS4 6K que pesa 0,427 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³; 4) un carrete que contiene 3632 gramos de estopa de fibra de carbono AS4 carbono 12K que pesa 0,858 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³; 5) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS4C 3K que pesa 0,200 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 6) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS4C 6K que pesa 0,400 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 7) un carrete que contiene 3632 gramos de estopa de fibra de carbono AS4C 12K que pesa 0,800 g/m y que tiene una densidad de 1,80 g/cm³; 8) un carrete que contiene 3632 gramos de estopa de fibra de carbono AS4D 12K que pesa 0,765 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³; 9) un carrete que contiene 3632 gramos de estopa de fibra de carbono AS7 12K que pesa 0,800 g/m y que tiene una densidad de 1,80 g/cm³; 10) un carrete que contiene 908 gramos de estopa de fibra de carbono IM2A 6K que pesa 0,223 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 11) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono IM2A 12K que pesa 0,446 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 12) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono IM2C 12K que pesa 0,446 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 13) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono IM6 12K que pesa 0,446 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 14) un carrete que contiene 908 gramos de estopa de fibra de carbono IM7 6K que pesa 0,223 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 15) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono IM7 12K que pesa 0,446 g/m y que tiene una densidad de 1,78 g/cm³; 16) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono AS4D 12K que pesa 0,446 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³; 17) un carrete que contiene 908 gramos de estopa de fibra de carbono IM9 12K que pesa 0,335 g/m y que tiene una densidad de 1,80 g/cm³; 16) un carrete que contiene 1816 gramos de estopa de fibra de carbono IM10 12K que pesa 0,224 g/m y que tiene una densidad de 1,79 g/cm³.

Con el fin de calificarlo como "carrete de fibra de carbono gastado", el carrete o la bobina tiene que contener un resto de estopa de fibra de carbono. Un resto de estopa de fibra de carbono es el resto de una estopa mucho más larga y normalmente el resto de la estopa de fibra de carbono que está presente en un carrete lleno. El resto de estopa de fibra de carbono tiene una longitud que es demasiado corta para que la estopa sea útil en la elaboración de estructuras fibrosas tejidas o unidireccionales. Por ejemplo, con el fin de considerarse como resto de estopa de fibra de carbono en muchas situaciones, la longitud del resto debe ser de menos de 500 metros y preferiblemente menos de 250 metros. En otro ejemplo, cualquier carrete de estopa de fibra de carbono que se ha usado en un proceso de producción y entonces se ha retirado del servicio también se considera que es un carrete gastado que contiene un resto de estopa de fibra de carbono.

En un ejemplo, puede pesarse un carrete de fibra de carbono con el fin de determinar si se califica como carrete gastado. Se considera que el carrete es un carrete gastado si el peso de estopa de fibra de carbono que queda en el carrete corresponde a una longitud de menos de 500 metros. El peso lineal de la estopa de fibra de carbono puede usarse para calcular la longitud de la estopa presente en el carrete lleno así como la longitud del resto que queda en el carrete gastado. Por ejemplo, si la estopa de fibra de carbono pesa 0,200 g/m y el carrete lleno contiene 2000 gramos de estopa de fibra de carbono, entonces la longitud de la estopa inicial es de 10.000 metros (5 m/g x 2000 g). Se considera que el carrete es un carrete gastado cuando quedan menos de 100 gramos de estopa de fibra de carbono en el carrete. Mediante cálculo (5 m/g x 100 g), el resto que queda en el carrete gastado tiene una longitud de menos de 500 metros.

Ejemplos específicos del peso de carretes gastados que contienen estopas que se consideran que son estopas de fibra de carbono restantes son los siguientes: 1) la longitud de la estopa en un carrete lleno (1816 gramos) de fibra de carbono AS4C 3K es de 9080 metros (5 m/g x 1816 g) y se considera que el carrete está gastado cuando la estopa que queda en el carrete pesa menos de 100 g (5 m/g x 100 g = 500 metros); 2) la longitud de la estopa en un carrete lleno (1816 gramos) de fibra de carbono AS4C 6K es de 4540 metros (2,5 m/g x 1816 g) y se considera que el carrete está gastado cuando la estopa que queda en el carrete pesa menos de 200 g (2,5 m/g x 200 g = 500 metros); y 3) la longitud de la estopa en un carrete lleno (3632 gramos) de fibra de carbono AS4C 12K es de 4540 metros (1,25 m/g x 3632 g) y se considera que el carrete está gastado cuando la estopa que queda en el carrete pesa menos de 400 g (1,25 m/g x 400 g = 500 metros).

