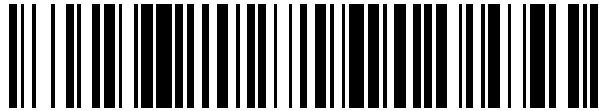


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 221**

51 Int. Cl.:

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/22 (2006.01)

B32B 5/02 (2006.01)

B32B 5/06 (2006.01)

B32B 38/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2013 PCT/FI2013/050765**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14013138**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13747858 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2874803**

54 Título: **Un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido y un método para producir el mismo**

30 Prioridad:

20.07.2012 EP 12177268
07.05.2013 FI 20135470

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.04.2017

73 Titular/es:

AHLSTROM CORPORATION (100.0%)
Alvar Aallon katu 3 C
00100 Helsinki, FI

72 Inventor/es:

BERGSTRÖM, RAINER

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 610 221 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

Un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido y un método para producir el mismo

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido y un método para producir un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la presente invención puede usarse en todas las aplicaciones tales que los reforzamientos se necesitan de forma general y especialmente en tales aplicaciones donde se usa bien tecnología de infusión al vacío o bien tecnología de moldeado de transferencia de resina (RTM) para distribuir la resina en el molde. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la presente invención es especialmente aplicable en la fabricación de aspas de turbina eólica, barcos y generalmente en todas las estructuras tales en que se necesitan formas longitudinales.

15 Antecedentes de la técnica

Cuando se fabrican productos compuestos y laminados usando diversas fibras, como por ejemplo fibras de vidrio, de carbono y de aramida así como lino, cáñamo, yute, kenaf, basalto y otras fibras naturales etc. para la fabricación de, por ejemplo, partes de barcos, de automoción y de turbina eólica, por ejemplo, la fabricación empieza con la producción de un reforzamiento de fibra apropiado como una estructura tejida o de punto que puede tener una orientación unidireccional o multi-axial. Las estructuras, después, se colocan en un molde usado en la fabricación del producto intermedio o final. El molde tiene, naturalmente, la forma del producto final lo que significa que la forma puede ser a veces muy complicada, y requiere dar forma sustancial al reforzamiento cuando se coloca en el molde. Normalmente se colocan varias capas, hasta decenas de capas, de reforzamientos una encima de la otra en el molde y se emplea una resina termoajustable tipo epoxi mezclada con un endurecedor o una resina de poliéster saturada o una resina de éster de vinilo que se introduce en el molde para formar un artículo compuesto por fibras reforzadas. La resina puede ser también termoplástica tipo PA (poliamida) o CBT (tereftalato de polibutileno cíclico) o similares. La práctica ha demostrado que cuando el producto final ha de resistir altas cargas mecánicas, los reforzamientos unidireccionales, que pueden mantenerse juntos por medio de las costuras, son una elección preferida en su fabricación. Tales reforzamientos unidireccionales están hechos de mechas o haces de filamentos, generalmente denominados fibras de reforzamiento.

El reforzamiento unidireccional está formado normalmente por una o más capas de mechas de reforzamiento, donde las mechas en una capa son unidireccionales pero las mechas de capas adyacentes tienen un cierto ángulo, normalmente 45, 60 o 90 grados. La construcción del reforzamiento depende del peso en área diana y del número de tex de las mechas. Por ejemplo si se desea un alto peso en área diana, se usa una mecha gruesa (por ejemplo con vidrio E de 2400 tex), y donde se desea el reforzamiento con bajo peso en área diana, se usa una mecha delgada (por ejemplo con vidrio E de 600 tex) en su fabricación.

El producto final, es decir, la estructura laminada curada puede fabricarse con un número de tales reforzamientos unidireccionales o multi-axiales disponiendo las capas de reforzamientos de tal manera que, en el producto final, las mechas de cada capa son paralelos o algunas capas se orientan en direcciones distintas de acuerdo con las cargas a las que se somete la construcción laminada o fabricando en primer lugar telas de varias capas de reforzamientos unidireccionales de tal manera que las mechas de capas adyacentes forman un cierto ángulo, y usando en lo sucesivo las telas formadas de esta manera en la producción del producto final. Tales telas se denominan telas biaxiales, triaxiales, cuadiaxiales, etc. dependiendo del número de diferentes orientaciones de las fibras en las mismas.

Un reforzamiento unidireccional es inherentemente inestable por naturaleza ya que los hilos van solamente en una dirección. Para ser capaces de manejar el reforzamiento unidireccional, sus mechas han de anclarse o unirse entre sí de una forma adecuada. La técnica anterior conoce, en principio, dos métodos mecánicos diferentes para un fin tal.

Un método es asegurar las mechas por medio de costuras (por ejemplo punto de urdimbre). Los hilos de costura forman bucles de puntadas, es decir, costuras, que sujetan las mechas de reforzamiento reales, en su sitio en el reforzamiento. Las costuras están formadas por diversos elementos de puntadas, por ejemplo, con agujas, que penetran la capa o las capas de fibras de reforzamiento de acuerdo con la técnica de punto de urdimbre conocida. Las costuras pueden formar varios patrones bien conocidos como por ejemplo cadena o tricot etc. El hilo de costura es típicamente, pero no necesariamente, hilo de filamento de poliéster (polietilentereftalato) texturizado o no texturizado que tiene un grosor de aproximadamente 34 dtex a aproximadamente 167 dtex y que comprende decenas de filamentos, normalmente por ejemplo 24 o 48 filamentos.

Otro método mecánico es usar la técnica de tejeduría para anclar los hilos de urdimbre longitudinales con hilos de trama de peso ligero en su lugar respectivo. Como hilos de trama se han usado tanto hilos no recubiertos como hilos recubiertos en estado fundido en caliente. Después de calentar y enfriar el aglutinante en estado fundido en caliente ha dado al reforzamiento una estabilidad considerable. Aún la alternativa de trama no se considera ya favorable

5 porque los hilos de reforzamiento forman dobleces cuando se entrecruzan sobre los hilos de trama dando lugar a concentraciones de estrés y menores propiedades mecánicas que las versiones de punto. Se ha descubierto que los hilos de aglutinante en estado fundido en caliente crean disturbios locales en el curado de la matriz y ya no se favorecen en el comercio. Típicamente, los hilos de trama son hilos de multifilamento que se quedan planos bajo compresión independientemente de ser hilos en estado fundido en caliente o no.

10 También se ha llevado al mercado un método químico para unir juntos las mechas unidireccionales por medio de diversos aglutinantes termoplásticos. Sin embargo, principalmente debido a los problemas de la permeabilidad de la resina, la rigidez del manejo y la distancia de humectación, estos reforzamientos y métodos no se han llevado a su uso a una mayor escala.

15 Los reforzamientos cosidos se conocen bien y tienen unas pocas propiedades buenas. En primer lugar, su estabilidad transversa es buena porque los hilos de costura aunque principalmente vayan longitudinalmente desde tales patrones, como el tricot, que dan a las mechas unidireccionales la integridad necesaria para el reforzamiento. En segundo lugar, el reforzamiento es fácil de posicionar en el molde (es decir, hace al reforzamiento seguir los contornos del molde) ya que el reforzamiento cosido es normalmente muy flexible si los parámetros de costura se eligen apropiadamente como la longitud de la costura, el calibre de la aguja y la tensión del hilo, sólo por nombrar unos pocos como un ejemplo.

20 El uso de costuras, sin embargo, también resulta en un problema. El problema puede verse cuando se infunde un apilamiento de reforzamientos cosidos, es decir, la denominada preforma, con resina. La distribución de la resina en haces de fibras es sorprendentemente lenta y no uniforme en ambas direcciones, es decir, en una dirección paralela a las fibras de reforzamiento y en una dirección transversal a las fibras de reforzamiento. El descubrimiento anterior es sorprendente ya que a primera vista un reforzamiento cosido parece incluir pasos de flujo en tres dimensiones. 25 Las costuras cuando se ajustan alrededor de un haz de mechas abren pasos de flujo a través del reforzamiento. Además en la dirección de los hilos de costura paralelos a la superficie del reforzamiento las mechas se presionan juntos de tal manera que se crean pasos de flujo en la superficie del reforzamiento. Y además en la dirección de las mechas el ajustamiento de las costuras forma pasos de flujo longitudinales en la superficie del reforzamiento. Podría esperarse que, cuando se coloca un reforzamiento encima de otro en el molde, el apilamiento de reforzamientos incluiría una red tridimensional de pasos de flujo, que aseguraría un rápido flujo y penetración de la resina así como una humectación veloz del apilamiento de reforzamientos. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, este no es el caso. La razón principal es que antes de que se inicie el suministro de la resina al molde el apilamiento de los reforzamientos se somete a compresión. La compresión hace a los reforzamientos presionarse unos contra otros mediante una fuerza tal que, ya que las costuras de los reforzamientos no están verticalmente uno 35 directamente sobre el otro son que su posicionamiento es aleatorio, las mechas "libres" (es decir las mechas que no están en compresión por una costura) entre las costuras de un reforzamiento se presionan contra la costura de un reforzamiento vecino. Como resultado el paso de flujo en la dirección de la superficie del reforzamiento se llena más o menos totalmente con las mechas "libres" previniendo eficazmente el flujo de resina en la dirección de la superficie de un reforzamiento. En cuanto a la parte de una costura donde el hilo de costura está en la dirección en Z aunque todavía se mantiene el paso de flujo en el apilamiento, pero quizá de alguna forma menor. Sin embargo, ahora que los pasos de flujo en la dirección de la superficie de un reforzamiento están suficientemente cercanas, el paso de flujo en la dirección en Z se mantiene llena de aire, que es muy difícil de retirar. Esto da como resultado fácilmente la presencia de burbujas de gas en el producto final, que, naturalmente, reduce la calidad y las propiedades de resistencia del producto final.

45 Ya que una buena permeabilidad de la resina es vital para la ejecución práctica del proceso de moldeado se aumenta su velocidad normalmente utilizando una diferencia de presión cuando se suministra la resina al molde. Es una práctica común aplicar tecnología de infusión al vacío o bien tecnología de moldeado de transferencia de resina (RTM) para distribuir la resina en todas las capas de reforzamiento en el molde. Sin embargo, a veces a pesar de 50 diversas medidas, como vacío y/o presión de suministro elevada, pequeñas cavidades de aire tienden a mantenerse en el reforzamiento reduciendo significativamente las propiedades de resistencia del laminado. La razón principal de las cavidades aéreas es el posicionamiento ajustado de las mechas entre sí en el reforzamiento de tal manera que su permeabilidad a la resina está limitada tanto en las direcciones transversa como longitudinal de las mechas de reforzamiento así como en la dirección en Z. En vista de lo anterior, deben investigarse nuevas vías para mejorar tanto la retirada del gas del apilamiento de reforzamientos como la permeabilidad del reforzamiento de la resina.

60 Una forma de mejorar la permeabilidad del reforzamiento es proporcionar el reforzamiento con flujos de paso para la resina, permitiendo los flujos de paso que la resina fluya rápidamente en el reforzamiento. Pueden encontrarse, en la técnica anterior, numerosas formas de disponer los pasos de flujo de resina en los reforzamientos o entre los reforzamientos en un apilamiento de reforzamientos. Sin embargo, se ha aprendido que el uso de tales pasos de flujo no es muy eficaz, ya que el vacío aplicado en la etapa de infusión tiende a desplazar o extraer mechas de las áreas vecinales o reforzamientos e incluso desplaza sus posiciones para llenar los pasos/cavidades de flujo.

