

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 465 993**

51 Int. Cl.:

B29C 70/16 (2006.01)

B29C 70/22 (2006.01)

D03D 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2010 E 10807607 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2516138**

54 Título: **Nuevos materiales intermedios realizados por reticulación con entrelazado de hilos de tipo velo**

30 Prioridad:

22.12.2009 FR 0959428

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

09.06.2014

73 Titular/es:

**HEXCEL REINFORCEMENTS (100.0%)
Zone Industrielle de la Plaine
01120 Dagneux, FR**

72 Inventor/es:

**BERAUD, JEAN-MARC y
MINNI, JEAN-CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 465 993 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

Nuevos materiales intermedios realizados por reticulación con entrelazado de hilos de tipo velo

- 5 La presente invención se refiere al campo técnico de los materiales de refuerzo adaptados a la constitución de piezas de material compuesto. Más precisamente, la invención se refiere a un nuevo material intermedio para la realización de piezas de material compuesto, por inyección o infusión posterior de resina termoendurecible, a un procedimiento de fabricación de piezas de material compuesto a partir de dicho material, así como a las piezas de material compuesto obtenidas.
- 10 La fabricación de piezas o de artículos de material compuesto, es decir que comprenden, por una parte, uno o varios refuerzos o capas fibrosas y, por otra parte, una matriz principalmente de tipo termoendurecible ("resina") y que puede incluir materiales termoplásticos, puede, por ejemplo, llevarse a cabo mediante un procedimiento denominado "directo" o "LCM" (del inglés Liquid Composite Moulding). Un procedimiento directo se define por el hecho de que uno o varios refuerzos fibrosos se aplican en estado "seco" (es decir sin la matriz final), mientras que la resina o matriz se aplican por separado, por ejemplo mediante inyección en el molde que contiene los refuerzos fibrosos (procedimiento "RTM", del inglés Resin Transfer Moulding), por infusión a través del espesor de los refuerzos fibrosos (Procedimiento "LRI", del inglés "Liquid Resin Infusion" o procedimiento "RFI", del inglés "Resin Film Infusion"), o incluso por recubrimiento/impregnación manual mediante rodillo o pincel, sobre cada una de las capas unitarias de refuerzo fibroso, aplicadas de manera sucesiva sobre la forma.
- 15 Para los procedimientos RTM, LRI o RFI, es necesario por lo general fabricar en primer lugar una preforma fibrosa que tenga la forma del artículo acabado deseado, y a continuación impregnar esta preforma con una resina. La resina se inyecta o se infunde mediante un diferencial de presión, de temperatura, después, cuando toda la cantidad de resina necesaria está dentro de la preforma, el conjunto se somete a una temperatura más alta para ejecutar el ciclo de polimerización/reticulación y así conseguir su endurecimiento.
- 20 Las piezas de material compuesto utilizadas en la industria automovilística, aeronáutica o naval, están especialmente sujetas a requisitos muy estrictos, especialmente en lo que respecta a propiedades mecánicas. Sin embargo, las propiedades mecánicas de las piezas están vinculadas principalmente a un parámetro que se denomina índice volumétrico de fibras (TVF). Además, en estos sectores, es especialmente importante disponer de materiales que presenten por una parte gran regularidad, y que por la otra parte ofrezcan facilidades de manipulación y de aplicación.
- 25 En estos sectores, se realiza un gran número de preformas a partir de tejidos (documento WO 94/12708 especialmente) o de trenzas, especialmente de forma cilíndrica (documentos EP 1.798.428 y US2007/0193439, por ejemplo). Para mejorar la resistencia al impacto de las piezas que se desea realizar a partir de dichas preformas, los inventores han considerado la posibilidad de aplicar a estas trenzas o tejidos un aglutinante químico para mejorar el rendimiento mecánico de las piezas obtenidas y, en particular su resistencia al impacto.
- 30 Sin embargo, la aplicación de dicho aglutinante químico con el fin de mejorar la resistencia al impacto sobre una forma tal que un mandril de trenzado no es tarea fácil. Efectivamente, se plantea especialmente el problema de la continuidad de este aglutinante y de la dificultad de automatización. Además, la aplicación de un aglutinante químico sobre un tejido o una trenza puede limitar la capacidad de deformación del material obtenido y, de este modo, su aplicación sobre formas complejas.
- 35 En este contexto, el material de acuerdo con la invención debe ofrecer posibilidades de diseño para piezas de material compuesto de estructuras primarias o secundarias que tengan buenas propiedades mecánicas y asimismo para piezas que tengan un índice volumétrico de fibras elevado.
- 40 Este material intermedio se debe también fabricar a un precio de coste competitivo y, de manera relativamente sencilla. Uno de los objetivos de la invención es también proponer un material cuya producción se pueda automatizar de forma sencilla.
- 45 El material de acuerdo con la invención debe ofrecer facilidades de manipulación y de aplicación. A destacar, la presente invención se propone proporcionar un nuevo material intermedio que se pueda producir a partir de formas complejas de tipo trenza de forma cilíndrica o compleja. El material de acuerdo con la invención se debe también poder producir en forma de un tejido o trenza que tenga una capacidad de deformación satisfactoria.
- 50 También, la presente invención se refiere a un material intermedio compuesto de un conjunto de cintas entrelazadas caracterizado por que al menos algunas cintas, y preferentemente todas las cintas, denominadas cintas de tipo velo, están compuestas por una serie de hilos o filamentos de refuerzo que se extienden según una dirección paralela a la longitud de la cinta para formar una capa unidireccional asociada por cada una de sus caras a un material no tejido de fibras termoplásticas, garantizando dichos dos materiales no tejidos la cohesión de dicha cinta de tipo velo gracias a su carácter termoplástico.
- 55
- 60
- 65