Puede ser necesario retirar un carrete del trenzado o de la línea de producción de pre-impregnación cuando quedan más de 500 metros de la estopa inicial de fibra de carbono en el carrete. Por ejemplo, un carrete puede retirarse en una fase temprana si es más corto que los otros carretes necesarios para producir una cinta UD o un refuerzo de material textil, ya que requeriría un empalme que requiere mucho tiempo del carrete para coincidir con las longitudes de fibra de los otros carretes. También se considera que estos carretes son carretes gastados, dado que no son

adecuados para su devolución a la línea de producción. Además, puede haber situaciones en las que se usan carretes llenos de estopa de carbono solos o como fuente complementaria de estopas de carbono que se usan para formar el compuesto de moldeo. El uso de carretes llenos de estopa de fibra de carbono como fuente para estopas troceadas es una alternativa costosa. Por consiguiente, el uso de carretes llenos de estopas de fibra de carbono está limitado preferiblemente a aquellas situaciones en las que el suministro de estopas de fibra de carbono restantes no es suficiente para satisfacer la especificación del producto o las demandas de producción. La cantidad de estopas de fibra de carbono en el compuesto de moldeo que no son de carretes gastados de estopas de fibra de carbono se mantiene preferiblemente por debajo del 20 por ciento en peso de las estopas presentes en el compuesto de moldeo y preferiblemente por debajo del 10 por ciento en peso. Los más preferidos son compuestos de moldeo en los que las estopas de fibra de carbono restantes constituyen el 98 por ciento en peso o más de las estopas de fibra de carbono totales presentes en el compuesto de moldeo.

Tal como se representa mediante la flecha 14, el resto de estopa de fibra de carbono 12 se retira del carrete gastado 10 y se trocea para formar un conjunto 16 de estopas de fibra de carbono troceadas 18 que tienen una longitud de desde 1 cm hasta 10 cm. La operación de troceado puede realizarse usando cualquiera de los métodos conocidos para cortar estopas de fibra de carbono. Tales métodos incluyen corte mecánico y/o corte en rodajas usando un cuchillo ultrasónico. Se prefieren los métodos de corte ultrasónicos. La estopa puede extenderse antes de cortarse, si se desea. En la técnica se conocen métodos para extender estopas.

El conjunto 16 de estopas de fibra de carbono troceadas 18 se mezcla entonces con una resina termoendurecible en polvo, tal como se representa mediante la flecha 20, para formar una combinación 22 de estopas de fibra de carbono troceadas 18 y partículas de resina termoendurecible en polvo 24. La resina puede ser cualquiera de las resinas termoendurecibles o termoplásticas en polvo que son sólidas a temperatura ambiente y que se usan normalmente para elaborar materiales compuestos. Pueden usarse mezclas de resinas termoendurecibles y resinas termoplásticas que incluyen resinas epoxi que se vuelven tenaces con termoplásticos. Las resinas termoendurecibles en polvo son preferiblemente resinas completamente formuladas que incluyen agentes de curado, aceleradores, catalizadores y cualquier aditivo deseado. Las resinas a modo de ejemplo incluyen resinas epoxi, resinas de poliéster, resinas de bismaleimida y resinas de isocianurato de dialilo.

Se prefieren las resinas epoxi que son sólidas a temperatura ambiente para su uso como resina termoendurecible en polvo. Por ejemplo son adecuadas las resinas epoxi-novolaca de cresol y las resinas epoxi basadas en la reacción de epiclorhidrina y bisfenol A (epoxi de bisfenol A) que son sólidas a temperatura ambiente. Se prefieren particularmente las combinaciones de resinas epoxi-novolaca de cresol y epoxi de bisfenol A que se curan con diciandiamida o un agente de curado equivalente. La epoxi-novolaca de cresol debe constituir al menos el 50 por ciento en peso de la resina en polvo. Las resinas epoxi-novolaca de cresol preferidas son aquellas elaboradas a partir de novolaca de ortocresol-formaldehído que se hace reaccionar con epiclorhidrina para formar la resina epoxi-novolaca. El peso molecular de la resina epoxi-novolaca es preferiblemente de entre 1000 y 1500. El peso molecular de la resina epoxi de bisfenol A también es preferiblemente de entre 1000 y 1500.

La resina termoendurecible en polvo debe componerse de partículas cuyo tamaño oscila entre unas pocas micras y 150 micras. Los polvos contienen preferiblemente distribuciones de partículas tales que al menos el 50 por ciento de las partículas tienen tamaños de partícula que son menores de 50 micras y al menos el 90 por ciento de las partículas tienen tamaños de partículas que son menores de 100 micras. El polvo de resina debe fluir libremente a temperaturas ambientales de modo que pueda mezclarse uniformemente con las estopas troceadas. Las partículas de resina no deben pegarse entre sí con el fin de evitar la formación de aglomerados no deseados durante el mezclado de las fibras troceadas con la resina en polvo.

En una realización preferida, la temperatura de transición vítrea (T_g) de las resinas epoxi curadas se aumenta añadiendo una pequeña cantidad (el 10 por ciento en peso o menos) de una epoxi multifuncional a la resina. La epoxi multifuncional aumenta la reticulación de la resina durante el curado, lo que provoca que la T_g de la resina curada aumente. Tales resinas epoxi multifuncionales son normalmente líquidas a temperatura ambiente. Por consiguiente, la epoxi multifuncional preferiblemente se mezcla previamente con la(s) resina(s) epoxi sólida(s) y entonces se muele para formar el polvo que se mezcla con las estopas troceadas. Puede usarse cualquier epoxi multifuncional siempre que aumente la reticulación de la resina durante el curado para aumentar la T_g y también siempre que pueda combinarse con las resinas sólidas para formar una resina final en polvo. Se prefieren las resinas epoxi tetrafuncionales, tales como tetraglicidilmetilendianilina (TGMDA).