65 El documento EP-A1-1491323 desvela una estructura de reforzamiento que comprende hebras de reforzamiento unidireccionales y hebras de rigidez transversales. Las hebras de rigidez se distribuyen de una manera espaciada en una capa de hebras de reforzamiento. Las hebras de rigidez pueden ser de material termoplástico de tal manera que

por fusión o reblandecimiento las hebras de rigidez se sujetan a las hebras de reforzamiento y dan al reforzamiento la estabilidad transversal que necesita. Para asegurar el suficiente drenaje capilar de la resina inyectada la capa de hebras de reforzamiento longitudinal se proporciona con hebras de drenaje longitudinales, que son, de esta manera, paralelos entre sí y a las hebras de reforzamiento. Las hebras de drenaje se disponen de una manera espaciada en la capa de hebras de reforzamiento. Las hebras de drenaje pueden formarse por fibras de vidrio cubiertas con fibras de capilaridad suficiente, como por ejemplo fibras de algodón o fibras celulósicas, para drenar la resina inyectada. Otra opción para las hebras de drenaje son las hebras de reforzamiento en cada uno de los cuales se enrolla alrededor un monofilamento. De esta manera se forma un paso de flujo espiral para la resina. Por lo tanto, está claro que los pasos de flujo en el reforzamiento se forman en la dirección longitudinal del reforzamiento.

Esto significa, en la práctica, que cuanto más grandes son los productos a fabricarse más compleja es, y más tiempo consume, la impregnación del producto final con resina. En la práctica, es imposible pensar en la impregnación de una tapadera del larguero de un aspa de turbina eólica que tiene una longitud de 50 metros o más económicamente por impregnación longitudinal. Naturalmente hay una posibilidad de disponer las inyecciones de resina, por ejemplo, a intervalos de 2 metros sobre la longitud completa de un aspa, pero es un método complicado y que consume tiempo y, por lo tanto, muy caro.

El documento EP-B1-1667838 analiza la formación de pasos de flujo en una tela compuesta formada por una pluralidad de grupos de haces de filamentos sustancialmente paralelos coaxialmente alineados, cada uno de dichos grupos de haces de filamentos teniendo uno o más haces de filamentos en los que una porción de dichos grupos de haces de filamentos contiene dos o más haces de filamentos. El flujo de resina a lo largo en la tela se planea que se asegure disponiendo espaciamiento entre los haces de filamentos en un grupo de haces de filamentos para ser menor que el espaciamiento entre grupos de haces de filamentos adyacentes. De esta manera el espaciamiento entre grupos de haces de filamentos adyacentes debe formar los pasos de flujo requeridos. Tales pasos de flujo deben permitir que la resina fluya a través de la tela, especialmente en la dirección de los haces de filamentos, es decir, en la dirección longitudinal del producto.

Sin embargo, ya que la longitud del producto final aumenta ha de entenderse que en un cierto punto la impregnación en la dirección longitudinal alcanza su límite práctico, es decir, la denominada distancia de humectación, después de eso se han tomado en consideración sería otras vías. Además, los experimentos prácticos han demostrado que los pasos de flujo se llenarán con mechas de áreas cercanas cuando se aplica el vacío en la etapa de infusión o la estructura laminada se ondula con torceduras locales en las mechas de reforzamiento reduciendo la resistencia mecánica.

El documento US-A-5.484.642 analiza un material de reforzamiento textil útil para producir artículos laminados compuestos por una técnica general de moldeado por inyección. El material reforzado, es decir la estructura laminada se fabrica disponiendo un apilamiento de capas que tienen reforzamientos textiles en un molde de una forma correspondiente a aquella del artículo a fabricarse y, después de que el molde se haya cerrado, inyectar una resina en él. Los reforzamientos textiles pueden ser de origen tejido o no tejido incluyendo astillas unidireccionales. La estabilidad transversa de las capas de reforzamiento se logra por medio de urdimbre, punto o costura o usando hilos o hilos de unión transversos. Al menos una capa del apilamiento de reforzamientos textiles tiene una estructura en la que los conductos, es decir los pasos de flujo para la resina, se extienden en al menos una dirección en la misma para facilitar el flujo de la resina durante la inyección. Los conductos pueden localizarse en dirección longitudinal y/o transversal del material. La idea principal detrás de la patente de EE.UU. anteriormente mencionada es asegurar buenas propiedades de flujo de la resina para la tela cambiando una parte de los hilos de reforzamiento para aguantar mejor la compresión debido al cierre del molde y el vacío. Esto se realiza típicamente añadiendo torsiones a una parte de los hilos de reforzamiento o hermanamiento de hilos de multifilamento de poliéster alrededor de haces de filamentos de fibra de carbono. La desventaja, sin embargo, de este concepto es que entre los hilos de reforzamiento normales se coloca un gran número de hilos relativamente largos que las condiciones de carga bajo el laminado se comportan bastante diferentes de aquellas del resto de hilos en el reforzamiento. Esto se debe principalmente a la torsión normalmente muy alta (260 TPM) que afecta a las propiedades elásticas de los hilos durante la carga. Además, la alta torsión previene o ralentiza la penetración de la resina dentro de estos hilos. Esto da lugar a una estructura laminar no homogénea donde una parte de los hilos lleva las cargas de forma diferente. Esto aumentará finalmente el riesgo del fallo prematuro del laminado en condiciones de carga estática y específicamente de carga dinámica.

Vale la pena nada señalar lo que enseña el ejemplo 5 del documento de EE.UU. de que los pasos de flujo transversales se forman disponiendo hilos de trama formados por una hebra de carbono de 3 K (3000 filamentos) cubierto con una hebra de poliéster a 260 vueltas por metro a través del material, mientras que los pasos de flujo de avance espiral se forman alrededor de las hebras cubiertas. Esto podría dar como resultado un buen flujo de resina pero 260 TPM es una torsión extremadamente alta y tiene una influencia muy negativa en las propiedades del laminado de acuerdo con el presente estado de conocimiento. Una forma bien conocida de mejorar la impregnación de resina en un apilamiento de reforzamientos es colocar en el molde tanto en la parte inferior como en la superior del apilamiento una rejilla de plástico u otro material adyuvante del flujo por medio del que la resina se dispersa rápidamente al área superficial entera de la parte de arriba y de la de abajo del reforzamiento. Después de la impregnación y el curado las rejillas se retiran de forma intensiva del laminado. El propósito de la rejilla es,

naturalmente, introducir la resina rápidamente al área entera del molde de tal manera que la impregnación en la dirección en Z de la resina en el apilamiento de reforzamientos pueda empezar tan pronto como sea posible. Sin embargo, cuanto más grueso es el apilamiento, más lento se impregna el apilamiento con la resina. Por ejemplo en las aspas de turbinas eólicas la sección transversal de la tapadera del larguero es casi un cuadrado, mientras que, para la resina, el centro del apilamiento es difícil de alcanzar.

También se sabe que a veces cuando se usan reforzamientos unidireccionales, especialmente en forma tejida, algunos hilos de asistencia o adicionales se han añadido en dirección transversal para mejorar la estabilidad transversa o las propiedades de flujo de resina. Típicamente los hilos se recubren con material en estado fundido en caliente o termoplástico distinto y los hilos son de fibra de vidrio o poliéster (por ejemplo, haces retorcidos de filamentos de vidrio - teniendo cada filamento típicamente 60 o más filamentos, teniendo cada filamento un diámetro de 10 - 15 μm) y un número tex en forma recubierta típicamente 100 - 200 tex. El recubrimiento termoplástico de los hilos es, después de urdir, fundido, mientras que fluye en los volúmenes vacíos junto con tanto el hilo como las mechas y de esta manera une las mechas de urdimbre y el hilo de trama. El recubrimiento termoplástico está formado normalmente por los tipos de materiales PA (PoliAmida) o EVA (Etileno-Acetato de Vinilo), cuyas temperaturas de fusión se disminuyen por medio de sustancias cerosas o por algún otro medio apropiado. Por lo tanto el recubrimiento termoplástico está típicamente en conflicto con la matriz de resina de infusión ya que la cantidad relativa de aglutinante es localmente muy alta en la vecindad inmediata del hilo de reforzamiento, provocando áreas locales débiles en el laminado. Los filamentos de vidrio o poliéster con pegamento se mantienen en las mechas transversales a los mismos y dan al reforzamiento una estabilidad de manejo transversal antes de la infusión o similares. Las resinas no alcanzarán la superficie real de las fibras ya que las fibras se recubren con material termoplástico.

El uso de este tipo de hilos de asistencia o adicionales en reforzamientos unidireccionales aumentará innecesariamente el peso y posiblemente provoque una distorsión local de las fibras, que son, por naturaleza, efectos indeseables. Adicionalmente las fibras de reforzamiento transversales, es decir por ejemplo fibras orientadas en dirección 90, 60 o 45 grados, pueden crear también micro-roturas cuando estas fibras, normalmente fibras de vidrio, se rompen durante la carga axial de la construcción UD a partir del que pueden originarse más roturas graves por fatiga destrozando la estabilidad del producto final. La razón para el último problema es el hecho de que la elongación a la rotura del hilo de fibra de vidrio es significativamente menor que la de la matriz en dirección transversal. Y todavía más los hilos o mechas de fibra de vidrio de multifilamento se deforman cuando se someten a presión compresora al vacío perdiendo su sección transversal originalmente redonda de tal manera que su sección transversal bajo presión es oval o incluso plana (como se muestra en la Figura 1b). La forma del hilo de multifilamento tiene una consecuencia que sus filamentos individuales se mueven a los lados dando lugar prácticamente a la formación de sección transversal oval o plana. Los hilos recubiertos con material termoplástico se comportan similarmente como el recubrimiento que se funde durante la etapa de presión con calentamiento, dando lugar a la forma plana donde hay un punto de cruce.

Adicionalmente, el documento US-A1-2005/037678 analiza un medio de infusión de resina en tela de rejilla abierta y una lámina compuesta de reforzamiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, usado en la fabricación de compuestos de resina polimérica de fibras reforzadas. Se usa la tela de rejilla abierta, por ejemplo, entre dos capas de reforzamiento para mejorar la infusión de la resina en el laminado. La tela de rejilla abierta está formada por mechas unidireccionales agrupadas cosidas de forma suelta juntas de tal manera que las mechas agrupadas formen unas hebras de dirección de trama o de urdimbre y los hilos de puntada los hilos de dirección de trama o urdimbre. La tela de rejilla abierta puede tener también mechas agrupadas en direcciones tanto de urdimbre como de trama, en las que las mechas todavía están cosidas de forma suelta juntas.

En otras palabras, la técnica anterior sugiere, por un lado, el uso de multifilamentos para disponer pasos de flujo en una dirección transversal a la dirección de las mechas de reforzamiento, y por otro lado, el uso de hilos de multifilamento dispuestos en dirección transversal para algún fin distinto, por ejemplo para unir las mechas con pegamento o para usar como puntadas.