En las reivindicaciones se detallan otras características del material de acuerdo con la invención.

5 El material de acuerdo con la invención se destina a la realización de piezas de material compuesto por procedimiento directo. También, la masa de material no tejido, en el interior de cada cinta de tipo velo, representa del 3 a 10 % de la masa total de cada cinta.

La invención tiene también por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza de material compuesto caracterizada por que comprende las etapas siguientes:

- 10 a) disponer al menos un material de acuerdo con la invención,
 b) en su caso, apilar distintos materiales de acuerdo con la invención y, en su caso, sinterizarlos con la forma de una preforma,
 c) añadir, mediante infusión o inyección, una resina termoendurecible,
 15 d) consolidar la pieza deseada mediante una etapa de polimerización/reticulación seguida de un ciclo de temperatura y presión definidas, seguido de enfriamiento.

20 De acuerdo con una realización particular del procedimiento de acuerdo con la invención, la resina termoendurecible se añade mediante infusión a una presión inferior a la presión atmosférica, especialmente a una presión inferior a 1 bar (100 kPa) y, por ejemplo, comprendida entre 0,1 y 1 bar (10 y 100 kPa).

De acuerdo con otro de sus aspectos, la invención se refiere a piezas de material compuesto que se pueden obtener según un procedimiento de ese tipo, especialmente que presentan un índice volumétrico de fibras (TVF) de 50 a 63%, preferentemente de 53 a 60 %,

25 Otras características son el resultado de la descripción que se hace a continuación en referencia a los dibujos adjuntos.

30 Las **Figuras 1 y 2** son, respectivamente, una representación esquemática, en perspectiva, en despiece parcial, y en corte, de una cinta utilizada en el contexto de la invención, donde una capa unidireccional está asociada a dos materiales no tejidos.

La **Figura 3** muestra diferentes construcciones de tejido que puede presentar un material intermedio de acuerdo con la invención.

La **Figura 4** representa un material de acuerdo con la invención con forma de trenza cilíndrica.

35 Las **Figuras 5A y 5B** representan un dispositivo para medir el grosor de una preforma constituida por trenzas, a vacío.

La **Figura 6** es una fotografía de un ejemplo de la cinta que se puede utilizar en el contexto de la invención y pone de relieve su borde bien definido.

La **Figura 7** muestra distintas formas de piezas que se pueden obtener a partir de un material intermedio de acuerdo con la invención en forma de trenza cilíndrica.

40 La **Figura 8** representa de manera esquemática una vista de conjunto de un dispositivo de realización de una cinta asociado por cada una de sus caras importantes a un material no tejido.

La **Figura 9** muestra una construcción de tejido, denominada malla en sarga 2/2, utilizada en los ejemplos.

La **Figura 10** proporciona permeabilidades en función del índice volumétrico de fibras para un material intermedio de acuerdo con la invención.

45 Las **Figuras 11 a 15** muestran el comportamiento mecánico de piezas de material compuesto obtenidas con un material intermedio de acuerdo con la invención.

