

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 491**

51 Int. Cl.:

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 70/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2013 PCT/FI2013/050764**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO2014013137**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13747857 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 2874802**

54 Título: **Un reforzamiento unidireccional y un método para producir un reforzamiento unidireccional**

30 Prioridad:

20.07.2012 EP 12177268
07.05.2013 FI 20135469

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2017

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 2 616 491 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 y un método para producir un reforzamiento unidireccional

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un reforzamiento unidireccional y un método para producir un reforzamiento unidireccional. El reforzamiento unidireccional 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 y se requiere que el producto final tenga una resistencia y una calidad especialmente elevadas. El reforzamiento unidireccional de la presente invención es especialmente aplicable en la fabricación de laminados de la tapadera del larguero para turbinas eólicas, partes de automóviles, barcos, componentes con resistencias diferentes, etc., es decir, en todos los tipos de estructuras en los que se necesitan formas longitudinales.

15 Antecedentes de la técnica

20 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 reforzamientos de fibra apropiados como estructuras tejidas o de punto que pueden 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.

25 Normalmente se apilan 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 insaturada o 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 en la dirección transversal por medio de costuras, son una elección preferida en su fabricación ya que se pueden orientar eficazmente de acuerdo con las cargas. Tales reforzamientos unidireccionales están hechos de mechas o haces de filamentos, generalmente denominados fibras de reforzamiento.

35 El reforzamiento unidireccional está formado normalmente por una capa única de mechas de reforzamiento. 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.

40 El producto final, es decir, la estructura laminada curada puede fabricarse con un número de tales reforzamientos unidireccionales 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, cuadriaxiales, etc. dependiendo del número de diferentes orientaciones de las fibras en las mismas.

50 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.

55 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. Los hilos de costura se disponen longitudinalmente en el reforzamiento y 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.

65 Los reforzamientos cosidos se conocen bien y tienen unas pocas propiedades buenas. En primer lugar, su estabilidad transversa es buena si tales patrones se utilizan donde los hilos de costura que se disponen

longitudinalmente se conectarán con hilos adyacentes 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.

El uso de costuras, sin embargo, también resulta en algunos problemas. Las costuras, por ejemplo, provocan dobleces/pliegues en las mechas, los dobleces/pliegues desvían las fibras que soportan la carga de su orientación recta inicial. Las costuras también se comprimen localmente en las mechas y provocan una distribución irregular de la resina y riesgo de concentraciones de estrés interno.

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 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, cuando se usan, 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.

Un problema adicional de los reforzamientos hechos mediante costura y especialmente tejeduría son las distorsiones locales, es decir, dobleces o "pliegues", que tanto los hilos de trama como las costuras, aunque en un grado menor, crean en un alineamiento de fibras de refuerzo que de otra manera estaría recto. Los "pliegues" ocasionan concentraciones de estrés y riesgo de micro rotura y se consideran la causa principal de la reducción de las propiedades mecánicas dinámicas y estáticas de los laminados. Esto resulta sorprendente en parte porque los reforzamientos cosidos se desarrollaron e introdujeron inicialmente en el mercado diciendo que, en comparación con los tejidos, no tenían "pliegues".

Otro problema adicional de los reforzamientos cosidos es su elevada flexibilidad con una clara tendencia a formar fácilmente plegamientos o dobleces locales con una curvatura pequeña dentro del laminado, especialmente cuando el número de capas de refuerzo en el laminado es elevado, que es el caso, por ejemplo, en los laminados de la tapadera del larguero en aspas de un rotor de energía eólica. Este tipo de áreas que tienen los plegamientos o dobleces descritos anteriormente tienen al final cantidades elevadas de resina y pueden experimentar temperaturas excesivamente elevadas durante el curado de la resina, lo que podría provocar fácilmente un daño laminar local.

También se ha llevado al mercado un método químico para unir juntos las mechas unidireccionales por medio de diversos aglutinantes termoplásticos. Con la práctica se ha observado que cuando las mechas se anclan entre sí químicamente la unión hace que el reforzamiento sea relativamente rígido, con lo que es difícil colocar el reforzamiento en el molde, es decir, hacer que el reforzamiento siga los contornos del molde, y esto será más difícil cuantas más formas complejas tenga el molde. Sin embargo, eligiendo cuidadosamente el agente de unión, normalmente un aglutinante termoplástico, por ejemplo, en forma de polvo, y la cantidad que se usa, se puede conseguir que las propiedades de conformado (principalmente flexibilidad) del reforzamiento tengan un nivel aceptable. Se han observado otros problemas, además de los discutidos anteriormente en la manipulación de la rigidez, que aparecen en los reforzamientos unidos químicamente, respecto a la permeabilidad de la resina y la velocidad de humectación de un aplamamiento de reforzamientos en molde.

Para resolver el problema relacionado con la estabilidad transversal, también se ha sugerido que una capa o red adicional, por ejemplo, una lámina de malla de hebras cortadas o una red tejida podrían proporcionar a un reforzamiento unidireccional la estabilidad transversal que requiere, pero tal capa adicional reduce la movilidad y aumenta el riesgo de formación de huecos, peso, grosor y costes del producto final.

El problema relacionado con la permeabilidad de la resina y con la unión de las mechas en el reforzamiento está provocado por el hecho de que las mechas están tan próximas localmente la una de la otra en la etapa de moldeado por infusión, algo que se ve acentuado por la fuerza de compresión del proceso de infusión al vacío, que, en primer lugar, el flujo de gas desde las cavidades abiertas y, en segundo lugar, el flujo de la resina para llenar las cavidades abiertas en las capas del reforzamiento y entre estas en el monte es muy lento a menos que se tomen algunas medidas específicas. 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) con sus numerosas variantes y materiales adyuvantes del flujo como rejillas de plástico, para distribuir la resina en todas las capas de reforzamiento en el molde. Sin embargo, a veces a pesar de 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. En vista de lo

anterior, hay que investigar nuevas vías para mejorar tanto la retirada del gas del apilamiento de reforzamientos como la permeabilidad del reforzamiento de la resina.

5 Por lo tanto, las dos estructuras básicas descritas anteriormente, es decir, los reforzamientos unidireccionales unidos química y mecánicamente, tienen sus propios problemas.

10 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.

15 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.

20 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 puede haber 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.

35 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.

45 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.

50 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 ubicarse 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.

El documento US-A1-2004/241415 analiza un sustrato que son fibras de refuerzo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, formado por al menos un grupo de hilos de fibra de refuerzo donde los hilos de fibra de refuerzo se disponen en paralelo entre sí en una dirección, donde, en al menos una superficie del sustrato que son fibras de refuerzo, se proporciona de un 2 a un 15% en peso de un material resinoso cuyo principal constituyente es una resina termoplástica, y la fracción del volumen V de la fibra de refuerzo del sustrato que son fibras de refuerzo está en el intervalo de un 40 a un 60%.