En primer lugar, las hebras o hilos retorcidos de la técnica anterior, es decir, los multifilamentos usados para formar los pasos de flujo transversal tienen un diámetro (antes de aplicar la compresión) de aproximadamente 0,35 - 0,45 mm. En los ensayos realizados se formó un laminado colocando un apilamiento de dos capas de reforzamiento de 1200 g/m^2 que tienen hebras transversales del tamaño anteriormente mencionado entre los reforzamientos en un molde, se sometió el apilamiento al vacío, se realizó la infusión con una resina y se permitió que el laminado se endureciera. Se aprendió que la sección transversal de las hebras de multifilamento se cambió a oval o plana mientras que las capas de reforzamiento se comprimieron por el vacío aplicado en la etapa de infusión. Cuando se comprueba la distancia de humectación del reforzamiento a aquella de un reforzamiento que no tiene hilos dispuestos a través se aprendió que no cambió o mejoró en absoluto o el cambio fue, en la práctica, insignificante. La razón se analizará con mayor detalle más tarde.

Naturalmente, podría argumentarse que los hilos de costura o las hebras correspondientes que van en una dirección transversal a la dirección longitudinal de las mechas de reforzamiento podrían formar flujos de paso transversales para la resina. Sin embargo, ha de entenderse que, además de los problemas implicados en el uso de costuras ya

analizados anteriormente, se aplica también la misma tendencia al aplanamiento a las puntadas y a los hilos de costura.

Los reforzamientos proporcionados con hilos de trama en estado fundido en caliente han estado en el mercado desde hace aproximadamente 20 años, pero no han tenido éxito pasando los ensayos de resistencia, ni los ensayos estáticos o de tensión. Adicionalmente la plastificación de tales reforzamientos fue pobre. Es, en la práctica, imposible usar tales reforzamientos en la producción de laminados de tapadera del larguero para aspas de turbinas eólicas ya que las tapaderas de largueros tienen formas doble cóncavas para las que esta clase de reforzamiento no puede doblarse.

En segundo lugar, se han considerado los reforzamientos que tienen hilos de fibra de vidrio transversales con un recubrimiento termoplástico. En tales reforzamientos el diámetro del hilo recubierto fue del orden de 0,30 - 0,35 mm y el diámetro, o de hecho el grosor de la dirección en Z, del hilo central fue del orden de 0,04 - 0,06 mm cuando se sometió a presión y se recubrió en fundido o se retiró. La diferencia que tienen estos hilos recubiertos termoplásticos cuando se comparan con hilos sin recubrir, por ejemplo hilos de costura, es que durante la unión de estos hilos a las mechas del reforzamiento real, es decir, durante la fusión del recubrimiento, los hilos cambian su forma en los puntos de contacto (la compresión reduce el grosor de la dirección en Z de los hilos), por lo que se forman restricciones de flujo locales. En otras palabras, en puntos donde el hilo recubierto no se ha comprimido, su diámetro se mantiene en su nivel original, pero en puntos de compresión el diámetro/grosor se reduce incluso por debajo del diámetro del hilo central, es decir, el centro del hilo se aplana por la compresión. Otro problema implicado en el uso de hilos recubiertos es que el hilo es rígido y relativamente grueso, lo que hace que la dirección de las hebras se desvíe de forma aguda localmente desde su dirección recta, es decir, fuerza a las mechas a doblarse y formar pliegues con los problemas ya analizados anteriormente así como más tarde en este párrafo. Un problema todavía adicional con los hilos recubiertos es el polímero de recubrimiento en sí mismo, ya que normalmente no es compatible con la resina y de esta manera contamina el laminado y de esta manera crea manchas débiles en el reforzamiento. Ahora se formó un laminado de capas de reforzamiento cada una unida por los hilos de fibra de vidrio recubiertos transversales para dar estabilidad. Se aprendió que la distancia de humectación del apilamiento de reforzamientos era mayoritariamente aceptable. Pero cuando el laminado, teniendo de esta manera hilos de fibra de vidrio transversales con un diámetro o grosor que cambia entre aproximadamente 0,35 y aproximadamente 0,04 mm, se sometió a un ensayo de fatiga, se aprendió que pronto después del inicio del ensayo de tensión-fatiga por tensión se observó la micro rotura del laminado. Cuando se examinó el laminado y especialmente las micro-roturas en detalle se aprendió que las micro-roturas se encontraron en las uniones de las mechas de reforzamiento y los hilos transversales recubiertos. Una duda resuelta fue que la razón para la micro-rotura fue el diámetro grande local de los dobleces o los pliegues que se crean en las hebras en las mechas. Adicionalmente, los hilos en estado fundido en caliente, es decir también los hilos centrales, cuando se calientan, son compresibles, por lo que se crean áreas aplanadas locales, lo que reduce la sección transversal de los pasos de flujo y de esta manera se obstaculiza el flujo de resina en la etapa de infusión.

Como el punto de partida para el desarrollo adicional de un reforzamiento óptimo es un reforzamiento cosido en el que se ha estado cuidando el problema con respecto a la estabilidad del manejo. La estabilidad del manejo del reforzamiento cosido de la presente invención es excelente, ya que la flexibilidad del reforzamiento se asegura disponiendo hilos/fibras de costura que se ajustan a través del reforzamiento para dar la estabilidad del material en dirección transversal. De esta manera el reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la presente invención, por ejemplo, no necesita hebras o hilos gruesos biocomponentes transversales para asegurar la estabilidad transversal del producto, por lo que también se obvia el riesgo de crear dobleces en las mechas por las fibras gruesas dando como resultado manchas débiles en el producto final y, en condiciones de estrés, micro rotura del producto.

Sin embargo, la práctica ha demostrado que los reforzamientos cosidos a día de hoy tienen graves áreas de problemas, como por ejemplo:

- el reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido tiene permeabilidad limitada a la resina, al menos cuando el producto es un objeto grande, y
- las burbujas de gas o las regiones secas entre los filamentos de mechas UD se mantienen fácilmente en el apilamiento del reforzamiento cosido y no pueden retirarse incluso por infusión al vacío, por lo que pueden reducir considerablemente la resistencia del producto final incluso más.

Definiciones

Las siguientes explicaciones ilustrativas se proporcionan para facilitar el entendimiento de ciertos términos usados frecuentemente en la memoria descriptiva y las reivindicaciones que analizan la presente invención. Las explicaciones se proporcionan como conveniencia y no significa que limiten la invención.

Peso en área - Peso (masa) por área unitaria de una capa única de tela de reforzamiento seca.

5 Aglutinante - Un material polimérico en diversas formas como polvo, película o líquido. Los aglutinantes pueden estar hechos de uno o varios aglutinantes individuales que tengan diferentes características en propiedades químicas o físicas como rigidez, punto de fusión, estructura polimérica, Tg etc. El aglutinante se usa para fijar la estructura de fibras para formar una red y finalmente el reforzamiento. Los aglutinantes adecuados son epoxis termoplásticos, co-poliésteres, poliésteres insaturados bisfenólicos o sus mezclas, sólo por nombrar unos pocos ejemplos.

10 Tela - un material tejido que consiste en una red de fibras naturales o artificiales hechas a mano normalmente denominadas hebra o hilo. Las telas se forman, por ejemplo, tejiendo, haciendo punto, a ganchillo, por anudamiento, con agujas o presionando las fibras juntas (fieltro).

15 Laminado - Un material que puede construirse impregnando una o más capas de reforzamiento usando una mezcla apropiada de resina y endurecedor y dejándola endurecer bien por reacción química o enfriando la temperatura. El laminado es una estructura reforzada de fibras hecha de una matriz reforzada por fibras finas de por ejemplo vidrio, carbono, aramida, etc. La matriz puede ser epoxi, un plástico termoajustable (más normalmente epoxi, poliéster o viniléster) o un termoplástico. Los usos finales comunes de los reforzamientos de fibra de vidrio incluyen barcos, partes de automóviles, aspas de turbinas eólicas, etc.

20 Matriz - material que une los reforzamientos para formar un compuesto. Los compuestos usan polímeros formulados especialmente, como la resina epoxi termoajustable, la viniléster o la resina de poliéster insaturada, y resinas de fenol formaldehído o una resina termoplástica (véase "Polímero") sólo por mencionar unos pocos ejemplos.

25 Monofilamento - Un hilo compuesto por un único filamento continuo típicamente hecho de material sintético, tal como poliamida (nailon), polietilentereftalato, polipropileno, polibutilentereftalato etc.

30 Multifilamento - Un hilo o hebra compuestos por una multitud de filamentos continuos típicamente hechos de material sintético, tales como poliamida (nailon), polietilentereftalato, polipropileno, polibutilentereftalato, etc. Especialmente, en relación a la presente invención, multifilamento significa una agrupación de filamentos que pueden o pueden no estar retorcidos y que no se han unido entre sí, pero pueden, salvo que se retuerzan fuertemente, moverse a los lados cuando se somete a compresión.

35 Polímero - Generalmente incluye, por ejemplo, homopolímeros, copolímeros, tales como por ejemplo, en bloque, injertos, copolímeros aleatorios y alternantes, terpolímeros, etc., y mezclas y modificaciones de los mismos. Adicionalmente, salvo que se limite específicamente de otra manera, el término "polímero" incluye todas las configuraciones geométricas posibles del material. Estas configuraciones incluyen, por ejemplo, simetrías isotáctica, sindiotáctica y aleatoria.

40 Reforzamiento - una red que comprende fibras de refuerzo, anclándose las fibras entre sí por medios apropiados. Normalmente se fabrican como redes continuas. Hay muchas formas de fabricar el reforzamiento en orientaciones unidireccional o multi-axial o aleatoria, por ejemplo a través de las técnicas de procesamiento textil de tejeduría, punto, trenzado y costura o uniéndolo con un aglutinante apropiado.

45 Fibras de refuerzo - fibras usadas junto con una matriz en la fabricación de materiales compuestos. Las fibras son normalmente fibras hechas a mano como vidrio (incluyendo todas sus variantes), carbono (con todas sus variantes) o aramida, que puede usarse tanto como filamentos continuos como fibras no continuas. También se ha usado un amplio intervalo de fibras naturales tales como sisal, lino, yute, cocos, kenaf, cáñamo o basalto, sólo por nombrar unos pocos.

50 Moldeado de transferencia de resina (RTM) - Un proceso que tiene dos superficies de molde por el que se bombea una resina típicamente a bajas viscosidades y a presiones altas o bajas en un conjunto de troqueles de molde cerrado que contienen normalmente una preforma de reforzamiento seco, esto es, infundir resina en la preforma y hacer una parte compuesta de fibra reforzada.

55 Mecha - una agrupación sin torsión larga y estrecha de fibras o filamentos continuos, particularmente fibras de vidrio. En la presente solicitud sinónimo de haz de filamentos, en el que la selección de fibras no solamente contiene fibras de vidrio sino también fibras de carbono, basalto y aramida, más generalmente fibras continuas hechas a mano.

60 Grupo de mechas o grupo de haces de filamentos - uno o más haces de filamentos o mechas que están estrechamente espaciados.