Puede usarse cualquier número de resinas epoxi diferentes para elaborar la resina termoendurecible en polvo que se aplica a las estopas restantes troceadas. Sin embargo, una resina termoendurecible en polvo preferible es una combinación de epoxi de bisfenol A y epoxi-novolaca de cresol sólidas en combinación con una epoxi tetrafuncional líquida. La diciandiamida es el agente de curado preferido, añadiéndose urona o diurona como catalizador. La diciandiamida debe estar en forma de un polvo que tiene tamaños de partícula que son iguales o menores que los tamaños de partícula de la resina epoxi. Se prefieren los polvos de diciandiamida que tienen tamaños de partícula en el intervalo de 1 micra a 10 micras. Las uronas difuncionales (diurona) son los catalizadores de urona preferidos. La diurona también debe estar en forma de un polvo que tiene tamaños de partícula que son iguales a o menores que

los tamaños de partícula de la resina epoxi. Se prefieren los polvos de diurona que tienen tamaños de partícula también están en el intervalo de 1 micra a 10 micras.

5 Las resinas termoendurecibles en polvo preferidas contendrán: del 10 al 40 por ciento en peso de epoxi de bisfenol A sólida; del 50 al 80 por ciento en peso de epoxi-novolaca de cresol; el 2-10 por ciento en peso de epoxi tetrafuncional líquida, tal como TGMDA; del 0,5 al 4 por ciento en peso de agente de curado de diciandiamida; y del 1 al 6 por ciento en peso de catalizador de diurona. Tal como se mencionó anteriormente, la TGMDA líquida se mezcla previamente con las otras dos resinas epoxi sólidas para formar una combinación de resinas que se muele hasta los tamaños de partícula deseados. Esta combinación de epoxi en polvo se combina entonces con el agente de curado particulado y el catalizador para formar el polvo termoendurecible final que se mezcla entonces con las estopas de fibra de carbono troceadas.

15 La resina en polvo 24 y las estopas de fibra de carbono troceadas 18 se mezclan entre sí usando cualquier tipo de aparato de combinación que proporcione un mezclado profundo de las estopas de fibra de carbono troceadas y la resina en polvo sin alterar las estopas. Se prefieren aparatos de combinación de tipo tambor en los que las fibras y las estopas troceadas se agitan suavemente a medida que se hace rotar el tambor. Se prefiere que las estopas de fibra de carbono troceadas y la resina en polvo se alimenten como un lote al aparato de combinación de tambor y se mezclen para formar un lote de estopas de fibra de carbono troceadas y resina termoendurecible en polvo combinadas. También pueden usarse sistemas de mezclado de flujo continuo siempre que las fibras troceadas y la resina en polvo se mezclen profundamente entre sí sin alterar la estructura de la estopa. Durante el proceso de mezclado o de combinación, las partículas de resina en polvo se adhieren por electricidad estática a los filamentos de las estopas de fibra de carbono troceadas. Como resultado, las partículas de resina se distribuyen uniformemente y se unen a los fragmentos de estopa de fibra de carbono durante la etapa de mezclado. La atracción eléctrica estática entre las partículas y las estopas garantiza que las partículas de resina permanezcan unidas a las estopas troceadas y no entre sí. Como resultado, las partículas de polvo permanecen dispersadas uniformemente por toda la combinación 22 cuando se ha completado el mezclado.

30 La siguiente etapa en el método para elaborar el compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas implica calentar la combinación 22 a una temperatura suficiente durante un tiempo suficiente para proporcionar un reblandecimiento o una fusión parcial de las partículas de resina en polvo. Esta etapa de calentamiento/reblandecimiento estabiliza los filamentos de carbono en las estopas uniendo las partículas de resina de manera más segura a los filamentos y evitando cualquier alteración adicional de las estopas. Las temperaturas y los tiempos de calentamiento específicos variarán dependiendo de la estopa de fibra de carbono y la resina particulares que se usen así como el tamaño de las partículas de resina. La combinación de temperatura y tiempos de calentamiento se elige de modo que las partículas de resina se reblandezcan o se fundan sólo lo suficiente para unirse a las estopas y estabilizar los filamentos. No es necesario que las partículas se fundan completamente y fluyan al interior de las estopas de fibra de carbono. Sólo se requiere que las partículas de resina se fundan suficientemente para unirse a las estopas y estabilizar las estopas frente a una posible alteración adicional de los filamentos durante la manipulación, el almacenamiento y el moldeo. Las temperaturas que son suficientes para fundir parcialmente las partículas de resina y estabilizar los filamentos de estopa oscilarán normalmente entre 50 y 200°C dependiendo del tipo de resina que se esté usando. Los tiempos de calentamiento típicos oscilarán entre unos pocos segundos y 2 minutos, una vez que se haya alcanzado la temperatura objetivo. El tiempo que se tarda en calentar la combinación 22 desde la temperatura ambiente hasta la temperatura objetivo debe mantenerse a un mínimo.