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 su 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 una 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.

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/m² 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 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 los hilos a las mechas del reforzamiento, es decir, durante el reblandecimiento/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 aplanar 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. Otro problema 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.

Por lo tanto, ambas maneras de mantener el reforzamiento unidireccional en su forma o no distorsionado en una dirección transversal tienen sus propios inconvenientes. Sin embargo, ya que el cosido tiene un problema relacionado con la tensión, que está provocado por la característica básica del cosido, es decir, el ajustamiento de una puntada alrededor de una o más mechas, en la práctica es extremadamente difícil librarse de esta característica básica. Por lo tanto, parece que la unión de las mechas para mantener la forma por medio de un aglutinante termoplástico es probablemente la manera en la que los reforzamientos se harán en el futuro, específicamente si es necesario optimizar las propiedades de fatiga. Así pues, se han investigado nuevas maneras para mejorar la permeabilidad del reforzamiento a la resina.

Un punto de partida para el desarrollo adicional de un reforzamiento unidireccional óptimo es un reforzamiento en el cual los problemas relacionados con la estabilidad de manipulación y permeabilidad de la resina se han resuelto sin sacrificar las propiedades de resistencia y especialmente de fatiga. Para garantizar unas propiedades de fatiga y resistencia máximas para el laminado manufacturado de este reforzamiento, no debería haber ningún hilo/fibra que se estire transversalmente sobre el reforzamiento para proporcionar al material estabilidad en la dirección transversal. Sin embargo, es muy difícil manipular el material durante las fases de trabajo posteriores. Los a menudo pesados reforzamientos se colocan sobre el molde, por ejemplo, durante las fases de producción de los álabes de la turbina eólica, a menudo varias capas, a veces incluso 50-60, unas sobre otras, y los reforzamientos tienen una longitud de varios metros, a menudo de hasta 50-60 m, a veces incluso más. Se necesita estabilidad transversal de

manera que el operario que apila los reforzamientos en el molde en la producción de los álabes sea capaz de ajustar la posición exacta de cada reforzamiento en la dirección transversal. Esto no es posible sin una resistencia a la tracción transversal suficiente. Si los pasos de flujo se extienden de manera continua en la dirección longitudinal desde un extremo del reforzamiento hasta el extremo opuesto del mismo, como se describe en el documento EP-B1-1667838, los canales forman líneas débiles a lo largo de las cuales el reforzamiento se rompe fácilmente en dos o más partes, es decir, en bandas longitudinales.

La práctica ha demostrado que los reforzamientos unidireccionales a día de hoy tienen graves áreas de problemas, como por ejemplo:

- el reforzamiento unidireccional tiene en su forma básica unida con polvo, una permeabilidad extremadamente limitada a la resina en general y, especialmente, en la dirección transversal; por lo tanto, la producción de objetos largos es sumamente difícil,
- si se mejora la permeabilidad mediante pasos de flujo longitudinales según los conocimientos de la técnica anterior para la resina, el refuerzo pierde su estabilidad transversal,
- el cosido y el uso de hilos recubiertos transversales crea pliegues en las mechas lo que resulta en riesgo de micro roturas y una reducción de las propiedades de resistencia,
- los reforzamientos cosidos presentan un riesgo elevado de formar plegamientos o dobleces con una curvatura pequeña dentro de secciones gruesas del laminado cuando se los coloca en un molde. Los dobleces pueden causar regiones con exotermias elevadas locales con un grave daño del laminado,
- los multifilamentos retorcidos gruesos transversales, cuyo objetivo es proporcionar pasos de flujo para la resina y que se disponen entre los reforzamientos unidireccionales y transversales a estos, fuerzan que las mechas estén demasiado separadas unas de otras lo que resulta en un riesgo elevado de micro roturas, además la presión del vacío comprime los multifilamentos lo que resulta en hilos transversales aplanados con un diámetro, es decir, el grosor de la dirección en Z, mucho menos eficaz que evitan que la resina fluya en estos pasos de flujo,
- las burbujas de gas o las regiones secas entre los filamentos de mechas UD se mantienen fácilmente en el apilamiento del reforzamiento y no pueden retirarse incluso por infusión al vacío, por lo que pueden reducir considerablemente la resistencia del producto final incluso más, y
- los conflictos del recubrimiento termoplástico y el pegamento en estado fundido caliente con las resinas utilizadas en la infusión, al menos localmente.

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.

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.

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).

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 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.

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.

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

- 5 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.
- 10 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.
- 15 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.
- 20 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.
- 25 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.
- 30 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.
- 35 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.
- 40 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.
- 45 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.
- 50 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 acetatos), ésteres de celulosa y resinas acrílicas).
- 55 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.
- 60 Hebra - agrupación retorcida de filamentos unitarios, hilo.
- 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.
- 65

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.

5 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. También existen reforzamientos unidireccionales transversalmente. 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
10 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.

15 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.

20 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.

25 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
30 grosor.

Breve resumen de la invención

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

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

40 Un objeto adicional de la presente invención es desarrollar un nuevo reforzamiento unidireccional 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.

45 Un objeto adicional más de la presente invención es mejorar las propiedades de manipulación de un reforzamiento no cosido y que un reforzamiento de este tipo siga ofreciendo una estabilidad y resistencia suficientes en la dirección transversal.

Otro objeto adicional de la presente invención es acelerar la producción de reforzamientos unidireccionales.

50 Otro objeto adicional de la presente invención es simplificar la producción de reforzamientos unidireccionales.

Otro objeto adicional de la presente invención es garantizar que los filamentos en un reforzamiento unidireccional mantienen su forma recta.

55 Otro objeto adicional de la presente invención es evitar el uso de fibras/mechas de reforzamiento transversales o hilos de unión del reforzamiento.

60 Al menos se resuelve uno de los problemas analizados anteriormente y se cumplen los objetos de la presente utilizando medios discretos delgados orientados transversalmente para formar pasos de flujo para la resina en relación con las mechas de refuerzo unidireccionales para disponer un área de flujo libre en una dirección transversal a la dirección de las mechas unidireccionales, tanto para que el aire escape del reforzamiento como para que la resina impregne o humedezca el producto eficazmente.

65 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 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.

5 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 para la fabricación de compuestos reforzados de fibra mediante un proceso de moldeado por transferencia de resina o procesos de moldeado por infusión al vacío, de acuerdo con la reivindicación 15.