Hilo de costura - Un hilo formado por 24 o 48 filamentos individuales hechos de poliéster texturizado. El hilo de costura usado normalmente en la fabricación de reforzamientos unidireccionales tiene típicamente una densidad de masa lineal de 76 o 110 dtex. El diámetro de un filamento individual es típicamente 5 - 10 µm.

65 Número de tex - Una unidad de medida del SI para la densidad de masa lineal de hilos y se define como la masa en gramos por 1000 metros. Tex es más probable que se use en Canadá y Europa continental, mientras que denier se

mantiene más común en los Estados Unidos y el Reino Unido. El código de unidad es "tex". La unidad más comúnmente usada en relación a fibras sintéticas hechas a mano es realmente el decitex, abreviado dtex, que es la masa en gramos por 10.000 metros.

5 Textil - definición general para diversos tipos de artículos incluyendo hojas, redes, telas y materiales que tienen una o más capas, formándose las capas por hebras uni- o multidireccionales.

10 Termoplástico - Un polímero que puede fundirse, ablandarse cuando se expone al calor y volviendo generalmente a su estado no blando cuando se enfría a temperatura ambiente. Los materiales termoplásticos incluyen, por ejemplo, cloruros de polivinilo, algunos poliésteres, poliamidas, polifluorocarburos, poliolefinas, algunos poliuretanos, poliestirenos, alcohol polivinílico, caprolactamos, copolímeros de etileno y al menos un monómero de vinilo (por ejemplo poli (etilen vinil acetatos), ésteres de celulosa y resinas acrílicas.

15 Termoajustable - Un material polimérico que irreversiblemente cura. El curado puede realizarse a través de calor (generalmente por encima de 200 Celsius), a través de una reacción química (epoxi de dos partes, por ejemplo) o irradiación tal como procesamiento por haz de electrones.

Hebra - agrupación retorcida de filamentos unitarios, hilo.

20 Haz de filamentos - En la industria de los compuestos, un haz de filamentos es una agrupación retorcida de filamentos continuos y se refiere a fibras hechas a mano, particularmente fibras de carbono (también denominado grafito). Los haces de filamentos se designan por el número de fibras que contienen, por ejemplo, un haz de filamentos 12K contiene aproximadamente 12.000 fibras. En el presente documento sinónimo de mecha.

25 Estabilidad de manejo transversal - Una fuerza que previene que un reforzamiento unidireccional se deforme o se vuelva trozos. Se necesita cuando se posiciona un reforzamiento en un molde en la parte de arriba de otro reforzamiento y se mueve el reforzamiento en una dirección transversal a su dirección longitudinal.

30 Reforzamiento unidireccional (UD) - Reforzamiento en el que todas las mechas o haces de filamentos van en la misma dirección, en este caso particular en dirección longitudinal, pero un reforzamiento UD también puede ser transversal, es decir, orientadas en dirección 90°. Estas mechas son normalmente en la técnica anterior reforzamientos UD unidos por medio de costuras y que usan típicamente alguna capa ligera adicional de hebras cortadas o hilos de multifilamentos continuos para sostener las mechas juntas y para prevenir su caída a la formación de agregados, o tejiendo donde el hilo de trama da la estabilidad. El hilo de trama también puede estar recubierto en estado fundido en caliente. Otra forma de unir las mechas o los haces de filamento es el uso de un aglutinante, por ejemplo un aglutinante termoplástico o termoajustable. También en este caso pueden usarse capas de estabilización adicional anteriormente mencionadas.

40 Infusión al vacío - Un proceso que usa un molde de un lado que da forma al producto final. En el lado inferior es un molde rígido y en el lado superior es una membrana flexible o una bolsa de vacío. Cuando se aplica vacío/succión a la cavidad del molde el aire se escapa de la cavidad, donde después se permite infundir la resina por la succión (o adicionalmente asistida por una pequeña sobrepresión en el lado del suministro - un rasgo característico de RTM ligero) para humedecer completamente los reforzamientos y eliminar todos los huecos en la estructura laminada.

45 Distancia de humectación - La posición del frente de flujo o realmente la distancia medida desde el sitio donde entró la resina al apilamiento de reforzamiento hasta la posición presente.

50 Hilo - Un multifilamento de longitud continua, normalmente retorcido, adecuado para usar en la producción de textiles, coser, ganchillo, hacer punto, tejiendo, con puntadas, bordado y fabricación de cuerdas. Los hilos pueden estar hechos de fibras naturales o sintéticas continuas o discontinuas.

Dirección en Z - La dirección perpendicular al plano de la capa o del apilamiento de capas, es decir, dirección en grosor.

55 Breve resumen de la invención

Un objeto de la presente invención es ofrecer una solución a al menos uno de los problemas anteriormente analizados.

60 Otro objeto de la presente invención es desarrollar un nuevo reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido que tenga una permeabilidad excelente a la resina en una dirección transversal a la orientación de los filamentos del reforzamiento.

65 Un objeto adicional de la presente invención es desarrollar un nuevo reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido que tenga excelentes capacidades para permitir que el aire escape de un apilamiento de reforzamientos durante el

vacío/desgasificación y la posterior humectación del apilamiento con resina en una dirección transversal a la orientación de los filamentos del reforzamiento.

5 Un objeto adicional de la presente invención es acelerar la producción de reforzamientos unidireccionales o multi-axiales.

10 La permeabilidad requerida a la resina del reforzamiento y la retirada de gas requerida del reforzamiento de la presente invención se aseguran de acuerdo con la presente invención usando medios discretos delgados orientados transversalmente para formar pasos de flujo en conexión con las hebras de reforzamiento unidireccionales o multi-axiales cosidas para disponer áreas libres de flujo en una dirección transversal a la dirección de las hebras de reforzamiento unidireccionales o multi-axiales cosidas tanto para que el aire escape del reforzamiento como para que la resina impregne o humedezca el producto eficazmente.

15 Al menos uno de los problemas de la técnica anterior se resuelve y al menos uno de los objetos logrados por medio de un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido para la fabricación de compuestos reforzados de fibras por uno del proceso de moldeado de transferencia de resina y de un proceso de moldeado por infusión al vacío, de acuerdo con la reivindicación 1.

20 De forma similar al menos uno de los problemas de la técnica anterior se resuelve y al menos uno de los objetos logrados por medio de un método para producir un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido para compuestos reforzados de fibras de acuerdo con la reivindicación 15.

25 Otros rasgos característicos del reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la presente invención y el método de su fabricación se desvelan en las reivindicaciones de patente adjuntas.

Con la presente invención pueden alcanzarse al menos algunas de las siguientes ventajas

- la permeabilidad de los reforzamientos unidireccionales o multi-axiales cosidos se mejora hasta un nivel tal que facilita un buen flujo de la resina,
- 30 - simultáneamente con la humectación del producto, el aire que queda escapa del producto de tal manera que, en la práctica, no se quedan burbujas de gas o regiones secas entre los filamentos UD en el producto después de la impregnación,
- la distancia que la resina avanza en dirección transversal se aumenta considerablemente, en los experimentos realizados hasta al menos 2,5 veces,
- 35 - el tiempo necesario para la impregnación se reduce considerablemente, en los experimentos realizados hasta al menos un sexto del tiempo necesario con los reforzamientos de la técnica anterior,
- los inconvenientes de la técnica anterior de estructuras que generan flujo grueso para una estructura cosida se minimizan,
- los inconvenientes con respecto a las alteraciones químicas se minimizan, y
- 40 - el producto final tiene excelentes propiedades de fuerza y de fatiga.

Breve descripción de las figuras

45 En lo siguiente, el reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la presente invención y el método de su producción se analizan con mayor detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las que

50 Las Figuras 1a y 1b ilustran esquemáticamente una comparación entre los comportamientos de unos medios formadores de pasos de flujo discreto delgado, en este caso monofilamentos y un hilo de multifilamento bajo compresión entre dos reforzamientos de capas de hebras,

La Figura 2 ilustra esquemáticamente el proceso de producción del reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de acuerdo con la presente invención,

Las Figuras 3a-3d ilustran diversas opciones para reemplazar un monofilamento discreto con una agrupación de monofilamentos unidos juntos, y

55 La Figura 4 compara un reforzamiento cosido con dos reforzamientos cosidos de la presente invención en vista de la distancia del flujo de resina en dirección transversal.

Descripción detallada de las figuras

60 En lo anterior se han analizado cuatro hechos diferentes que conciernen a la disposición de los pasos de flujo transversales para la resina en relación a los reforzamientos. En primer lugar, que el uso de unos hilos recubiertos termoplásticos no es deseable debido a la incompatibilidad del material termoplástico con el material de la matriz. En segundo lugar, que si una hebra después de haberse sometido a compresión debido al vacío en el molde tiene un grosor de la dirección en Z de 0,35 - 0,4 mm es demasiado gruesa, por lo que el riesgo de crear microrroturas en la carga dinámica en el producto final es alto. En tercer lugar, que una hebra de multifilamento sin recubrimiento se vuelve plana u oval bajo compresión destruyendo de esta manera las propiedades de flujo de la resina. En cuarto lugar, la fabricación de objetos reforzados largos como por ejemplo tapaderas del larguero para aspas de turbinas

eólicas es, en la práctica, imposible sin una forma eficaz de disponer el flujo de resina y la impregnación del apilamiento de reforzamientos, es decir la denominada preforma, en una dirección en ángulos rectos, es decir, transversal a la dirección de las mechas de reforzamiento unidireccionales. Debido a los hechos anteriores se ensayó el uso de medios discretos delgados transversales para formar pasos de flujo para la resina de diámetro mucho menor y los laminados finales se compararon con laminados de la técnica anterior formados usando multifilamentos transversales cuya tarea principal fue dar la estabilidad transversal al reforzamiento. En este punto ha de entenderse que las frases "medios discretos delgados para formar pasos de flujo" o "medios formadores de pasos de flujo discreto delgado" incluyen, pero no se limitan a, monofilamentos, como se analiza con más detalle en las Figuras 3a - 3d. Los multifilamentos también podrían considerarse para crear pasos de flujo para la resina entre las capas de reforzamiento cosidas. Después del ensayo extenso que incluye la comparación tanto de distancia de humectación como el ensayo de fatiga se aprendió que un intervalo óptimo para el diámetro de los medios formadores de pasos de flujo discreto delgado dispuestos transversalmente está entre 100 y 200 μm , preferentemente entre 130 y 170 μm . Sin embargo, en casos con reforzamientos ligeros puede usarse de alguna manera un diámetro más pequeño, es decir hasta 70 μm , y de forma similar con reforzamientos especialmente pesados pueden usarse diámetros de hasta 300 μm . Con respecto al análisis anterior con respecto al diámetro así como los diversos análisis que se refieren al diámetro más adelante en la presente memoria descriptiva ha de entenderse que, en caso de que el monofilamento o los medios formadores de pasos de flujo delgados sean compresibles de alguna manera el diámetro debe considerarse que significa la dimensión de la dirección en Z del monofilamento o de los medios formadores de pasos de flujo delgados. Los ensayos mostraron que la resina fluyó muy rápidamente en las cavidades y empujó todo el aire residual donde estaba atrapado durante la etapa del vacío y antes de iniciar la infusión. Cuando la distancia de humectación del apilamiento de capas de reforzamiento con los medios formadores de pasos de flujo discreto delgado que tienen un grosor de dirección en Z de 170 μm se comparó con aquella del laminado de la técnica anterior que no tiene pasos de flujo transversales se observó que la distancia de humectación del apilamiento de la invención fue al menos 6 veces. Además, cuando el laminado formado de esta manera se dejó endurecer se ensayaron sus propiedades de fatiga y se compararon con aquellas del laminado de la técnica anterior que no tenía pasos de flujo transversales, se observó que las propiedades de fatiga del laminado de la invención fueron, en la práctica, iguales con el laminado de la técnica anterior. En algunos laminados incluso mejores que aquellas del laminado de la técnica anterior. La única razón para las propiedades de fatiga posiblemente mejoradas es la mejor retirada del aire del apilamiento de reforzamientos, es decir, la llamada preforma, en la etapa de infusión al vacío. De esta manera, la distancia de humectación se aumentó a al menos 6 veces sin tener que sacrificar las propiedades de resistencia del laminado.