50 La invención propone materiales realizados por reticulación y entrelazado de cintas, algunas de los cuales son al menos cintas de tipo velo. En el contexto de la invención, los hilos o filamentos unidireccionales que constituyen las cintas se asocian a materiales no tejidos antes de su reticulación con entrelazado. También, en el material de acuerdo con la invención, cada cinta de tipo velo está asociada a dos materiales no tejidos en toda su longitud y, comprendidos en los puntos de cruce y/o entrelazado. La reticulación con entrelazado, por ejemplo, se lleva a cabo mediante tejido o trenzado. En comparación con un tejido asociado después de ser tejido a un aglutinante químico, por ejemplo, en forma de un revestimiento, la ventaja del material de acuerdo con la invención realizado a partir de 55 bandas de fibras unidireccionales asociadas en cada una de sus caras a un material no tejido de fibras termoplásticas, se encuentra, especialmente, en lo relativo a la deformabilidad, que es muy superior en el contexto de la invención, dado que las bandas se pueden mover unas con respecto a otras, mientras que los hilos están bloqueados por el aglutinante químico en el caso de un tejido tratado después del tejido o de una trenza tratada después del trenzado. Dentro del material de acuerdo con la invención, las cintas se pueden mover unas con 60 respecto a otras, dado que, descontado el enlace mecánico obtenido mediante reticulación/entrelazado, no existe ningún otro enlace, especialmente ningún enlace obtenido gracias a un aglutinante químico entre las cintas especialmente por encolado o de otro tipo.

65 Además, el hecho de utilizar directamente de las cintas portadoras de materiales no tejidos que van a aportar las propiedades mecánicas deseadas a la pieza final ofrece muchas posibilidades de diseño. Por ejemplo, el material de acuerdo con la invención puede trenzarse directamente sobre un mandril para obtener una trenza de forma

cilíndrica, y a continuación conformarse mediante, por ejemplo por costura o preconformación para lograr una preforma más compleja, como se muestra especialmente en la **Figura 7**. El material de acuerdo con la invención también puede trenzarse directamente sobre un mandril de forma compleja, en su caso en varias capas sucesivas.

5 Además, la selección específica de las cintas de tipo velo, en comparación con otras cintas asociadas a otro tipo de aglutinante químico tal como un polvo termoplástico o un aglutinante pulverizado "hot melt", como propone la empresa Oxeon, permite obtener a continuación piezas de material compuesto que presentan propiedades de resistencia al impacto mucho mejores.

10 En el contexto de la invención, por cinta o banda, se entiende un material en hoja que tiene una longitud muy superior a su anchura. Dichas cintas pueden especialmente tener anchuras de 3 a 25 mm. En el caso de las cintas de tipo velo, estas últimas se puede fabricar a partir de uno o varios hilos, estando constituido un hilo por un conjunto de filamentos. También se pueden obtener cintas de tipo velo de anchura inferior en el caso de utilizar un hilo muy fino de 1K o 3K. En lo sucesivo, también se podrá denominar una banda de hilos o filamentos paralelos, banda de
15 fibras paralelas. Como se muestra en la **Figura 1**, las cintas de tipo velo **1** fabricadas en el contexto de la invención presentan una longitud **1** y una anchura **L**. Estas cintas de tipo velo están constituidas por un conjunto de filamentos **F** (caso de un único hilo **1**) o de un conjunto de hilos **1** (cada uno constituido por un conjunto de filamentos) que se extienden de forma paralela a la anchura de la cinta. Una cinta de tipo velo tiene una forma generalmente rectangular y tiene asociado en cada una de sus caras principales **1A** y **1B** un material no tejido (respectivamente
20 **2A** y **2B**), Como se muestra en la **Figura 2**,