45 Después de que las partículas de resina se hayan reblandecido o fundido suficientemente, las estopas de fibra de carbono troceadas recubiertas con resina se enfrían hasta temperatura ambiente o por debajo de la misma para formar el compuesto de moldeo final 28. Las etapas de calentamiento/fusión y enfriamiento se representan mediante la flecha 26 en la Fig. 1. El compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas 28 está listo para su uso para moldearse en una amplia variedad de piezas compuestas 30. La resina debe tener poca, si alguna, pegajosidad a temperatura ambiente. Esto hace que la manipulación y conformación del compuesto de moldeo sean más fáciles que si los elementos de resina-estopa troceada fuesen pegajosos y se pegasen entre sí. Los elementos de resina-estopa de fibra troceada deben poder separarse en elementos individuales mediante manipulación suave del compuesto de moldeo.

55 La Fig. 2 ilustra una vista ampliada y simplificada de una porción diminuta de la combinación 22 de estopas de carbono troceadas 18 y las partículas de resina 24. Esta figura demuestra que las partículas de resina 24 se unen a la superficie de las estopas 18 sólo por medio de atracción electrostática. Durante la etapa de calentamiento, tal como se representa mediante la flecha 26, las partículas se reblandecen o se funden suficientemente de modo que forman zonas de resina 32 que se unen térmicamente a las estopas 34. Esta etapa de unión térmica estabiliza los filamentos en la estopa y evita que se alteren durante su manipulación. Además, la unión térmica de las partículas de resina a las estopas evita que se adhieran entre sí y formen aglomerados no deseables de los elementos de resina-estopas de fibra de carbono. Con el fin de formar un compuesto de moldeo útil, los elementos de resina-estopa de fibra de carbono individuales deben estar en forma de un conjunto de elementos independientes tal como se muestra con 36 en la Fig. 2.

El material de moldeo 28 puede conformarse para dar cualquier forma deseada y moldearse según procedimientos de moldeo conocidos para el tipo particular de resina y fibra de carbono que se estén usando. Las piezas a modo de ejemplo que pueden moldearse usando el compuesto de moldeo de la presente invención incluyen abrazaderas, conectores, pinzas y cualquier pieza estructural que tenga una forma compleja.

5 El tipo de fibras de carbono que pueden usarse para elaborar un compuesto de moldeo según la presente invención sólo está limitado por las fuentes de resto de fibras de carbono que estén disponibles. En general es adecuado cualquiera de los tipos de fibra de carbono disponibles comercialmente que se usan en la elaboración de materiales compuestos de alto rendimiento. Los ejemplos incluyen estopas de fibra de carbono AS2C, AS4, AS4C, AS4D, AS7, 10 IM2A, IM2C, IM6, IM7, IM8, IM9 e IM10 que están disponibles de Hexcel Corporation (Dublín, CA).

Puede usarse más de un tipo de resto de estopa de fibra de carbono para elaborar un compuesto de moldeo particular. Esto es especialmente útil en situaciones en las que están disponibles varios carretes gastados de diferentes tipos de resto de estopas de fibra de carbono para su recuperación. Se encontró que los compuestos de moldeo a modo de ejemplo que contenían una mezcla de diferentes tipos de estopas de fibra de carbono producían 15 piezas compuestas moldeadas que reflejaban la combinación de propiedades de las diferentes estopas de fibras. Además pueden elaborarse compuestos de moldeo que incluyen mezclas de estopas que tienen un número diferente de filamentos y diferentes longitudes de estopa.

20 Por ejemplo, tal como se muestra en la Fig. 2, se elabora un compuesto de moldeo en el que se usan al menos cuatro tipos diferentes de estopas de fibra de carbono restantes tal como se representa mediante las estopas de fibra de carbono troceadas 18, 18a, 18b, 18c y elementos de resina-estopa de fibra troceada 34, 34a, 34b y 34c. El uso de diferentes restos de estopas de fibra de carbono permite variar y controlar las propiedades físicas de la pieza moldeada. Las propiedades de la pieza moldeada variarán dependiendo del número de filamentos en las estopas 25 troceadas, la longitud de las estopas y el tipo de fibra de carbono en las estopas troceadas. Por consiguiente, pueden elegirse diversas combinaciones de estopas de fibra de carbono restantes para elaborar productos moldeados que tienen una amplia gama de propiedades físicas.

30 La cantidad de polvo de resina termoendurecible que se mezcla con las estopas de fibra de carbono troceadas puede variarse para satisfacer diferentes demandas de producto. Para compuestos de moldeo de fibras de carbono discontinuas de alto rendimiento, la cantidad de polvo de resina termoendurecible debe ser de desde el 30 hasta el 50 por ciento en peso del compuesto de moldeo total. El compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas de alto rendimiento preferido debe contener desde el 33 hasta el 43 por ciento en peso del compuesto de moldeo total.

35 El moldeo de los compuestos de moldeo de fibras de carbono discontinuas de la presente invención puede llevarse a cabo según procedimientos de moldeo conocidos para otros compuestos de moldeo de alto rendimiento, tales como el compuesto de moldeo HexMC®. El compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas sin curar se pone en un molde que se compone normalmente de dos mitades de molde y conformado para dar la forma deseada. Una vez conformado en el molde, el conjunto compuesto sin curar se calienta hasta la temperatura de curado de 40 la(s) resina(s) y se moldea bajo presión para formar la estructura o pieza compuesta deseada. Las temperaturas de curado típicas para resinas epoxi en polvo oscilan entre 140°C y 225°C. Las temperaturas de curado preferidas oscilan entre 140°C y 190°C. Las presiones internas dentro del molde pueden variar desde ligeramente por encima de la presión atmosférica hasta 13,8 MPa (2000 psi). Se prefiere el moldeo a alta presión para elaborar piezas compuestas de alto rendimiento. Tal moldeo a alta presión se lleva a cabo a presiones que están por encima de 45 3,45 MPa (500 psi) y por debajo de 13,8 MPa (2000 psi) a las temperaturas de curado. Una vez que el compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas sin curar se ha curado completamente (normalmente de 5 minutos a 1 hora a la temperatura de curado), la pieza se retira del molde y se enfría para formar la pieza compuesta final.