El siguiente experimento fue ensayar si las hebras, es decir los multifilamentos podrían usarse para crear los pasos de flujo. Ya que se aprendió en los experimentos anteriores que disponer unos medios formadores de paso de flujo discreto delgado, es decir, un monofilamento, que tiene un grosor de dirección en Z o diámetro de 170 μm no redujo las propiedades de fatiga del laminado final, el experimento tuvo como objeto en primer lugar descubrir qué clase de hilo de multifilamento se necesita para asegurar que su dimensión de dirección en Z bajo compresión es aproximadamente la misma que aquella de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en los experimentos anteriores. En otras palabras, entre las capas de reforzamiento se colocaron tales multifilamentos que no forzaron las mechas demasiado lejos, cuando se comprimieron, más que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de los experimentos anteriores. De esta manera es obvio que las propiedades de resistencia y de fatiga del laminado no se disminuirían debido al grosor de la hebra.

Inmediatamente se aprendió que la distancia de humectación del apilamiento de reforzamientos, es decir la llamada preforma, se mantuvo sustancialmente al nivel bajo del laminado de la técnica anterior, es decir, un laminado que comprende un apilamiento de reforzamientos que no tiene hebras o hilos transversales, excepto para las puntadas.

Las Figuras 1a y 1b ilustran esquemáticamente la comparación de la sección transversal entre los comportamientos de unos medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de la presente invención, en este caso un monofilamento, y un hilo de multifilamento bajo compresión del proceso de infusión al vacío entre dos reforzamientos o capas de mechas. La Figura 1a ilustra una sección transversal de dos reforzamientos 2 y 4 superpuestos hechos de agrupaciones de mechas cada una cosida por medio de costuras transversales (no visibles) como una capa que tiene un monofilamento 6 dispuesto entre ellas en ángulos rectos a las mechas UD. La Figura 1 b muestra los mismos reforzamientos 2 y 4 hechos de agrupaciones de mechas cosidas por medio de costuras transversales cosidas juntas como una capa que tiene un hilo de multifilamento 8 dispuesto entre ellas en ángulos rectos a las mechas. La Figura 1a muestra que el monofilamento todavía empuja o mantiene las mechas de los reforzamientos 2 y 4 de tal manera que se forman pasos de flujo 10 entre los reforzamientos 2 y 4 a los lados del monofilamento 6. La Figura 1 b muestra las hebras de los reforzamientos 2 y 4 empujadas de manera igual a la Figura 1a, es decir, el grosor de los dos reforzamientos con el monofilamento o el multifilamento transversal es el mismo. Sin embargo, puede verse que el hilo de multifilamento 8 necesario para empujar o mantener las mechas es totalmente diferente en tamaño y área en sección transversal. Se ha transformado en oval o plana bajo compresión de tal manera que, en la práctica no hay verdaderos pasos de flujo 12 en los lados del hilo de multifilamento 8.

La razón es que los hilos de multifilamento están hechos de decenas o cientos de filamentos individuales, cada filamento teniendo un diámetro de 5 - 10 μm . Cuando el hilo de multifilamento se somete a presión de compresión, es decir, en la etapa de infusión al vacío en el molde, los filamentos de los hilos de multifilamento se fuerzan a

5 moverse a los lados de tal manera que la dimensión de la dirección en Z del hilo de multifilamento es una fracción del diámetro original aparente del multifilamento incluso si está retorcido. La torsión es típicamente bastante baja, del orden de 20 - 40 vueltas por metro, ya que es importante que la resina sea capaz de penetrar también entre los filamentos de hilos retorcidos para evitar las manchas secas. De acuerdo con los ensayos realizados se aprendió que un multifilamento, es decir un hilo de poliéster que tiene un grosor de 130 μm bajo compresión con 50 kPa (0,5 bar) (pequeño en comparación con la compresión de infusión de 95 kPa (0,95 bar)), tiene un número dtex de 1120 dtex mientras que un monofilamento que tiene un diámetro similar de μm y sin compresión tiene un número dtex mucho menor de 167. Un hilo de fibra de vidrio puede tener en las mismas condiciones un número dtex aproximadamente 18 veces en comparación con aquel de un monofilamento. Esto significa, en vista del flujo de resina, que cada filamento que se mueve a los lados disminuye la sección transversal de la cavidad en el lado del multifilamento de tal manera que la sección transversal del canal es finalmente, en la práctica, insignificante. Esto previene el flujo de resina a través de estos huecos o canales.

15 Los hilos con alta torsión, del orden de 150 TPM (TPM = vueltas por metro) o más, podrían ser eficaces resistiendo el efecto compresor del vacío. Aunque no se favorecen en el uso final del compuesto debido a sus propiedades de penetración de resina lentas e incompletas y también debido a que sus fibras están en formación de bobinas con respuesta elástica desfavorable bajo carga de tensión en comparación con sus hilos de mechas sin torsión adyacentes. Además los hilos retorcidos son rígidos de carácter dando lugar a pliegues en mechas UD de reforzamiento. Cuando se usan hilos retorcidos típicamente su torsión es relativamente baja, es decir del orden de 20 - 40 TPM, ya que es importante que la resina sea capaz de penetrar entre los filamentos del hilo retorcido.

25 El mismo fenómeno se aplica a las puntadas ajustadas alrededor de las agrupaciones de mechas, en las que la forma en sección transversal originalmente redonda del hilo se transforma en oval o incluso plana "forma de cinta" de tal manera que el grosor de la cinta es del orden de 5 - 40 μm .

30 La Figura 2 ilustra esquemáticamente el proceso de producción del reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de acuerdo con la presente invención. La fabricación de un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido procede como sigue. En primer lugar una capa uniforme 20 de mechas unidireccionales (preferentemente pero no necesariamente haces de filamentos de fibra de vidrio o de fibra de carbono o fibras de aramida así como lino, cáñamo, yute, sisal, cocos, kenaf, basalto u otras fibras naturales) se forma empujándolas desde los envases 22 y disponiéndolas lado a lado o a una distancia controlada entre sí dependiendo del peso de área diana. Desde ahora la palabra "mechas" se usa para referirse a todos tales haces de filamentos, mechas, fibras etc. que se usan en la fabricación de reforzamientos unidireccionales. De esta manera las mechas se disponen lado a lado en una o más capas de mechas.

35 La capa 20 después de dirige a un dispositivo 24 que introduce o pone medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en la capa transversal a la dirección de viaje de la capa. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de la presente invención tienen un diámetro de 70 - 300 μm , preferentemente de 100 - 200 μm y más preferentemente entre 130 - 170 μm . En esta etapa ha de entenderse que los medios formadores de pasos de flujo han de elegirse de tal manera que, incluso si los medios formadores de pasos de flujo son de alguna manera compresibles, la dimensión de la dirección en Z de los medios formadores de pasos de flujo, cuando se comprimen en la etapa de infusión, es del orden de 70 - 300 μm , preferentemente de 100 - 200 μm , más preferentemente entre 130 - 170 μm . El diámetro, o el grosor de la dirección en Z, es ideal en caso de que la viscosidad de la mezcla de agente de curado - resina infundida esté en el nivel de 200 - 350 mPa s a temperatura ambiente. Si la viscosidad difiere claramente de esta, puede ser necesario ajustar la distancia entre los medios formadores de pasos de flujo o el diámetro/grosor de la dirección en Z de los mismos. En este punto la palabra "transversal" ha de entenderse ampliamente, ya que la dirección de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados puede caer entre ± 45 grados, es decir de -45 grados a + 45 grados, desde la dirección en ángulos rectos a las mechas de la red unidireccional, es decir la dirección de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se desvía al menos ± 45 grados de la dirección de las mechas unidireccionales de la capa. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden disponerse en la capa 20 en "24" usando un sistema de transporte de hilos bien conocido de máquinas de producción multi-axiales, es decir por medio de una herramienta que viaja transversalmente adelante y atrás de la capa poniendo un cierto número de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en la capa en un tiempo. La colocación puede facilitarse con un movimiento servolineal manipulador con la disposición de suministro de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados.

60 Otra forma posible de colocar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es disponer una rueda rotatoria en "24" en un plano sustancialmente en ángulos rectos a la capa alrededor de la capa, en la que la rueda enrolla los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la capa. Usando la rueda rotatoria los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen simultáneamente tanto en las superficies de la parte de arriba como de la parte inferior de la capa. Cuando se usa este tipo de una aplicación para enrollar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la capa, ha de asegurarse que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no son capaces de agrupar las mechas en los lados de la capa estrechándola de esta manera. Por lo tanto el ajuste de tirantez de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados ha de ajustarse adecuadamente y, han de disponerse preferentemente medios para prevenir el

plegamiento entre la aplicación de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados y la costura. Los medios pueden ser, por ejemplo, raíles de guía que se extienden a lo largo de los bordes de la capa 20 desde el aparato enrollando los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la capa y fuera de los raíles hasta la siguiente etapa de proceso, es decir, la costura 26.

Un rasgo ventajoso de la presente invención es que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se colocan en la capa en formación recta, paralela, es decir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados van lineal y uniformemente desde un borde de la capa al borde opuesto de la misma, en otras palabras los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, por ejemplo, no forman bucles encontrados típicamente en los patrones de punto. La formación esencialmente recta, es decir, lineal y plana de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a través de las mechas de reforzamiento unidireccionales asegura un tiempo de flujo de la resina más corto entre los bordes del reforzamiento ya que la línea corta es la vía más corta entre dos puntos. Independientemente de la localización real de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen a intervalos regulares, es decir a aproximadamente 2 a 50 mm, preferentemente 5 - 25 mm, más preferentemente, a aproximadamente 10 - 20 mm de distancia lateral o espaciado entre sí en ambos lados del reforzamiento. La distancia exacta debe optimizarse de acuerdo con la viscosidad de la resina y el peso en gramos de la capa. Debido a la operación de costura posterior los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden desplazarse localmente a los lados dando lugar a áreas locales donde dos medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden colocarse lado a lado.

Sin embargo, ha de entenderse que el análisis anterior se refiere al método más sencillo para fabricar reforzamientos. Básicamente el mismo método puede aplicarse en la fabricación de reforzamientos que tengan varias capas unidireccionales en los mismos. Si un reforzamiento multi-axial que tenga varias capas ha de fabricarse como muchos medios adicionales para formar nuevas capas al menos una teniendo nueva orientación de las mechas y los medios para colocar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en las nuevas capas se disponen uno tras otro conforme es el número de capas adicionales.