Por material no tejido, que también se puede denominar "velo", se entiende clásicamente un conjunto de fibras discontinuas o cortas dispuestas aleatoriamente. Estos materiales no tejidos o velos se podrán fabricar, por ejemplo, mediante los procedimientos "Meltblow", "Spunlaid" o "Electrospinning", bien conocidos del experto en la materia. En particular, las fibras constitutivas del material no tejido pueden tener diámetros medios en un intervalo comprendido entre 0,5 y 70 μm . En el caso de un material no tejido de fibras cortas, las fibras pueden tener, por ejemplo, una longitud comprendida entre 1 y 100 mm. La utilización de materiales no tejidos que presentan una cobertura aleatoria e isotropa permite conferir a cada cinta de tipo velo una cohesión uniforme y en todas las direcciones, a diferencia de la aplicación con hilos separados, por ejemplo. Para cada cinta de tipo velo, la unión entre los
25 materiales no tejidos y la capa unidireccional se ha garantizado previamente, por calentamiento, mediante el uso de las propiedades adhesivas en caliente de los materiales no tejidos termoplásticos, seguido de enfriamiento. A modo de ejemplo, las fibras constitutivas de los materiales no tejidos, de forma ventajosa, constituidas por un material termoplástico, especialmente las seleccionadas entre: poliamidas (PA: PA6, PA12, PA11, PA6,6, PA 6,10, PA 6,12, ...), copoliamidas (CoPA), poliamidas en bloques éter o éster (PEBAX, PEBA), poliftalamida (PPA), poliésteres poliéster (polietilentereftalato -(PET-, polibutiltereftalatos -PBT-), copoliésteres (CoPE), poliuretanos termoplásticos (TPU), poliacetales (POM...), poliolefinas (PP, HDPE, LDPE, LLDPE), poliéter-sulfonas (PES), polisulfonas (PSU...), polifenileno sulfonas (PPSU...), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK), poli(sulfuro de fenileno) (PPS), o polieterimidias (PEI), poliimidias termoplásticas, polímeros de cristales líquidos (LCP), fenoxis, copolímeros de bloque tales como los copolímeros estireno-butadieno-metacrilato de metilo (SBM), copolímeros de metacrilato de metilo - acrilato de butilo- metacrilato de metilo (MAM) y sus mezclas. Los materiales no tejidos pueden estar compuestos por fibras de la misma naturaleza, pero también por una mezcla de fibras compuestas por estos materiales termoplásticos. Es evidente que el material se adapta a los diferentes tipos de sistemas termoendurecibles utilizados para la formación de la matriz, en la realización posterior de las piezas de
30 material compuesto.

45 Cada cinta de tipo velo utilizada en la composición del material intermedio de acuerdo con la invención tiene, en cada una de sus caras principales, un material no tejido de fibras termoplásticas que le garantiza cohesión. A destacar, a modo de ejemplos de material no tejido de fibras termoplásticas, se puede utilizar los materiales no tejidos comercializados por ejemplo por las empresas Protechnic (66, rue des Fabriques, 68702 -CERNAY Cedex - Francia) o Spunfab Ltd. / Keuchel Associates, Inc. (175 Muffin Lane Cuyahoga Falls, OH 44223, EE.UU.).

50 En el contexto de la invención, la capa unidireccional constituida por uno o varios hilos de refuerzo puede ser de un material seleccionado entre los siguientes materiales: carbono, vidrio, aramida, sílice, basalto, cerámica y sus mezclas, o bien cualquier otro material utilizado en el campo de los materiales compuestos, las fibras que pueden naturales o sintéticas. No obstante, se prefieren las fibras de carbono.

55 En el interior de cada cinta, los filamentos o fibras de refuerzo están dispuestos de manera que se garantice una cobertura casi completa en la totalidad de la superficie de la cinta. En particular, si la cinta de tipo velo está formada por una capa unidireccional de varios hilos, estos se colocarán lado a lado, con un mínimo, es decir, que no falte materia ("gap" en inglés) o solapamiento ("overlap" en inglés).

60 Por lo general, un hilo está constituido por un conjunto de filamentos y contiene, en general, en el caso de los hilos de carbono, de 1.000 a 80.000 filamentos, ventajosamente de 12.000 a 24.000 filamentos. De forma especialmente preferida, en el contexto de la invención, se utilizan hilos de carbono de 1 a 24 K, por ejemplo, de 3K, 6K, 12K o 24K, y preferentemente de 12 y 24K. Las fibras constitutivas serán preferentemente continuas. Los hilos incluidos en el interior de las cintas de velo tienen una sección recta transversal sensiblemente paralelepípedica o elíptica y se