10 Otros rasgos característicos del reforzamiento unidireccional 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

- 15 - las puntadas e hilos de unión transversales se reemplazan por medio de un sistema aglutinante a través del cual se evitan los pliegues causados por las puntadas, a través del cual
- las propiedades de resistencia del reforzamiento se mejoran, ya que las fibras permanecen rectas,
- la velocidad de producción no está limitada por el mecanismo de cosido,
- la permeabilidad de los reforzamientos unidireccionales a la resina se mejora hasta un nivel tal que facilita un buen flujo de la resina,
- 20 - 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 en comparación con los reforzamientos unidireccionales cosidos y mucho más en comparación con los reforzamientos unidireccionales no cosidos,
- 25 - 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 una estructura cosida se minimizan,
- el producto final tiene excelentes propiedades de resistencia y de fatiga,
- 30 - los inconvenientes que se refieren a las perturbaciones químicas con la matriz se minimizan,
- no es necesario utilizar hilos de unión o fibras de refuerzo transversales particulares para lograr una estabilidad transversal suficiente,
- un reforzamiento UD unido con polvo es capaz de permanecer plano en el molde incluso cuando el apilamiento de reforzamientos se sitúa en un molde cóncavo, ya que su flexibilidad se reduce. Esta propiedad reduce notablemente el riesgo de formación de plegamientos o áreas locales de mechas de reforzamiento que forman dobleces con una curvatura pequeña dentro del laminado, y
- ahora que se previene la formación de pliegues y plegamientos locales mediante la unión con polvo, este reforzamiento es específicamente adecuado para los laminados basados en fibra de carbono. La razón es que los pliegues y plegamientos locales reducirían drásticamente las propiedades de resistencia a la compresión de los laminados de fibra de carbono.

Breve descripción de las figuras

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

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

50 La Figura 2 ilustra esquemáticamente el proceso de producción del reforzamiento unidireccional 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 UD cosido de la técnica anterior con tres reforzamientos UD unidos con polvo diferentes habida cuenta del flujo de resina.

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 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 0,3 - 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 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 discretos delgados” 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. 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 o el grosor de la dirección en Z de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados dispuestos transversalmente está entre 100 y 200 μm , preferentemente entre 130 y 170 μm . Sin embargo, en casos con reforzamientos ligeros se usa un diámetro un poco más pequeño, es decir hasta 70 μm , y de forma similar con reforzamientos especialmente pesados se usan 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 medios formadores de pasos de flujo discretos delgados que tienen un grosor de 130 μm se comparó con el de un laminado de la técnica anterior que tenía hilos transversales a 90° o ± 45 grados respecto a la dirección longitudinal de las mechas, se observó que la distancia de humectación del apilamiento de la invención se duplicaba. Cuando la distancia de humectación del apilamiento de las capas de reforzamiento hechas de mechas unidireccionales unidas con polvo a las que se les proporcionaron medios formadores de pasos de flujo discretos delgados que tienen un grosor de 130 μm se comparó con la de un laminado formado con mechas unidireccionales unidas con polvo sin hilos transversales ni medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, se observó que, después de un cierto periodo de tiempo, la distancia de humectación del apilamiento de la invención fue de aproximadamente 16 veces. Asimismo, cuando se permitió que el laminado formado de esta manera se endureciera, se estudiaron sus propiedades de fatiga y se compararon con las del laminado de la técnica anterior que tenía hilos transversales a 90° o ± 45 grados respecto a la dirección longitudinal de las mechas, se observó que las propiedades de fatiga del laminado de la invención fueron claramente mejores que las del laminado de la técnica anterior. La única razón para la mejora de las propiedades de fatiga es la presencia de menos pliegues en las mechas unidireccionales de refuerzo en el reforzamiento UD unido con polvo y una mejor retirada del aire del apilamiento de reforzamientos que conlleva menos huecos en la etapa de infusión al vacío. Por lo tanto, todos los procesos y propiedades del producto, incluidas la velocidad de humectación, resistencia y fatiga, aumentaron claramente.

Uno de los experimentos realizados 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 130 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 hilos de multifilamentos que no forzaron las mechas demasiado lejos, cuando se comprimieron con vacío, 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 UD no se disminuirían debido al grosor de la hebra.

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 unidas entre sí por medio de un polvo termoajustable y/o termoplástico tienen un monofilamento 6 entre ellos dispuesto con ángulos rectos respecto a las mechas UD. La Figura 1b muestra los mismos reforzamientos 2 y 4 hechos de agrupaciones de mechas unidas entre sí por medio de un polvo termoplástico y/o termoajustable en los que una capa que tiene un hilo de multifilamentos 8 entre ellos está dispuesto con ángulos rectos respecto a las mechas. La Figura 1a muestra que el monofilamento 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 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 de aproximadamente 18 veces en comparación con aquel de un monofilamento. Por lo tanto, está claro que los multifilamentos cuando son planos debido a la compresión rellenan el espacio vacío en los huecos que se forman, al comienzo antes de la compresión, en los lados del multifilamento. Esto previene el flujo de resina a través de estos huecos o canales.

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. 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 lateral del multifilamento de manera que el área de la sección transversal del paso disponible para el flujo de resina es, en la práctica, insignificante.

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 .

La Figura 2 ilustra esquemáticamente el proceso de producción del reforzamiento unidireccional de acuerdo con la presente invención. La fabricación de un reforzamiento unidireccional procede como sigue. En primer lugar, una red uniforme 20 de mechas unidireccionales (preferentemente pero no necesariamente de vidrio, carbono, aramida o basalto, o lino, yute, cáñamo, sisal, cocos, kenaf, asbesto 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. Por lo tanto, las mechas se disponen una al lado de la otra, preferentemente en una capa de mechas, pero posiblemente también en varias capas de mechas.

La red 20 se refiere entonces a una estación de aplicación del aglutinante 24. El aglutinante se puede aplicar por varios métodos, donde cada uno de tales métodos pertenece al alcance de la presente invención. En un sistema ejemplar, el aglutinante es un aglutinante termoplástico en forma de polvo y se añade a la red mediante el dispositivo para extender el polvo del aglutinante 24 sobre todas las superficies de la red, es decir, no solamente sobre la superficie de la parte superior de la red 20 si no alrededor de las mechas individuales. El objetivo es rodear de manera eficaz las mechas con una capa delgada pero uniforme de un material aglutinante en polvo. La operación del dispositivo 24 puede basarse, por ejemplo, en hacer vibrar la red y el polvo que originalmente está sobre ella, posiblemente, con un aire circulante auxiliar. Al utilizar el dispositivo para extender el aglutinante 24, se evita que el aglutinante pulverulento se quede únicamente sobre las superficies superiores de las mechas o sobre la superficie de la parte superior de la red como sería el caso con un método de simple dispersión. Por ejemplo, también se necesita aglutinante en la parte inferior de las mechas, es decir, en la superficie inferior de la red para evitar que queden colgando filamentos o mechas que de otra manera estarían sueltos. Se necesita el polvo además entre las mechas para proporcionar estabilidad transversal o hacia los lados.