En un caso tal los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden colocarse en la superficie o las superficies superior y/o inferior del reforzamiento o entre las capas del mismo. También es posible fabricar reforzamientos multi-axiales incluyendo reforzamientos unidireccionales, biaxiales, triaxiales y cuadriaxiales que tengan medios formadores de pasos de flujo discretos delgados que vayan transversales a las fibras de reforzamiento reales. Después de que se forme un número deseado de capas, el conjunto de capas se lleva a la siguiente etapa del proceso, es decir, unión por medio de costuras.

En la etapa de unión 26 el conjunto de capas, es decir, una red multi-axial y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se cosen entre sí para formar un reforzamiento unitario 28 que tiene hebras de reforzamiento unidireccionales o multi-axiales y medios formadores de pasos de flujo discretos delgados transversales unidos entre sí. En lo sucesivo el reforzamiento 28 se enrolla en 30 para entregarlo a un cliente. De acuerdo con otra realización preferida de la presente invención los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen entre dos capas de hebras en un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido, es decir no solamente en al menos la superficie o las superficies superior y/o inferior del reforzamiento, sino también entre las capas de hebras. En otras palabras, si el reforzamiento comprende cuatro capas de mechas, los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden posicionarse entre cada capa de mechas o entre la segunda y la tercera capas, es decir al centro del reforzamiento. En la práctica, esto significa que la colocación de hebras unidireccionales para formar la red y la colocación de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados han de realizarse en una secuencia tal que, en primer lugar, se ponga una capa o unas capas, de hebras unidireccionales, en lo sucesivo la siguiente capa o capas de hebras unidireccionales etc. Solamente después de la colocación deseada de los reforzamientos y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados las capas y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se unen por medio de costuras.

De acuerdo con una realización ejemplar la costura y el posicionamiento de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, más específicamente la longitud de las costuras y la distancia o el espaciado entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados adyacentes o vecinos debe disponerse de tal manera que como mucho un medio formador de pasos de flujo discreto delgado se deje dentro de la puntada. En teoría esto significa que la longitud de una puntada es menor que el hueco entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados vecinos. Sin embargo, ya que la colocación los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no necesariamente resulta en medios formadores de pasos de flujo discretos delgados que van exactamente de forma lineal, la longitud de la puntada debe ser claramente menor que el hueco entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados vecinos. La razón para esta medida de precaución es que si dos o más medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se localizan dentro de una puntada el hilo de costura arrastra los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados juntos, es decir, lado a lado, por lo que un hueco verdadero al siguiente medio formador de paso de flujo discreto delgado adyacente es demasiado largo para la infusión apropiada de la resina.

Como se muestra esquemáticamente en la Figura 1a los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados 6 usados entre las capas de reforzamiento 2 y 4 para mejorar tanto la permeabilidad del apilamiento de reforzamientos

a la resina en dirección transversal como la retirada de aire de entre el apilamiento de capas de reforzamiento crean pasos de flujo pequeños 10 en ambos de sus lados y entre las hebras unidireccionales de reforzamiento.

El apilamiento de reforzamientos de la presente invención funciona en la etapa de infusión de tal manera que la resina que se infunde fluirá a través de los pasos de flujo 10 de forma transversal a las mechas de refuerzo y después penetrará entre las hebras de reforzamiento individuales o los filamentos y asegurará el flujo de resina rápido y la buena impregnación. Durante la infusión la resina que avanza empuja a las burbujas de aire que quedan a lo largo de las cámaras o las cavidades dentro de la estructura de reforzamiento hacia los pasos de flujo y finalmente fuera del producto. Tanto el avance de la resina como la retirada de aire pueden facilitarse adicionalmente presurizando el suministro de la resina en caso de que estén en uso los moldes superiores rígidos como en RTM o RTM ligero (aunque poco utilizado) en los primeros extremos de los pasos de flujo y/o disponiendo el vacío en los extremos opuestos de los pasos de flujo.

Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados 6 usados entre las capas de reforzamiento 2 y 4 para mejorar tanto la permeabilidad del apilamiento de reforzamientos a la resina en dirección transversal y la retirada del aire de entre el apilamiento de capas de reforzamiento crean pequeños pasos de flujo 10 en ambos de sus lados y entre las hebras unidireccionales de refuerzo como se muestra esquemáticamente en la Figura 1a. Los medios formadores de paso de flujo discretos delgados están formados preferentemente por monofilamentos de poliamida (PA), de co-poliamida o de copoliéster (co-PET) que pueden tener, por ejemplo, una sección transversal redonda, cuadrada u oval o una sección transversal en X o hueca. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados también pueden ser unos biocomponentes o multicomponentes. En otras palabras, ya que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se fabrican a partir de un material polimérico adecuado por, por ejemplo, extrusión, la sección transversal de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados puede, en la práctica, escogerse libremente para optimizar las propiedades de flujo de la resina. En vista de la presente invención es ventajoso usar una sección transversal de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados tal que cree una sección transversal geométrica máxima o maximice la distancia entre las hebras de refuerzo en dos capas superpuestas con un volumen dado, manteniendo la cantidad de material distinto de refuerzo (el polímero de monofilamento) al mínimo.

Los medios para crear de pasos de flujo para la resina son normalmente un único filamento que tiene el diámetro o el grosor de la dirección en Z del orden de 70 - 300 μm , preferentemente de 100 - 200 μm , más preferentemente entre 130 - 170 μm . Sin embargo, los medios para crear de pasos de flujo de la presente invención tienen varias opciones distintas. Los medios para crear de pasos de flujo pueden formarse por una agrupación de monofilamentos, es decir, por ejemplo 3 filamentos, posiblemente 5 o más filamentos (véanse las Figuras 3a - 3d) dispuestos en comunicación entre sí de tal manera que se deje un hueco deseado que tenga una dimensión de la dirección en Z entre los reforzamientos cuando se colocan uno en la parte superior del otro.

Una opción es usar una agrupación de unos pocos monofilamentos que pueden retorcerse sueltos juntos de tal manera que la agrupación se aplana bajo compresión. El grosor de la agrupación final después de la compresión corresponde al diámetro de cada monofilamento, en el que el diámetro de cada monofilamento es de 70 - 300 μm , preferentemente de 100 - 200 μm , más preferentemente entre 130 - 170 μm .

Otra opción es disponer un número de monofilamentos en comunicación entre sí de tal manera que la sección transversal de la agrupación se mantenga sustancialmente la misma bajo compresión. En la práctica significa que los monofilamentos han de estar, de acuerdo con una realización ejemplar unidos entre sí, como se ilustra en las Figuras 3a - 3d, en las que se forman medios para crear pasos de flujo más compactos y la relación de aspecto (relación de anchura - altura) de la agrupación de monofilamentos esté fácilmente por debajo de 2,0. Los monofilamentos en la agrupación pueden durante su fase de aplicación bien tratarse por calor o bien pulverizarse por un aglutinante líquido de tal manera que los monofilamentos se unan entre sí como se muestra en la Figura 3a, y de esta manera, no sean capaces de moverse bajo compresión. La agrupación de monofilamentos puede embeberse también en un material de recubrimiento apropiado como se muestra en la Figura 3b, o los monofilamentos de una agrupación pueden ser monofilamentos bi-componentes recubiertos con un aglutinante específico como se muestra en la Figura 3c. En todos los casos anteriores es ventajoso si el aglutinante usado uniendo los monofilamentos es compatible con la matriz de la resina del futuro laminado. Otro prerrequisito para el material aglutinante es que los medios formadores de pasos de flujo unidos resultantes sean tan flexibles como sea posible para prevenir la formación de pliegues en el laminado. Además, los monofilamentos pueden fusionarse entre sí como se muestra en la Figura 3d. Cuando se usan tales medios formadores de pasos de flujo discretos delgados unidos, el diámetro, o realmente la dimensión de la dirección en Z, de los medios formadores es del orden de 70 - 300 μm , preferentemente de 100 - 200 μm , más preferentemente entre 130 - 170 μm . La dimensión de la dirección en Z real de los medios formadores depende de la permeabilidad de las fibras de reforzamiento reales y el diámetro de las fibras.

De esta manera, para asegurar que los pasos de flujo formados por los diversos medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sean tan eficaces como sea posible en relación a la cantidad de materia extraña llevada en el reforzamiento por los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, la agrupación de monofilamentos debe ser tan compacta como sea posible, lo que significa que su relación de aspecto (relación anchura/altura) debe

ser igual a o menor de 2,0, preferentemente menor de 1,5, lo más preferentemente tan cercana a 1,0 como sea posible, cuando los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se someten al vacío, es decir, compresión en la fase de humectación o impregnación. La relación de aspecto 2 significa, por ejemplo, dos monofilamentos dispuestos de lado a lado.

Independientemente del diámetro o la sección transversal detallada u otra estructura de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, está claro que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no dan, de acuerdo con la presente invención, ninguna estabilidad transversal particular al reforzamiento, sino que la estabilidad solamente se asegura por el uso de puntadas de tecnología de punto de urdimbre o hilos de multifilamento convencionales o hilos orientados aleatoriamente en forma de una red.

En cuanto a la forma y el tamaño de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados así como su posicionamiento en las capas de reforzamiento, es decir su distancia lateral entre sí, todos estos rasgos (entre otros) han de considerarse cuidadosamente en vista de la impregnación y la humectación apropiadas del apilamiento de reforzamiento con resina. Los pasos de flujo de resina formados a los lados de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no deben estar demasiado abiertos de tal manera que la resina tenga tiempo de impregnarse en las mechas y no que fluya directamente desde el lado del apilamiento del reforzamiento donde se introduce la resina al lado opuesto del apilamiento de reforzamiento. Naturalmente, cuanto más corta sea la distancia entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados adyacentes, más abiertos pueden ser, es decir, más grande será la sección transversal, los pasos de flujo transversales en los lados de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, y viceversa. Otra cosa que ha de tenerse en cuenta es el grosor o el peso en gramos de la capa de reforzamiento. Cuanto más gruesa es la capa de reforzamiento más tiempo lleva humedecer adecuadamente la capa con resina. Con la presente invención es posible ajustar la permeabilidad del reforzamiento para asegurar que las fibras de refuerzo individuales estarán bien impregnadas y no se dejarán áreas secas o huecos entre las fibras. Sin embargo, independientemente del diámetro o la sección transversal detallada u otra estructura de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no dan ninguna estabilidad transversal sustancial al reforzamiento, sino que en el caso de un reforzamiento unidireccional o multi-axial la estabilidad solamente se asegura por el uso de puntadas.

De acuerdo con una realización ejemplar adicional una propiedad ideal del material polimérico para los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es que el material no retrase el curado o de otra manera no tenga un efecto negativo en las propiedades químicas, térmicas o las mecánicas de la resina, que forma la matriz. En los experimentos realizados se han usado medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de poliamida (PA), co-poliámida o co-PET. Sin embargo, también pueden usarse otros materiales que funcionen de una manera deseada.