clasifican como hilos planos. Estos hilos tienen una anchura y un espesor determinados. A modo de ejemplo, un hilo plano de carbono de 3K y un título de 200 tex tiene por lo general una anchura de 1 a 3 mm, un hilo plano de carbono de 12 K y un título de 446 tex, una anchura de 2 a 5 mm, un hilo plano de 12 K y un título de 800 tex, una anchura entre 3 y 7mm, un hilo plano de carbono de 24 K y un título de 1600 tex, una anchura de 5 a 12 mm y un hilo plano de carbono de 24K y un título de 1040 tex, una anchura de 5 a 10 mm. Un hilo plano de carbono de 3.000 a 24.000 000 filamentos tendrá por tanto con mayor frecuencia una anchura de 1 a 12 mm. En determinadas realizaciones, los hilos incluidos en el interior de las cintas de velo tienen un título comprendido entre 60 y 3800 Tex, y preferentemente entre 400 y 900 tex antes de asociar el hilo o los hilos a los materiales no tejidos para fabricar las cintas, es posible prolongar o no los hilos utilizados de forma clásica comercialmente disponibles. A modo de ejemplo, el espesor de la capa unidireccional de carbono, dentro de una cinta, puede ser de 90 a 270 mm aproximadamente. Entre los hilos de carbono, se puede distinguir los hilos de alta resistencia (HR) cuyo módulo de tracción está comprendido entre 220 y 241GPa y cuyo esfuerzo a rotura por tracción está comprendido entre 3450 y 4830 MPa, los hilos de Módulo intermedio (IM) cuyo módulo de tracción está comprendido entre 290 y 297GPa y cuyo esfuerzo a rotura por tracción está comprendido entre 3450 y 6200 MPa, y los hilos de Módulo alto (HM) cuyo módulo de tracción está comprendido entre 345 y 448 GPa y cuyo esfuerzo a rotura por tracción está comprendido entre 3450 y 5520Pa (según el "ASM Handbook", ISBN 0-87170-703-9, ASM International 2001).

Las cintas de tipo velo como las descritas anteriormente, y de las que se van a aportar algunos ejemplos más precisos, en lo sucesivo en la descripción de los ejemplos, se utilizan en el contexto de la invención para fabricar materiales intermedios, destinados a asociarse con una matriz de resina termoendurecible para fabricar posteriormente piezas de material compuesto, especialmente para su uso en aeronáutica. En los materiales intermedios de acuerdo con la invención, estas cintas de tipo velo están superpuestas y reticuladas con entrelazado. Los materiales intermedios de acuerdo con la invención, preferentemente, constituidos exclusivamente por cintas de tipo velo están compuestos por una serie de hilos o filamentos de refuerzo que se extienden según una dirección paralela a la longitud de la cinta para formar una capa unidireccional asociada por cada una de sus caras a un material no tejido de fibras termoplásticas, garantizando dichos dos materiales no tejidos la cohesión de dicha cinta de tipo velo gracias a su carácter termoplástico. En particular, los materiales intermedios de acuerdo con la invención están compuestos exclusivamente por un trenzado o tejido de las cintas de tipo velo tal como se describe más detalladamente en la presente solicitud de patente. No se excluye, por tanto, que en los materiales intermedios de acuerdo con la invención, se combinen estas cintas de tipo velo con otras cintas tales como hilos sencillos u otros. Efectivamente, estas cintas de tipo velo pueden por ejemplo, utilizarse solamente en la trama, en el caso de un tejido, donde los hilos de la urdimbre son clásicos no de tipo velo, o en un hilo de cada dos en el caso de una trenza, de forma que toda la superficie de la arquitectura textil esté cubierta por al menos una cinta de tipo velo. .

Se puede utilizar cualquier tipo de técnica de reticulación con entrelazado. Preferentemente, la cobertura aportada por la reticulación será máxima. De forma ventajosa, el material de acuerdo con la invención tendrá un factor de apertura inferior o igual a 0,5%. Este factor de apertura se podrá determinar por el método descrito en los ejemplos. Un factor de apertura de ese tipo puede alcanzarse más fácilmente, especialmente, si las cintas de tipo velo utilizadas están calibradas y/o cuando el material de acuerdo con la invención está constituido exclusivamente por cintas de tipo velo.