Ejemplos prácticos son tal como sigue:

50 Ejemplo 1

Se trocearon en fragmentos grupos de estopas de fibra de carbono AS4C que tienen 3K, 6K y 12K filamentos usando un cuchillo ultrasónico. Las estopas de fibra de carbono se trocearon en fragmentos de estopa que tenían 55 una longitud o bien de aproximadamente 2,5 cm o bien de aproximadamente 5 cm. Las estopas de fibra de carbono eran o bien de calidad de fibra AS4 CP3000 o calidad de fibra AS4 CP4000 (Hexcel Corporation - Dublín, CA). El peso lineal de las estopas 3K era de 0,200 g/m, siendo el peso lineal de las estopas 6K y 12K de 0,400 g/m y 0,800 g/m, respectivamente. El término "aproximadamente", cuando se usa en esta memoria descriptiva es igual al valor especificado más o menos el 5 por ciento.

60 Cada grupo de estopa troceada se mezcló con una resina epoxi en polvo en un tambor rotatorio para proporcionar combinaciones de estopas de fibra de carbono troceadas y resina termoendurecible en polvo que contenían aproximadamente el 38 por ciento en peso de resina epoxi basado en el peso total del compuesto de moldeo. La resina epoxi en polvo contenía una combinación de: el 17 por ciento en peso de resina epoxi de bisfenol A sólida; el 65 71 por ciento en peso de resina epoxi-novolaca de cresol; el 5 por ciento en peso de resina epoxi tetrafuncional líquida (TGMDA); el 2 por ciento en peso de agente de curado de diciandiamida; y el 3,5 por ciento en peso de

acelerador de urona. La epoxi tetrafuncional líquida se mezcló previamente con la epoxi-novolaca de cresol sólida y se conformó para dar un polvo antes de combinarse con los otros componentes en polvo. Este tipo de combinación de resinas epoxi en polvo tiene un punto de reblandecimiento de entre 60°C y 80°C.

5 Cada combinación de polvo y estopas troceadas se calentó rápidamente hasta una temperatura de aproximadamente 110°C y se mantuvo así durante 30 segundos con el fin de fundir parcialmente las partículas de polvo y permitir que se adhiriesen a las estopas. Tras estar a 110°C durante 30 segundos, las combinaciones se enfriaron hasta temperatura ambiente y se conformaron para dar láminas de 30 cm x 30 cm de material de moldeo de fibras de carbono discontinuas.

10 La lámina de material de moldeo se curó a una presión de 6,9 MPa (1000 psi) a 160°C durante 10 minutos. La lámina curada resultante tenía un grosor de 4 mm. Entonces se sometió a prueba la lámina curada para la resistencia a la tracción (MPa), el módulo de tracción (GPa), la resistencia al cizallamiento interlaminar (ILSS) y la temperatura de transición vítrea (Tg). La ILSS se determinó mediante el método de prueba EN 2563 y la Tg se determinó mediante un análisis mecánico dinámico (DMA). Los resultados de las pruebas se exponen en la tabla 1.

TABLA 1

Tipo de fibra	Calidad de fibra	Longitud de fibra troceada (mm)	Tamaño de fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de tracción (GPa)	ILSS (Mpa)	Tg mediante DMA (°C)
AS4C GP	CP3000	25	3K	291	36,5	48	129
			6K	251	38	48	133
			12K	195	35,7	35	124
		50	3K	320	36,5	52	136
			6K	315	42,1	63	134
			12K	227	36,7	40	124
	CP4000	25	3K	293	46	54	137
			6K	227	35,4	43	117
		50	3K	383	45,1	57	128
			6K	310	39,3	49	129

20 Como puede observarse a partir de la tabla 1, los laminados elaborados usando fragmentos de estopa de carbono 3K tenían una resistencia a la tracción sustancialmente mejor que los laminados 6K y 12K. Además, los fragmentos de estopa de carbono de 5 cm tenían una resistencia a la tracción sustancialmente mejor que los fragmentos de estopa de carbono de 2,5 cm. Además, los laminados elaborados con la combinación de estopas 3K y longitudes de estopa de 5 cm tenían resistencias a la tracción particularmente altas.

25 Ejemplo 2

30 Se elaboraron diez laminados de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto porque las estopas de fibra de carbono 3K, 6K y 12K troceadas se combinaron en diferentes proporciones en peso para formar compuestos de moldeo de fibras de carbono discontinuas que contenían cantidades diferentes de cada tipo de estopa que oscilaban entre el 0 y el 100 por cien en peso. Todos los fragmentos troceados de estopas de fibra de carbono tenían una longitud de aproximadamente 5 cm y se elaboraron todos usando estopas de fibra de carbono AS4 de calidad CP3000. La composición en porcentaje en peso de los diez laminados se expone en la tabla 2.