Se debe sobreentender que hay muchos métodos disponibles para aplicar el aglutinante pulverulento y ponerlo en contacto con las mechas.

Se debe estudiar muy cuidadosamente la cantidad de aglutinante ya que en el caso de los reforzamientos unidireccionales de la presente invención es el aglutinante el que en la práctica proporciona al reforzamiento toda la estabilidad transversal que tiene. Sin embargo, tal como ya se ha analizado anteriormente esta es una cuestión de optimización. Cuanto más aglutinante se aplique mejor será la estabilidad transversal del reforzamiento. Pero, a la vez, cuanto más aglutinante se aplique más rígido será el reforzamiento y más difícil será conseguir que el reforzamiento se adapte a los contornos del molde. Por lo tanto, la cantidad de aglutinante debería ser una cantidad mínima que proporcione simplemente una estabilidad transversal suficiente. Además, la cantidad de aglutinante debería ser mínima para evitar cualesquiera problemas de compatibilidad con la matriz. Por lo tanto, el reforzamiento de la presente invención utiliza 5 - 30 g/m², preferentemente 8 - 15 g/m², de aglutinante por reforzamiento y tiene un

peso de área de 1000 - 1200 g/m². Naturalmente, si el peso de área es menor la cantidad de aglutinante también es menor y viceversa.

Sin embargo, se debe sobreentender que también se puede utilizar otros aglutinantes que no sean polvos secos, como líquidos y polímeros que se vuelven poco viscosos calentando o por otros medios, sólo para mencionar unos pocos ejemplos. Por lo tanto, los aglutinantes se pueden denominar por lo general aglutinantes poliméricos. Los aglutinantes líquidos pueden ser dispersiones con una base acuosa u otras soluciones o sistemas que tengan como base otro disolvente. Por lo tanto, ya que el uso de los aglutinantes requiere operaciones diferentes como el calentamiento y/o pulverización del disolvente y/o evaporación del disolvente, la utilización del disolvente se puede denominar con el término general de activación o activación del aglutinante. En todos los casos, el aglutinante se aplica por medio de pulverización, extrusión (boquillas para estado fundido en caliente), pulverización centrífuga, etc. tan sólo para mencionar unas pocas opciones. El tipo del polímero puede ser de naturaleza termoplástica o termoajustable o una mezcla de ambas.

Después de que el aglutinante en polvo o líquido se extienda o distribuya sobre toda la red 20, la red se traslada a un dispositivo 26 que introduce o coloca medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre la red de manera transversal a la dirección de viaje de la red. 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 discretos delgados han de elegirse de tal manera que, incluso si los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados son de alguna manera compresibles, la dimensión de la dirección en Z de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, cuando se comprimen en la etapa de infusión, es de 70 - 300 µm, preferentemente de 100 - 200 µm, más preferentemente entre 130 - 170 µm. Este diámetro 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 discretos delgados adyacentes 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 red. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden disponerse en la red 20 en "26" 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 red poniendo un cierto número de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en la red 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.

Otra forma posible de colocar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es disponer una rueda rotatoria en "26" en un plano sustancialmente en ángulos rectos a la red alrededor de la red, en la que la rueda enrolla los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la red. 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 red. Cuando se usa este tipo de una aplicación para enrollar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la red, 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 red 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 siguiente etapa del procesamiento, es decir, el calentamiento de la red o, de manera más general, la activación del aglutinante. Los medios pueden ser, por ejemplo, raíles de guía que se extienden a lo largo de los bordes de la red 20 desde el aparato enrollando los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados alrededor de la red y fuera de los raíles de guía hasta la siguiente etapa de proceso, es decir, la activación del aglutinante 28.

Un rasgo ventajoso de la presente invención es que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se colocan en la red en formación recta, paralela, es decir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados van lineal y uniformemente desde un borde de la red 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. Independientemente de la ubicación 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 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 red.

Sin embargo, ha de entenderse que el análisis anterior se refiere al método más sencillo para fabricar el reforzamiento. Básicamente el mismo método puede aplicarse en la fabricación de reforzamientos que tengan varias capas unidireccionales en los mismos. 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 multiaxiales unidos con aglutinante, que incluyen reforzamientos unidireccionales, biaxiales, triaxiales y cuadriaxiales que tienen medios formadores de pasos de flujo discretos delgados dispuestos de manera transversal respecto a las fibras de reforzamiento reales. Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados pueden provenir de los reforzamientos originales o se pueden insertar entre los reforzamientos cuando se fabrica el reforzamiento multiaxial.

De acuerdo con una realización ejemplar de la presente invención los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen entre dos capas de hebras en un reforzamiento unidireccional, 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 un aglutinante líquido o en polvo.

A continuación, la red que tiene medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en su superficie o superficies se traslada a un dispositivo de activación 28 (conocido per se), utilizado para fundir el aglutinante termoplástico y/o termoajustable, para pulverizar el disolvente sobre el aglutinante o para evaporar el disolvente de este, sólo para mencionar unas pocas operaciones ejemplares para activar el aglutinante, para unir entre sí las mechas y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en las mechas con el fin de integrar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en cada reforzamiento. Posteriormente, la red 20 se traslada a una etapa de compresión 30 donde se ajusta el grosor del reforzamiento. La etapa de compresión 30 se realiza, por ejemplo, en al menos un punto de contacto entre dos rollos para comprimir la red con el fin de mejorar la unión de las mechas debida al aglutinante fundido y para formar un reforzamiento unidireccional 34 que tiene un grosor deseado. Después de la compresión en "30", el reforzamiento unidireccional 34 se enrolla 32 para su suministro a un cliente. A veces el reforzamiento se corta en una anchura deseada por medio de un cortador bobinador antes del suministro final.

Aquí, se debe sobreentender que las etapas anteriores de activación del aglutinante, más específicamente el calentamiento del aglutinante y la colocación de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados también se pueden llevar a cabo en un orden opuesto, es decir, primero la etapa de calentamiento para fundir el aglutinante y posteriormente la etapa de colocación de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados. En esta última opción, el tipo de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados puede ser, por ejemplo, de un material tal que no sea capaz de soportar la temperatura de la etapa de fusión, pero se introduce en la superficie o superficies de reforzamiento mientras el aglutinante fundido está todavía en un estado fundido o al menos adherente (pero no a una temperatura tan elevada como la de la etapa de calentamiento) por lo que el aglutinante es capaz de unir también los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados. De hecho, también se debe sobreentender que es una práctica habitual disponer medios de enfriamiento después de las etapas de calentamiento y compresión para solidificar rápidamente el material de la matriz.