Otra propiedad opcional preferida para el material polimérico para los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es que el material sea, al menos parcialmente, soluble en la resina. Sin embargo, la solubilidad debe ser tan débil o lenta que el reforzamiento tenga tiempo para impregnarse por la resina antes de que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados “desaparezcan” o “colapsen”. Sin embargo, la ventaja de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados al menos parcialmente solubles es que los canales formados por los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se desvanecen/desaparecen, y el producto se vuelve incluso más homogéneo que cuando se usan medios formadores de pasos de flujo discretos muy delgados no solubles. Como un ejemplo de las variantes anteriormente analizadas, puede mencionarse una estructura biocomponente de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados que comprende un monofilamento o una agrupación de monofilamentos, con la condición de que una capa externa de material polimérico con propiedades que difieren, siendo la capa externa soluble al material de la matriz. La solubilidad de la capa externa se elige preferentemente de tal manera que se disuelva en la resina después de que la resina haya impregnado los apilamientos de reforzamientos. La ventaja de estos medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es que la parte central de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en sí mismos puede tener un diámetro de 70 μm y la capa externa un grosor de 50 μm . Por lo tanto el diámetro de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados biocomponentes es durante la impregnación 170 μm y después de la disolución de la capa externa solamente 70 μm por lo que las mechas en el producto final se acercan entre sí. Esto minimiza incluso además el riesgo del fallo prematuro del laminado a prácticamente cero en las uniones entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados y las mechas.

La técnica anterior también ha enseñado, cuando, por ejemplo, se usan para unir entre sí mechas de reforzamiento unidireccionales, hilos de fibra de vidrio recubiertos en estado fundido en caliente transversales que los filamentos transversales del hilo de fibra de vidrio pueden romperse bajo la carga transversal del laminado y crear pequeñas micro roturas como resultado. Las micro roturas pueden tener efectos adversos en las propiedades estáticas y dinámicas del laminado, ya que pueden servir como iniciadores para roturas mayores dando lugar a daños visibles en la estructura laminada y finalmente escalar al daño de parte total. Naturalmente el mismo riesgo se aplica también a los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados.

De esta manera la elongación a la rotura de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados debe ser al menos la misma que aquella de la matriz. Por ejemplo, la elongación a la rotura de una matriz epoxi es

aproximadamente un 6 %, por lo que la elongación a la rotura de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados debe ser más del 6 %, con preferencia aproximadamente un 10 %, con más preferencia aproximadamente un 20 %. El valor exacto depende principalmente del tipo de resina usado. Otra forma de definir y comparar las propiedades del material de la matriz y de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es evaluar su módulo de elasticidad. En otras palabras, para que funcionen de forma apropiada y confiada en todas las aplicaciones el módulo de elasticidad de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados debe ser menor, con preferencia claramente menor que aquel del material de la matriz. Ya que el módulo de elasticidad del material de la matriz tipo poliéster epoxi o vinil éster es de aproximadamente 3 GPa, el módulo de elasticidad de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados debe ser preferentemente del orden de 2 GPa o menos.

Otra cosa que ha de entenderse es que el uso anteriormente analizado de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados para crear pasos de flujo transversales uniformes para la resina usada para impregnar un apilamiento de reforzamientos en un molde puede no solamente aplicarse junto con reforzamientos unidireccionales o multi-axiales cosidos, sino también en conexión con todos los tipos de reforzamientos incluyendo pero no limitados a reforzamientos multi-axiales o tejidos, etc. Por ejemplo en reforzamientos tejidos los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden utilizarse como los hilos de trama, por lo que, cuando viajan entre las superficies superior e inferior del reforzamiento, actúan no solamente como pasos de flujo en una dirección transversal a las mechas de reforzamiento UD sino también en dirección en Z. En este caso los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen preferentemente, pero no necesariamente como agrupaciones de hasta aproximadamente 5 filamentos, ya que los hilos de trama deben dar al reforzamiento su estabilidad al manejo. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados también pueden aplicarse por transportes convencionales o modificados usados en máquinas multi-axiales o sistemas de inserción de trama en la tejeduría.

La aplicación anteriormente mencionada del reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido en la fabricación de laminados para tapaderas de largueros para aspas de turbinas eólicas es solamente una de las innumerables aplicaciones donde se aplica este tipo de reforzamiento. El reforzamiento de la presente invención encuentra su mejor uso donde hay una necesidad de un reforzamiento orientado unidireccional o multi-axialmente cosido con propiedades mecánicas altas, especialmente fatiga pero también propiedades estáticas. Sin embargo, ha de entenderse que el reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de la invención puede usarse en cualquier aplicación donde se usan matrices reforzadas de fibras.

La Figura 4 es una ilustración que compara las propiedades de flujo de resina de un reforzamiento de la técnica anterior con aquellas del reforzamiento unidireccional o multi-axial de la presente invención que tiene dos ajustes diferentes de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados. El experimento se realizó de tal manera que se prepararon tres reforzamientos diferentes. En la fabricación de todos los reforzamientos se usaron las mismas mechas unidireccionales, el mismo hilo de costura y la misma clase y tipo de puntada. La única diferencia fue en las fibras transversales que se dispusieron por transportes de hilo de trama típicos para las máquinas multiaxiales y después se cosieron. En la fabricación de un reforzamiento de la técnica anterior de referencia se dispuso un hilo de multifilamento (68 tex, 400 filamentos, teniendo cada uno un diámetro de 16 μm) a un espaciado de 10 mm y en ángulos de + 45 y -45 grados en la dirección de las mechas unidireccionales. En el primer reforzamiento de acuerdo con la presente invención los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en forma de monofilamentos (CoPET - copolímero de polietilentereftalato) que tienen un diámetro de 170 μm se dispusieron en ángulos rectos a las mechas unidireccionales, colocándose los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, es decir, los monofilamentos, con un espaciado de 10 mm. En el segundo reforzamiento de acuerdo con la presente invención los mismos monofilamentos que en el primer reforzamiento de la invención se dispusieron en ángulos a las mechas unidireccionales, colocándose los monofilamentos con un espaciado de 3 mm.

Para el experimento se cortaron dos hojas de reforzamiento igualmente dimensionadas de cada reforzamiento. En cada experimento las dos hojas similares se colocaron en moldes de ensayo que comprenden hojas de vidrio del revés de tal manera que una película plástica cubría los reforzamientos. El envase se hizo hermético con masa de sellado habitual. En lo sucesivo el molde se sometió a un vacío de -95 kPa (-95 bar) para la retirada de aire durante 10 minutos, después de lo que se introdujo una resina epoxi que tenía una viscosidad de 300 mPa a través de las mechas de refuerzo dentro del molde a una temperatura ambiente de 23 °C. Se redactó un gráfico grabando la distancia de humectación que la resina había avanzado como función del tiempo.

La Figura 4 ilustra la distancia de humectación que la resina ha fluido como una función del tiempo. El gráfico más bajo muestra la velocidad de flujo de la resina en el reforzamiento de la técnica anterior. Toma 25 minutos para que la resina avance 8 cm. La posición frontal de flujo típicamente sigue la ley de Darcy bien conocida donde la posición es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo. De esta manera hay un cierto valor máximo, que puede aproximarse infinitamente pero nunca alcanzarse. La diferencia de la permeabilidad determina la distancia real del frente de flujo, es decir, la distancia de humectación, si otros parámetros como la viscosidad y la temperatura se mantienen constantes. Ya que el gráfico más bajo (técnica anterior) es casi horizontal en 25 minutos, se espera que incluso un aumento considerable en el tiempo de impregnación no aumentaría mucho la distancia de impregnación. El gráfico de en medio muestra la velocidad de flujo de la resina en un reforzamiento donde los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados estaban separados 10 mm entre sí. Para avanzar 8 cm, la resina necesitó 4

minutos 5 segundos. En otras palabras, la velocidad de flujo de la resina fue aproximadamente 6 veces en comparación con el reforzamiento de referencia, y se alcanzó una distancia de impregnación/humectación de 20 cm en 25 minutos. Aumentando el tiempo de humectación la distancia de humectación aumentaría todavía unos pocos cm. El gráfico de más arriba muestra la velocidad de flujo de la resina en un reforzamiento donde los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados estaban separados 3 mm entre sí. En este punto tomó 1 minuto 50 segundos que la resina fluyera 8 cm, es decir, la velocidad de flujo de la resina fue 13,6 veces en comparación con el reforzamiento de referencia y se alcanzó una distancia de impregnación de aproximadamente 38 cm en 25 minutos. Aumentando el tiempo de humectación la distancia podría aumentar todavía aproximadamente diez cm. En otras palabras, los experimentos realizados sugieren que, si se necesita una distancia de impregnación corta, el uso de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de acuerdo con la presente invención reducen el tiempo de impregnación a aproximadamente una décima parte del tiempo necesario por los reforzamientos de la técnica anterior, o si se necesita una distancia de impregnación larga el uso de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de acuerdo con la presente invención aumenta la distancia a aproximadamente 6 veces en comparación con los reforzamientos de la técnica anterior.

Los experimentos anteriores muestran claramente la gran ventaja que trae el diseño novedoso de los pasos de flujo transversales formados por el uso de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados. Y como ya se ha analizado anteriormente no es solo una cuestión de infusión "de alta velocidad" que aumenta significativamente la velocidad de producción, sino también una cuestión de una retirada de gas muy eficaz del apilamiento de reforzamientos asegurando un laminado libre de huecos sin áreas secas o semi-impregnadas, y una cuestión de un laminado que tiene unas mejores propiedades de resistencia y fatiga que los laminados de la técnica anterior usados para los mismos fines.

El reforzamiento de la presente invención puede usarse con todas las clases de métodos de infusión, incluyendo pero no limitado a métodos de infusión al vacío, RTM ligero o RTM. Otros casos de laminación donde la impregnación de la resina es crítica o de otra manera se retrasa por las fibras dispuestas estrechamente u otro material presente en la estructura laminada tipo materiales en sándwich, materiales retardantes del fuego, cargas, pigmentos, etc., donde la viscosidad de la resina puede ser extremadamente alta, puede mejorarse por medio del reforzamiento de la presente invención.

Los reforzamientos de la presente invención pueden usarse tanto en la fabricación de preformas como de productos finales, es decir, laminados como por ejemplo aspas de turbinas eólicas. Las preformas pueden fabricarse con al menos dos reforzamientos colocando los reforzamientos uno en la parte superior del otro de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de un primer reforzamiento estén frente al segundo reforzamiento colocado por debajo o por encima del primer reforzamiento y usando un aglutinante apropiado, si se necesita (a veces meramente el calentamiento del reforzamiento o reforzamientos y el aglutinante aplicados antes para unir las mechas es suficiente), para unir los reforzamientos para formar la preforma. Los reforzamientos unidireccionales pueden posicionarse uno en la parte superior del otro de tal manera que bien las mechas de todos los reforzamientos sean paralelas o bien que las mechas de un primer reforzamiento se dispongan en un ángulo a las mechas de un segundo reforzamiento, por lo que se forma una preforma multi-axial.