TABLA 2

Número de laminado	Composición de laminado		
	AS4C 3K CP3000	AS4C 6K CP3000	AS4C 12K CP3000
1	67	17	17
2	50	50	0
3	50	0	50
4	17	17	67
5	0	50	50
6	33	33	33
7	17	67	17
8	0	0	100
9	100	0	0
10	0	100	0

35 Los diez laminados se curaron de la misma manera que en el ejemplo 1 y se sometieron a prueba para la resistencia a la tracción y el módulo de tracción. Los resultados se exponen en la tabla 3.

TABLA 3

Laminado	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de tracción (GPa)
1	249	39,7
2	319	45,0
3	239	35,7
4	258	39,9
5	236	37,8
6	278	42,5
7	289	44,2
8	258	41,4
9	348	40,4
10	253	41,1

Como puede observarse a partir de la tabla 3, los laminados que contenían el 100 por cien en peso de estopas de fibra de carbono troceadas 3K o una combinación del 50 por ciento en peso de 3K y el 50 por ciento en peso de estopas de fibra de carbono troceadas 6K tenían resistencias a la tracción (348 MPa y 319 MPa, respectivamente) que eran significativamente mayores que las de los otros laminados. La combinación de aproximadamente el 50 por ciento en peso de estopas de fibra de carbono 3K con aproximadamente el 50 por ciento en peso de estopas de fibra de carbono 6K proporciona una combinación inusualmente buena de resistencia a la tracción alta (319 MPa) y módulo de tracción alto (45 GPa) que no podía conseguirse usando estopas 3K, 6K o 12K solas o usando las otras combinaciones de estopas de fibra de carbono troceadas que se exponen en la tabla 2.

Ejemplo 3

Se prepararon tres laminados y se sometieron a prueba de la misma manera que en el ejemplo 1. El primer laminado contenía el 100 por cien en peso de fragmentos de estopa de fibra de carbono troceada AS4C GP 12K G3000 que tenían una longitud de 5 cm. El segundo laminado contenía el 100 por cien en peso de fragmentos de estopa de fibra de carbono troceada IMA GS 12K (Hexcel Corporation - Dublín, CA) que tenían una longitud de 5 cm. El tercer laminado contenía el 50 por ciento en peso de cada uno de los fragmentos de estopa de carbono usados para elaborar los dos primeros laminados. Los laminados se curaron y se sometieron a prueba de la misma manera que en el ejemplo 1. Los resultados de prueba se exponen en la tabla 4.

TABLA 4

Tipo de fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de tracción (GPa)	ILSS (Mpa)
100% de AS4C GP 12K CP3000	213	43,5	53
50% de AS4C GP 12K CP3000 + 50% de IMA GS 12K	255	46	46
100% de IMA GS 12K	303	48,6	50

Como puede observarse a partir de la tabla 3, el tipo de resto de estopa de fibra de carbono usado para elaborar el compuesto de moldeado discontinuo sí tiene un efecto sobre las propiedades mecánicas del material compuesto moldeado.

Ejemplo 3

Se prepararon tres laminados y se sometieron a prueba de la misma manera que en el ejemplo 1. El primer laminado contenía el 100 por cien en peso de fragmentos de estopa de fibra de carbono troceada IMA GS 12K que tenían una longitud de 5 cm. El segundo laminado contenía el 100 por cien en peso de fragmentos de estopa de fibra de carbono troceada IM9 GP 12K (Hexcel Corporation - Dublín, CA) que tenían una longitud de 5 cm. El tercer laminado contenía el 50 por ciento en peso de cada uno de los fragmentos de estopa de carbono usados para elaborar los dos primeros laminados. Los laminados se curaron y se sometieron a prueba de la misma manera que en el ejemplo 1. Los resultados de prueba se exponen en la tabla 5.

TABLA 5

Tipo de fibra	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de tracción (GPa)	ILSS (Mpa)
100% de IMA GS 12K	303	48,6	50
50% de IMA GS 12K + 50% de IM9 GP 12K	322	49,4	50

100% de IM9 GP 12K	317	50	54
--------------------	-----	----	----

- 5 Como puede observarse a partir de la tabla 5, las estopas de fibra de carbono 12K IMA e IM9 pueden usarse para elaborar un compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas que produce piezas compuestas con propiedades mecánicas que son similares a las que pueden obtenerse usando un compuesto de moldeo de fibras de carbono discontinuas que contiene el 100 por cien de estopas de fibra de carbono 3K AS4. Debe indicarse que se espera que el compuesto de moldeo discontinuo elaborado usando fragmentos de estopa de fibra de carbono 3K IMA y/o IM9 produzca piezas compuestas que tengan propiedades mecánicas que son mejores que las que pueden obtenerse usando estopas de fibra de carbono 12K IMA y/o IM9.
- 10 Habiendo descrito de esta manera realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, los expertos en la técnica deben darse cuenta de que las divulgaciones en las mismas son sólo a modo de ejemplo y que pueden realizarse otras diversas alternativas, adaptaciones y modificaciones dentro del alcance de la presente invención. Por consiguiente, la presente invención no está limitada por las realizaciones descritas anteriormente, sino que sólo está limitada por las siguientes reivindicaciones.
- 15