Respecto a la unión de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas de una red unidireccional existen unas pocas opciones más. Una alternativa es utilizar un medio formador de pasos de flujo discretos delgados bicomponente que tenga un componente fundible en el material central o medios formadores de pasos de flujo discretos delgados recubiertos por medio de una capa delgada de aglutinante. Después de que se disponga uno cualquiera de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre las mechas o entre las capas de mechas, una primera opción es que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se calienten de manera que la parte fundible del medio formador se funda y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se unan a las mechas del centro que no se funde y conserva su diámetro original. Aquí, la activación, es decir, el calentamiento de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se puede realizar en la etapa de unión de las mechas unidireccionales entre sí o en una etapa (posterior) independiente. Por lo tanto, en la última opción los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se disponen sobre las mechas después de que las mechas se hayan unido entre sí. Una segunda opción es que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se pulvericen con un disolvente de manera que la solución aglutinante sea capaz de extenderse sobre las mechas, tras lo cual los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se unen a las mechas. Si es necesario, el reforzamiento se puede calentar para acelerar la evaporación del disolvente y la unión de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados.

Otra manera más de unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas es colocar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre las mechas después de que las mechas se hayan unido entre sí y después de la colocación, reactivar el aglutinante (por ejemplo, por medio de un rollo calentado) de manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se puedan unir a las mechas con el mismo aglutinante con el que las mechas se unen entre sí.

Otra manera diferente más de unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas es colocar los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en las mechas después de que las mechas se haya unido entre sí y antes o después de la colocación de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre las mechas, aplicar aglutinante adicional sobre las mechas (y posiblemente también sobre los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados) y activar el aglutinante de manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados se unan a las mechas con el aglutinante adicional.

Las diversas opciones discutidas anteriormente para organizar la colocación de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre las mechas y unirlos a las mechas ofrece unas pocas alternativas atractivas para los fabricantes de los reforzamientos de la invención.

Una alternativa preferida es fabricar el reforzamiento unidireccional unido en una secuencia y proporcionar el refuerzo unidireccional unido con los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en una secuencia independiente. En otras palabras, la primera secuencia incluye los pasos de colocar mechas continuas unidireccionalmente una al lado de la otra en una capa para formar una red unidireccional, aplicar aglutinante termoplástico y/o termoajustable a la red y activar el aglutinante para unir las mechas entre sí para formar un reforzamiento unidireccional, tras lo cual el reforzamiento unidireccional unido se puede enrollar y llevar a la segunda secuencia ya sea directamente o después de haberlo almacenado durante un cierto periodo de tiempo o después de haberlo llevado a un cliente.

La segunda secuencia incluye desenrollar el reforzamiento unidireccional unido, colocar medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en una dirección transversal a la dirección de las mechas unidireccionales en las mechas unidireccionales continuas y unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas y, posiblemente, enrollar el reforzamiento unidireccional unido al que se le ha proporcionado los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados para un uso adicional. La ventaja de este tipo de proceso de fabricación se basa en el hecho de que la primera secuencia, por naturaleza, se puede llevar a cabo a una velocidad mucho mayor que la segunda secuencia. Por lo tanto, al separar las secuencias es posible llevar a cabo ambas secuencias a su velocidad óptima y no verse forzado a ralentizar la primera. Este tipo de división de la producción en dos secuencias también hace posible que la segunda secuencia se lleve a cabo en las instalaciones del usuario final del reforzamiento, es decir, por ejemplo, por parte del fabricante de los álabes de la turbina eólica. El uso de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados también impone nuevos requisitos al punto o los puntos de contacto. Si el tipo de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es fácilmente comprimible, ya sea por el material o por razones estructurales, se ha de tener en cuenta la presión del punto de contacto, es decir, los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no perderán su forma transversal en el punto de unión o al menos la forma no cambiará demasiado habida cuenta del flujo de la resina. Naturalmente, las opciones son no utilizar un punto o puntos de contacto en absoluto, utilizar rollos con una superficie blanda o reducir la presión del punto de contacto.

El apilamiento de reforzamientos de la presente invención funciona en la etapa de infusión de tal manera que la resina que se infunde fluiría a través de los pasos de flujo de forma transversal a las mechas de refuerzo y después penetraría entre las hebras de reforzamiento individuales o los filamentos y aseguraría 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 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 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 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. En tal caso, el grosor de la dirección en Z 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 adicional preferida de la presente invención 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 discretos delgados 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 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 es tan compacta como sea posible, lo que significa que su relación de aspecto (relación anchura/altura) es 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.

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 de la sección transversal detallada o de otra estructura de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados transversales, los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no proporcionan ninguna estabilidad transversal sustancial al reforzamiento, si no que en el caso de un reforzamiento unidireccional la estabilidad está garantizada únicamente por el uso de un aglutinante termoplástico y/o termoajustable apropiado. Un aglutinante de este tipo ha de coincidir, es decir, ser compatible, con el material de la matriz y proporcionar al reforzamiento unido una flexibilidad suficiente. Este último requisito significa en la práctica, por una parte, que el aglutinante solidificado ha de ser resiliente en cierta medida y, por otra parte, que la cantidad del aglutinante utilizada ha de presentar un equilibrio entre una estabilidad transversal suficiente y una flexibilidad suficiente del reforzamiento. Con los experimentos que se han llevado a cabo se ha demostrado que, dependiendo de la matriz de la resina utilizada, los poliésteres insaturados bisfenólicos, co-poliésteres y resinas epoxi basadas en bisfenol A son las alternativas preferidas para el material aglutinante. Sin embargo, también se pueden utilizar otros aglutinantes líquidos o en polvo que funcionen de la

manera deseada. La cantidad seca de aglutinante utilizado para la unión de las mechas y los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es del orden de 15 - 30 g/m² dependiendo de las propiedades de procesamiento requeridas.

5 De acuerdo con una realización preferida adicional de la presente invención 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
10 funcionen de una manera deseada.

Otra propiedad opcional preferida para el material polimérico para los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados es tal 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
15 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 120 µm y la capa externa un grosor de 10 µm. Por lo tanto el diámetro de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados biocomponentes es durante la impregnación 140 µm y después de la disolución de la capa externa 120 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
20 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
35 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.

40 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
45 medios formadores de pasos de flujo discretos delgados debe ser preferentemente del orden de 2 GPa o menos.