De forma similar un laminado puede fabricarse a partir del reforzamiento de la invención o de la preforma anteriormente analizada. En el método para fabricar el laminado al menos dos reforzamientos, o preformas, se colocan una en la parte superior de la otra en el molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados de un primer reforzamiento estén frente al segundo reforzamiento colocado por debajo o por encima del primer reforzamiento, se coloca una cubierta en los reforzamientos, se cierra el molde y se proporciona una diferencia de presión para evacuar aire del molde y para impregnar el reforzamiento o reforzamientos con resina.

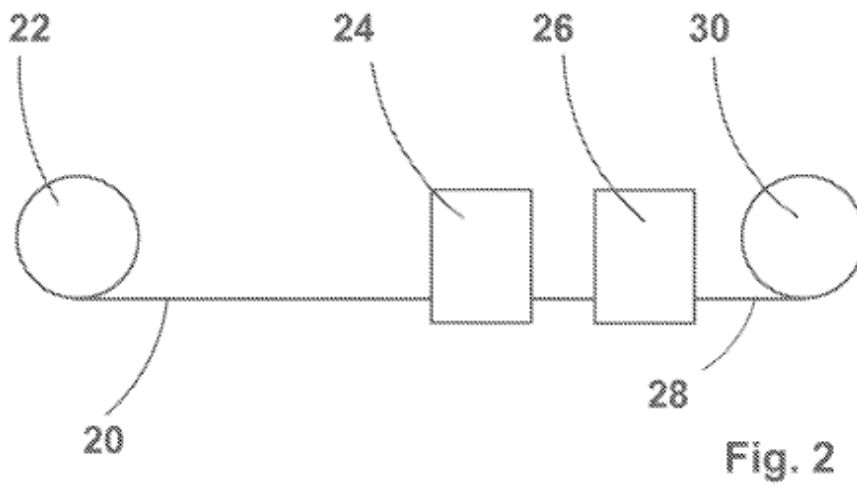
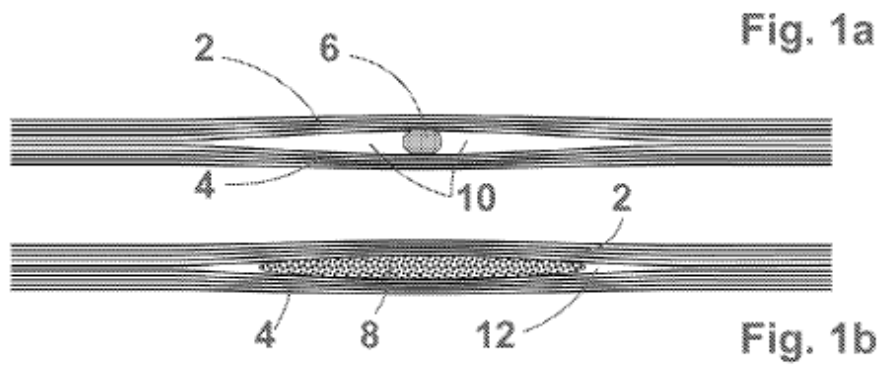
Otra opción es usar solamente un reforzamiento unidireccional en el molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados estén en frente ambos hacia el fondo y la cubierta del molde.

Está claro que la invención no se limita a los ejemplos mencionados anteriormente sino que pueden implementarse en muchas otras realizaciones diferentes dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido para la fabricación de compuestos reforzados de fibras mediante un proceso de moldeo de transferencia de resina y un proceso de moldeo por infusión al vacío, comprendiendo el reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido (28) al menos una capa de mechas unidireccionales continuas dispuestas en el reforzamiento, y medios para facilitar, cuando se humedece un apilamiento de reforzamientos (28) con resina, el flujo de resina en una dirección transversal a la dirección de las mechas unidireccionales disponiéndose los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) transversales a las mechas unidireccionales y formando a los lados de los mismos pasos de flujo (10) que se extienden desde un borde del reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido (28) al borde opuesto del mismo, uniéndose la al menos una capa y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) por medio de costuras, caracterizado por que los medios que facilitan el flujo de resina son medios delgados (6) para formar pasos de flujo para la resina que tienen, bajo compresión, un diámetro de 70 - 300 μm , y en que las hebras unidireccionales se disponen lado a lado.
2. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en la reivindicación 1, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se disponen en ángulos rectos a la dirección de las hebras unidireccionales o su dirección se desvía como mucho 45 grados de las mismas.
3. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el reforzamiento (2, 4, 28) se forma por dos o más capas de hebras y que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se disponen entre al menos dos capas de hebras o solamente en las superficies de la parte de arriba y/o de la parte de abajo del reforzamiento unidireccional o multi-axial (2, 4, 28).
4. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se disponen en al menos una de la superficie de la parte superior y la superficie de la parte inferior del reforzamiento unidireccional o multi-axial (2, 4, 28).
5. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se disponen en un espaciamiento de 2 - 50 mm en el reforzamiento unidireccional o multi-axial (28).
6. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) son bien monofilamentos únicos (6) o bien una agrupación de monofilamentos unidos entre sí.
7. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen un diámetro de 100 - 200 μm .
8. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada puntada tiene una longitud y que la distancia o el espaciamiento entre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) adyacentes o vecinos es más larga que la longitud de la puntada.
9. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen una elongación en la rotura mayor que aquella de la matriz que rodea en el producto final.
10. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las mechas están bien hechas a mano o bien son fibras naturales, es decir fibras como vidrio, carbono, aramida, basalto, lino, cáñamo, yute, lino.
11. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen, bajo compresión, una relación de aspecto de menos de o igual a 2, preferentemente menos de 1,5.
12. El reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido como se recita en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) están hechos de poliamida (nailon), polietilentereftalato, polipropileno, polibutilentereftalato, co-poliámida o copoliéster (co-PET).
13. Una preforma que comprende al menos dos reforzamientos cosidos de las reivindicaciones 1 - 12.
14. Un laminado que comprende uno o más reforzamientos cosidos de las reivindicaciones 1 - 12.

15. Un método para producir un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido para compuestos reforzados de fibras que comprende las etapas de:
- a) poner hebras continuas unidireccionalmente de lado a lado para formar al menos una capa (20),
 - b) poner medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) que tienen, bajo compresión, un diámetro de 70 - 300 μm en una dirección transversal a la dirección de las mechas unidireccionales al menos en las mechas continuas de la al menos una capa,
 - c) coser los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) y las mechas unidireccionales continuas entre sí para formar un reforzamiento (28), realizándose las etapas a) - c) en la misma secuencia una después de la otra.
16. El método como se recita en la reivindicación 15, que comprende la secuencia de etapas de
- a) poner una o más capas de hebras unidireccionales,
 - b) poner los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en la una o más capas,
 - c) poner una o más capas de hebras unidireccionales en los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, y en lo sucesivo
 - d) coser las capas con los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados para producir un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido.
17. El método como se recita en la reivindicación 15 o 16, que comprende en la etapa a), poner varias capas unidireccionales en sí mismas de las que al menos una tiene una nueva orientación de las hebras para formar un reforzamiento multi-axial.
18. El método como se recita en la reivindicación 15 o 16 o 15 y 17 o 16 y 17, que comprende, en la etapa b), poner los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) en un ángulo que se desvía como mucho +/- 45 grados de una dirección en ángulos rectos a la dirección de las hebras unidireccionales.
19. Un método para fabricar una preforma que comprende las etapas de: fabricar un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además las etapas de:
- a) Poner al menos dos de los reforzamientos uno en la parte de arriba del otro de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de un primer reforzamiento estén frente a un segundo reforzamiento localizado por debajo o por encima del primer reforzamiento,
 - b) unir los reforzamientos para formar la preforma.
20. El método de fabricación de la reivindicación 19, que comprende usar aglutinante apropiado en la etapa b).
21. El método de fabricación de la reivindicación 19 o 20, caracterizado por que se posicionan los reforzamientos en la preforma de tal manera que las mechas del primer reforzamiento se disponen en un ángulo a las mechas del segundo reforzamiento.
22. Un método para fabricar un laminado que comprende las etapas de fabricar un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además las etapas de:
- a) poner al menos dos reforzamientos cosidos uno en la parte de arriba del otro en un molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de un primer reforzamiento estén frente a un segundo reforzamiento localizado por debajo o por encima del primer reforzamiento, o poner un reforzamiento cosido en el molde,
 - b) posicionar una cubierta en el uno o más reforzamiento o reforzamientos,
 - c) cerrar el molde y, proporcionar una diferencia de presión para evacuar el aire del molde y para impregnar los reforzamientos con resina.
23. Un método para fabricar un laminado que comprende las etapas de fabricar un reforzamiento unidireccional o multi-axial cosido de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además las etapas de:
- d) poner al menos dos reforzamientos cosidos uno en la parte de arriba del otro en un molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de un primer reforzamiento estén frente a un segundo reforzamiento localizado por debajo o por encima del primer reforzamiento,
 - e) unir los reforzamientos para formar una preforma,
 - f) poner al menos dos preformas una en la parte de arriba de la otra en un molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de una primera proforma estén frente a una segunda proforma localizada por debajo o por encima de la primera proforma,
 - g) posicionar una cubierta en las preformas,
 - h) cerrar el molde y,
 - i) proporcionar una diferencia de presión para evacuar el aire del molde y para impregnar los reforzamientos con resina.



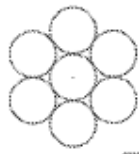


Fig. 3a

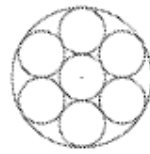


Fig. 3b

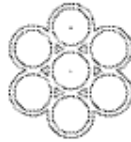


Fig. 3c



Fig. 3d

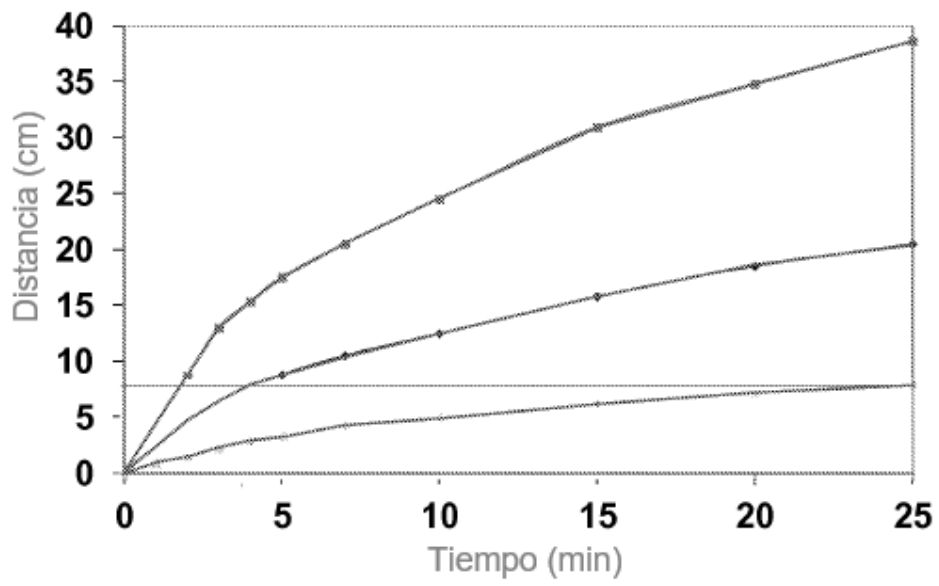


Fig. 4