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas (36), comprendiendo dicho método las etapas de:
- 5 proporcionar un conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas (18) que tienen una longitud de desde 1 cm hasta 10 cm;
- 10 mezclar una resina termoendurecible en polvo que comprende partículas de resina termoendurecible (24) con dicho conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas para formar una combinación de estopas de fibra de carbono troceadas (18) y resina termoendurecible en polvo (24), en la que dichas partículas se unen a dichas estopas de fibra de carbono troceadas mediante atracción eléctrica estática; y
- 15 calentar dicha combinación de fibra de carbono troceada (18) y partículas de resina termoendurecible (24) hasta una temperatura suficiente durante un tiempo suficiente para fundir parcialmente dichas partículas de resina termoendurecible y adherir dichas partículas (24) a dichas estopas de fibra de carbono troceadas (18); y
- 20 enfriar dicha combinación calentada de fibras de carbono troceadas para formar dicho compuesto de moldeo de fibras discontinuas que comprende elementos de resina-estopa de fibra troceada diferenciados (34) que comprenden dichas estopas de fibra de carbono con dichas partículas adheridas a las mismas.
- 2.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 1, en el que dichas estopas de fibra de carbono troceadas tienen una longitud de 5 - 10 cm.
- 25 3.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicha estopa de fibra de carbono comprende aproximadamente 3.000 filamentos.
- 30 4.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 3, en el que se trocean múltiples estopas de fibra de carbono para formar dicho conjunto de estopas de fibra de carbono troceadas y en el que cada estopa de fibra de carbono comprende filamentos y en el que los números de filamentos presentes en al menos dos de dicha estopa de fibra de carbono no son los mismos.
- 35 5.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 4, en el que dichas múltiples estopas de fibra de carbono comprenden o bien aproximadamente 3000 filamentos o bien aproximadamente 6000 filamentos.
- 40 6.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 1, en el que dicha resina termoendurecible en polvo es una resina epoxi.
- 45 7.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 6, en el que dicha resina termoendurecible en polvo asciende a desde el 30 por ciento en peso hasta el 50 por ciento en peso del peso total de dicho compuesto de moldeo.
- 50 8.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 1, en el que al menos una porción de dichas estopas de fibra de carbono troceadas se elaboran troceando un resto de estopa de fibra de carbono para dar dichas estopas de fibra de carbono troceadas.
- 55 9.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 8, en el que dicho resto de estopa de fibra de carbono consiste en aproximadamente 3000 filamentos.
- 60 10.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según la reivindicación 6, en el que dicha resina termoendurecible en polvo tiene un punto de reblandecimiento de entre 60°C y 80°C.
- 11.- Un método para elaborar un compuesto de moldeo de fibras discontinuas según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye la etapa adicional de moldear dicho compuesto de moldeo de fibras discontinuas (36) para formar una pieza compuesta (30).
- 12.- Un compuesto de moldeo de fibras discontinuas (36) que se elabora según el método según la reivindicación 1.