La aplicación mencionada anteriormente del reforzamiento unidireccional unido con aglutinante en la fabricación de laminados de la tapadera del larguero para turbinas eólicas es solamente una de las innumerables aplicaciones en las que se aplican este tipo de reforzamientos. El reforzamiento de la presente invención es ideal cuando se necesita un reforzamiento orientado de manera unidireccional con las mejores propiedades mecánicas posibles, especialmente propiedades de fatiga pero también estáticas. Sin embargo, se debe sobreentender que el reforzamiento unidireccional unido con aglutinante de la invención se puede utilizar en cualquier aplicación en la que se necesiten matrices reforzadas.
55

60 La Figura 4 es una ilustración que compara las propiedades de flujo de la resina de un reforzamiento cosido de la técnica anterior con las de un reforzamiento UD unido con polvo y con las del reforzamiento unidireccional de la presente invención que tiene dos configuraciones diferentes de medios formadores de pasos de flujo discretos delgados. El experimento se llevó a cabo de manera que se prepararon cuatro reforzamientos diferentes. En la fabricación de todos los reforzamientos se utilizaron las mismas mechas unidireccionales (1200 g/m²). Un primer reforzamiento de referencia fue un reforzamiento cosido que tiene en las mechas unidireccionales un hilo de vidrio E con multifilamentos (200 tex, 400 filamentos, cada uno de 16 µm) dispuesto con un espaciamiento de 10 mm y con
65

ángulos de +45 y -45 grados respecto a la dirección de las mechas unidireccionales. Un segundo reforzamiento de referencia fue un reforzamiento unidireccional unido con polvo (10 g/m^2) y que tiene un peso de área de 1200 g/m^2 . En el primer reforzamiento de acuerdo con la presente invención se dispusieron medios formadores de pasos de flujo discretos delgados en forma de monofilamentos (CoPET – copolímero de polietilentereftalato) que tienen un diámetro de $100 \mu\text{m}$ con ángulos rectos respecto a las mechas unidireccionales unidas con polvo (10 g/m^2) y que tienen un peso de área de 1200 g/m^2 . Los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, es decir, los monofilamentos, se colocaron con un espaciamiento de 20 mm. En el segundo reforzamiento de acuerdo con la presente invención, se utilizó el mismo material UD que en el primer reforzamiento de la invención, la única diferencia fue que el diámetro de los monofilamentos en esta ocasión fue de $130 \mu\text{m}$.

Para el experimento, se cortaron de cada reforzamiento cuatro hojas de reforzamiento con las mismas dimensiones. En cada experimento, se apilaron las cuatro hojas similares en un molde de prueba sobre una hoja de vidrio de manera que se dispuso una película de plástico en la cara superior de los reforzamientos. El envase se cerró herméticamente con la masa de sellado normal. Posteriormente, el molde se sometió a un vacío de -0,95 bar y se introdujo transversalmente una resina epoxi que tenía una viscosidad de 300 mPa para reforzar las mechas en el molde a una temperatura ambiente de $23 \text{ }^\circ\text{C}$. Se esbozó un gráfico registrando la distancia de humectación que la resina había avanzado en función del tiempo.

La Figura 4 ilustra la distancia (la distancia de humectación) que la resina ha fluido en función del tiempo. El trazado más bajo muestra la posición del frente de flujo de la resina en un reforzamiento unido con polvo que no tiene pasos de flujo. Se necesitan aproximadamente 30 minutos para que la resina avance 1 cm. La posición del frente de flujo, es decir, la distancia de humectación, normalmente sigue la conocidísima ley de Darcy en la que la posición es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo. Por lo tanto, existe un cierto valor máximo al que es posible aproximarse infinitamente pero que nunca se alcanza. La diferencia en la permeabilidad determina la distancia real del frente de flujo si otros parámetros como la viscosidad y la temperatura se mantienen constantes. Merece la pena comprender que ya que el trazado más bajo (técnica anterior) es casi horizontal a los 25 - 35 minutos, se espera que incluso un aumento considerable en el tiempo de impregnación no incremente la distancia de impregnación/humectación. Los dos siguientes trazados representan el flujo de la resina en el reforzamiento cosido de la técnica anterior y en un reforzamiento unido con polvo que tiene monofilamentos transversales con un diámetro de $100 \mu\text{m}$ con un espaciamiento de 20 mm. A los 25 minutos, la resina ha avanzado en ambos reforzamientos aproximadamente 9 cm y la impregnación parece continuar de manera que al incrementar el tiempo de humectación se esperaría una distancia final de humectación superior a 10 cm. El trazado más alto representa la velocidad de flujo de la resina en un reforzamiento unido con polvo que tiene monofilamentos transversales con un diámetro de $130 \mu\text{m}$ con un espaciamiento de 20 mm. A los 25 minutos, la resina ha avanzado en los reforzamientos aproximadamente 16 cm y la impregnación parece continuar a tal paso sustancialmente constante que al incrementar el tiempo humectación la distancia final de humectación podría superar fácilmente los 20 cm.

En función de los experimentos realizados, es obvio que al incrementar el diámetro de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, en este ejemplo de monofilamentos, la velocidad de humectación y/o la distancia de humectación aumentarían. Naturalmente en un caso de este tipo, se ha de garantizar que las mechas siguen estando lo suficientemente rectas, es decir, que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados no las empujan demasiado lejos las unas de las otras y crean un riesgo de micro roturas. Un límite superior práctico del diámetro de los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados está más o menos en el intervalo de $170 - 300 \mu\text{m}$ dependiendo del peso en gramos del reforzamiento. Otra manera obvia de incrementar la velocidad de humectación y/o la distancia de humectación es acercar entre sí los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados, y de esta manera se podría reducir el espaciamiento hasta 15 mm o 10 mm o incluso 5 mm. Para cada conjunto de parámetros la mejor combinación se debe evaluar individualmente.

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, una cuestión de una sección transversal del laminado sin ondas y plana que reduzca el riesgo de áreas locales con una resistencia a la compresión baja.

El reforzamiento de la presente invención también se ha comparado al reforzamiento de la técnica anterior en lo que se refiere al módulo de elasticidad atracción y resistencia a la tracción tanto en la dirección de las mechas (0 grados) como en la dirección transversal (90 grados) respecto a las mechas de acuerdo con las normas ISO 527-4 y 527-5. El reforzamiento de la técnica anterior fue un reforzamiento UD cosido de 1200 g/m^2 y el reforzamiento de la invención un reforzamiento UD unido con polvo de 1171 g/m^2 con monofilamentos transversales. Ambos reforzamientos tuvieron una resina epoxi como su matriz de laminación. En la siguiente tabla se analizan los resultados de la comparación y se muestra cómo la resistencia a la tracción mejoró en casi un 20% en la dirección longitudinal y en más de un 10% en la dirección transversal. El módulo de elasticidad atracción mejoró en la dirección longitudinal en casi un 15% y se redujo en la dirección transversal en un 6%. La razón de esta ligera

ES 2 616 491 T3

reducción del módulo de elasticidad atracción en la dirección transversal es la existencia de fibras de vidrio de 100 g/m² dispuestas en la dirección transversal en el reforzamiento de la técnica anterior.