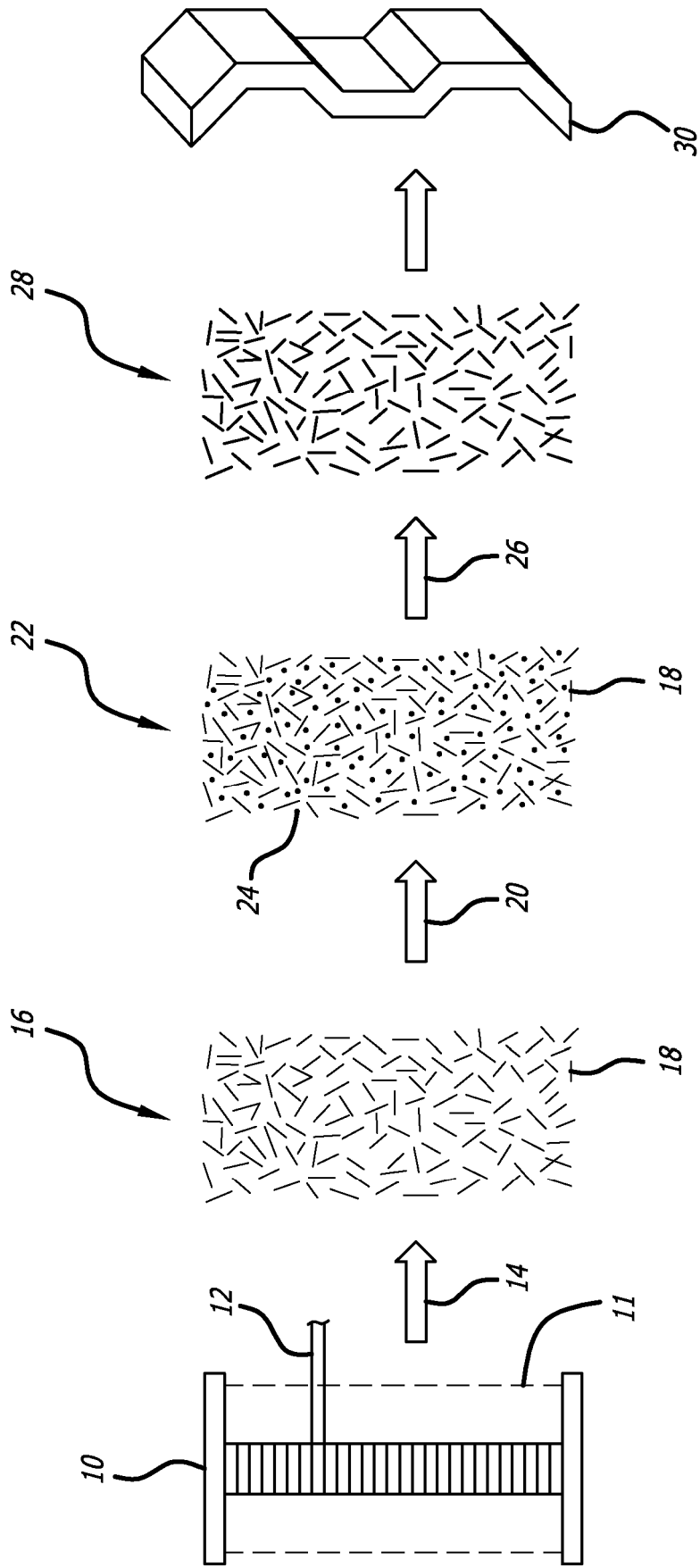


FIG. 1

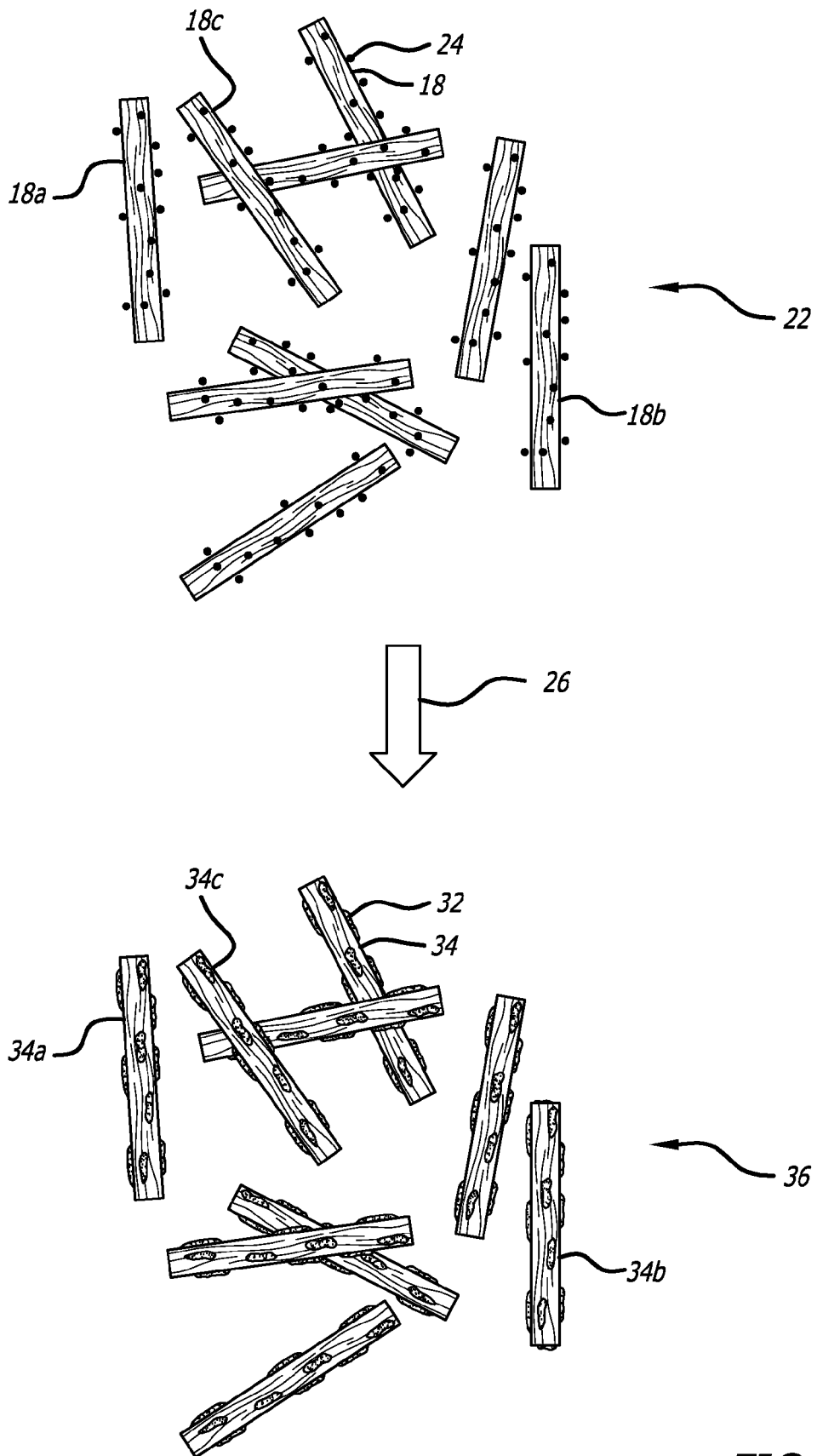


FIG. 2