	Módulo de elasticidad a la tracción (GPa) 0 grados (ISO 527-5)	Módulo de elasticidad a la tracción (GPa) 90 grados (ISO 527-4)	Resistencia a la tracción (MPa) 0 grados (ISO 527-5)	Resistencia a la tracción (MPa) 90 grados (ISO 527-4)
Técnica anterior	38,7	11,9	890	35
Invencción	45,1	11,2	1110	39
Diferencia	14,2	-6,3	19,8	10,3

5 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
10 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
15 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
20 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.
25

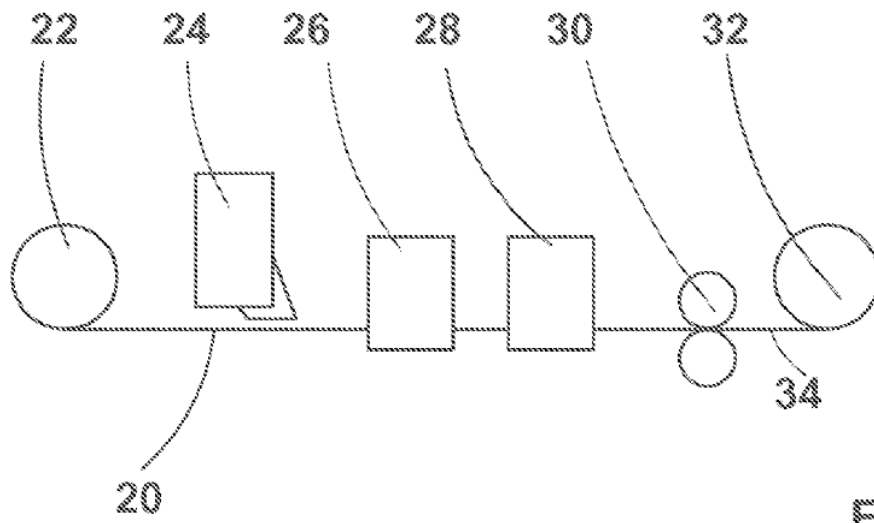
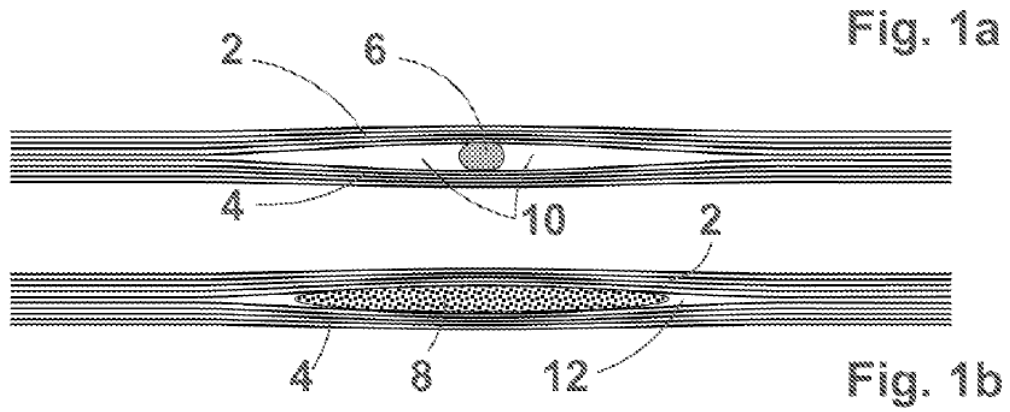
30 Otra opción es usar solamente un reforzamiento unidireccional en el molde de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados estén en frente ambos hacia el fondo y la cubierta del molde.

35 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

- 5 1. Un reforzamiento unidireccional 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 (2, 4, 34) mechas unidireccionales continuas dispuestas en una dirección longitudinal del reforzamiento y unidas entre sí por un aglutinante termoplástico y/o termoajustable, teniendo el reforzamiento (34) una superficie de la parte superior y una superficie de la parte inferior y al que se le proporcionan medios para facilitar, cuando se humecta un apilamiento de reforzamientos (2, 4, 34), la impregnación del reforzamiento (2, 4, 34) con resina en una dirección transversal respecto a la dirección de las mechas unidireccionales, donde los medios para facilitar la impregnación son medios discretos (6) para formar pasos de flujo para la resina dispuestos transversalmente respecto a las mechas unidireccionales, donde los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen, cuando se comprimen, un diámetro o grosor de la dirección en Z de 70 - 300 µm y forman respecto a los laterales del mismo pasos de flujo transversales (10) que se extienden desde un borde longitudinal del reforzamiento unidireccional (2, 4, 34) hasta el borde longitudinal opuesto del mismo, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen, cuando se comprimen, una relación de aspecto de menos de 2.
- 20 2. El reforzamiento unidireccional 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.
- 25 3. El reforzamiento unidireccional como se recita en la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el reforzamiento (2, 4, 34) 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 (2, 4, 34).
- 30 4. El reforzamiento unidireccional 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 (2, 4, 34).
- 35 5. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se unen a las mechas por medio del mismo aglutinante con el que las mechas se unen unas a otras o por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) son bicomponentes u otros medios formadores de pasos de flujo que tienen una capa externa que comprende un aglutinante utilizado para unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas o se aplica aglutinante adicional a las mechas y/o a los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados para unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados a las mechas.
- 40 6. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) son paralelos y se sitúan con un espaciamiento de 2 - 50 mm sobre el reforzamiento unidireccional (2, 4, 34).
- 45 7. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) son monofilamentos únicos o están formados por monofilamentos unidos entre sí.
- 50 8. El reforzamiento unidireccional 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.
- 55 9. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) tienen un diámetro o grosor de la dirección en Z de 100 - 200 µm.
- 60 10. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las mechas están hechas a mano o son fibras naturales, es decir fibras como vidrio, carbono, aramida, basalto, kenaf, sisal, lino, cáñamo, yute y lino o cualquier combinación de los mismos.
- 60 11. El reforzamiento unidireccional como se recita en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el aglutinante termoplástico y/o termoajustable está en forma de un polvo seco, dispersión o solución o se calienta para hacerlo poco viscoso.
- 65 12. El reforzamiento unidireccional 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 1,5.

13. Una preforma que comprende al menos dos reforzamientos de una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12.
14. Un laminado que comprende la preforma de la reivindicación 13.
- 5 15. Un método para producir un reforzamiento unidireccional para la fabricación de compuestos reforzados de fibras mediante un proceso de moldeado por transferencia de resina o procesos de moldeado por infusión al vacío, comprendiendo el método los pasos de:
- 10 a) poner mechas continuas de manera unidireccional una al lado de la otra en una capa para formar una red unidireccional (20),
- b) aplicar aglutinante termoajustable y/o termoplástico (24) sobre la red (20),
- c) activar el aglutinante para unir las mechas entre sí para formar un reforzamiento unidireccional (34) y
- d) formar pasos de flujo para la resina en una dirección transversal respecto a la dirección de las mechas unidireccionales poniendo (26) medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) que tienen, cuando se comprimen, una relación de aspecto de menos de 2 y un diámetro o espesor en la dirección de Z de 70 - 300 µm en las mechas unidireccionales continuas ya sea antes o después del paso c).
- 15 16. El método como se recita en la reivindicación 15, donde a los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) se les proporciona una capa externa que comprende un aglutinante, o los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) son medios formadores bicomponentes, y los medios formadores se unen a las mechas continuas activando el aglutinante en el paso c) o en un paso independiente después de d).
- 20 17. El método como se recita en la reivindicación 15, que comprende poner los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) después del paso c) y unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) a las mechas reactivando el aglutinante.
- 25 18. El método tal como se recita en la reivindicación 15, que comprende poner los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) después del paso c) y unir los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) a las mechas utilizando y activando aglutinante adicional.
- 30 19. El método tal como se recita en la reivindicación 17 o 18, que comprende un paso de enrollar el reforzamiento unidireccional después de unir las mechas entre sí para formar un reforzamiento unidireccional, desenrollar el reforzamiento unidireccional y después poner los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados sobre el reforzamiento y unirlos a este.
- 35 20. El método tal como se recita en la reivindicación 15, donde la activación del aglutinante comprende fundir el aglutinante, pulverizar disolvente y/o evaporar disolvente del aglutinante.
21. Un método de fabricación de una preforma que incluye los pasos de producir un reforzamiento unidireccional de acuerdo con la reivindicación 15, que además comprende el paso de:
- 40 poner al menos dos reforzamientos uno en la parte de arriba del otro de manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de un primer reforzamiento estén frente al segundo reforzamiento ubicado por encima o por debajo del primer reforzamiento para fabricar la preforma.
22. El método de fabricación de la reivindicación 21, que comprende posicionar los reforzamientos en la preforma de tal manera que las mechas de un primer reforzamiento se disponen en un ángulo a las mechas de un segundo reforzamiento.
- 45 23. Un método para fabricar un laminado que incluye las etapas de producir un reforzamiento unidireccional de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además las etapas de:
- 50 a) poner al menos dos reforzamientos uno en la parte de arriba del otro en el molde para formar una preforma de tal manera que los medios formadores de pasos de flujo discretos delgados (6) de un primer reforzamiento estén frente al segundo reforzamiento ubicado por encima del primer reforzamiento, o poner un reforzamiento unidireccional en el molde,
- b) posicionar una cubierta en el uno o más reforzamiento o reforzamientos,
- 55 c) cerrar el molde,
- d) proporcionar una diferencia de presión para evacuar el aire del molde y para impregnar los reforzamientos con resina, para fabricar el laminado.



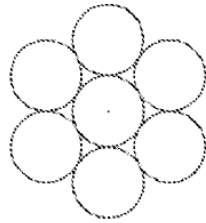


Fig. 3a

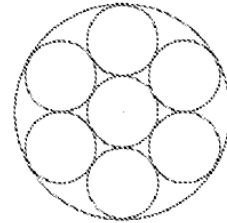


Fig. 3b

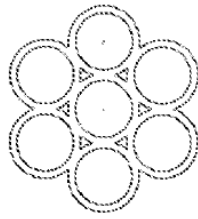


Fig. 3c

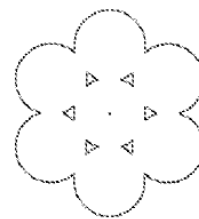


Fig. 3d

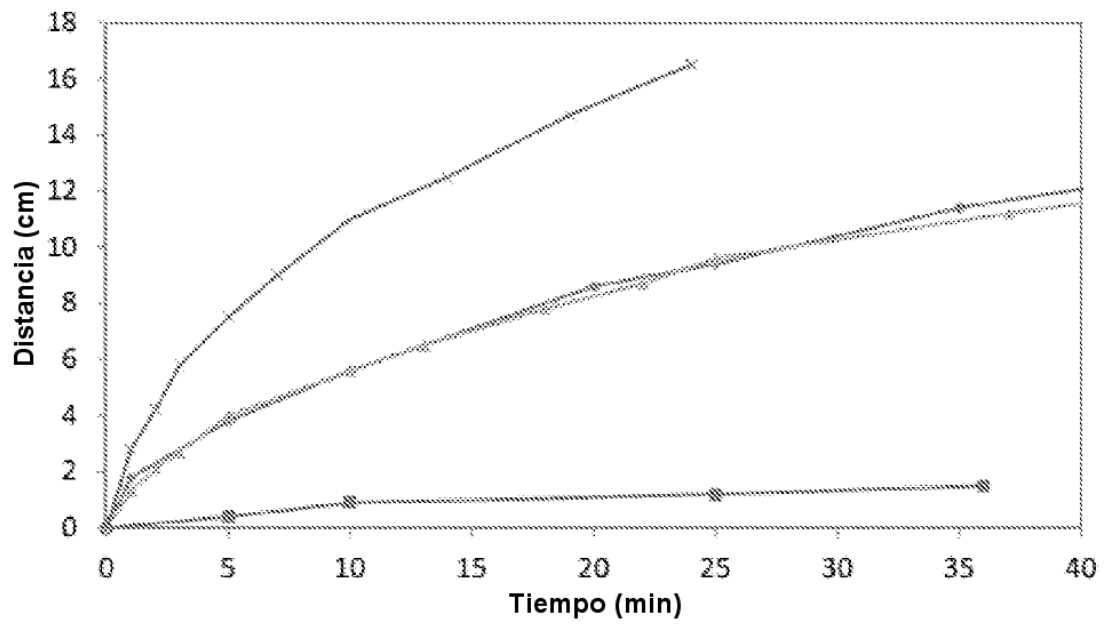


Fig. 4