Se puede, por ejemplo, utilizar cualquier técnica de tejido, tales como, especialmente las descritas en los documentos WO 2006/0759961 y WO 98/46817. En los materiales de acuerdo con la invención las cintas pueden estar tejidas según diferentes construcciones, especialmente con el tipo de malla de tafetán (llamada también tela), de sarga o de satén tal como se ilustra en la **Figura 3** (parte izquierda: tafetán y parte derecha: satén) o **9**. Las referencias **10** y **11** designan respectivamente las cintas de la trama y las cintas de la urdimbre. También es posible utilizar la técnica descrita en la solicitud de patente EP0670921 que describe un procedimiento de tejido mejorado donde la trama se desenrolla sin torsión, y donde un sistema de desarrollo mediante vibración, además, se puede aplicar al tejido obtenido para aumentar su índice volumétrico de fibras reduciendo su factor de apertura. En el contexto de la invención, el material de acuerdo con la invención se puede obtener según un procedimiento de tejido que puede aplicar una u otra de estas mejoras o ambas combinadas. El uso de una devanadera para desenrollar la trama descrito en el presente documento tiene la ventaja de no añadir torsión a la cinta que puede de este modo permanecer plana en el material intermedio tejido obtenido.

El material de acuerdo con la invención también se puede presentar en forma de una trenza, en particular de una cinta que forma un cilindro como se muestra en la **Figura 4**. Dichas trenzas se fabrican por trenzado de cintas como se ha descrito anteriormente. Se pueden aplicar técnicas de trenzado tal como las descritas en los documentos EF 179.428 o US 2007/0193439. En estas técnicas, un medio robótico coloca un mandril en el centro de una trenzadora, y barre la longitud de este mandril durante el trenzado, de modo que la cinta recubre el mandril. Después de varios pasos, el mandril queda recubierto de diferentes capas de cintas trenzadas. Es fácil aplicar las cintas utilizadas en el contexto de la invención a trenzadoras, especialmente si estas están optimizadas para el trenzado de hilos planos. Una técnica de trenzado no simétrico que aplica dos tipos de cintas, tal como se describe en la solicitud WO 92/15740, también se puede utilizar. También se puede coser una trenza abierta para proporcionarla una forma de cilindro o cualquier otra forma compleja deseada.

Se describe a continuación un tipo particular de la cinta de tipo velo de fibras de carbono que permite obtener materiales intermedios de acuerdo con la invención que permitirán especialmente realizar, posteriormente, piezas de material compuesto que van combinar buenas propiedades mecánicas y un índice volumétrico de fibras elevado, propiedades especialmente buscadas en el ámbito de la aeronáutica. De acuerdo con una realización preferida, Cada cinta de tipo velo utilizada en el material intermedio de acuerdo con la invención está constituida por una capa unidireccional de fibras de carbono con una masa superficial de 100 a 280 g/m², asociada, en cada una de sus caras, a un material no tejido de fibras termoplásticas, teniendo dicho material no tejido cada uno de ellos, un espesor de 0,5 a 50 micrómetros, preferentemente de 3 a 35 micrómetros. De acuerdo con una realización particular, cada cinta de tipo velo tiene un espesor de 80 a 380 micrómetros, preferentemente de 90 a 320 micrómetros, y preferentemente de 93 a 305 micrómetros

La norma NF EN ISO 9073-2 no permite medir uno de los componentes de un material que es combinación de varios elementos. Se pueden utilizar los métodos siguientes: uno para medir el espesor de un material no tejido dentro de una cinta, y otro para medir el espesor total de la cinta.

De este modo, dentro de una cinta, el espesor del material sin tejer o velo fijado sobre la capa unidireccional de hilos o filamentos de refuerzo se puede determinar a partir de cortes microscópicos que permiten una precisión de +/- 1 mm. El método es el siguiente: Una cinta de tipo velo que contiene una capa unidireccional constituida de hilos o filamentos de refuerzo y dos velos encolados en direcciones opuestas a cada lado de la capa se impregna mediante un pincel con una resina que polimeriza a la temperatura ambiente (Araldite y Araldur 5052 de la empresa Huntsman). El conjunto se fija entre dos placas para aplicar una presión de aproximadamente 2-5 kPa durante la polimerización. La medición del espesor del velo incluido en la cinta de tipo velo es independiente de la presión ejercida en esta etapa. Una pieza del conjunto se reviste con una resina de endurecimiento en frío de tipo Epofix kit de Struers, y a continuación se pule (mediante un papel abrasivo a base de carburo de silicio con un grano 320 mm y varios fieltros hasta un grano de 0,3 µm) para poderse observar con un microscopio óptico Olympus BX 60 acoplado a una cámara Olympus ColorView IIIu. La aplicación de la resina que polimeriza a temperatura ambiente no tiene ninguna influencia sobre el espesor del velo y sí permite únicamente realizar mediciones. El programa informático analySIS auto 5.0 de la empresa Olympus Soft Imaging Solución GmbH permite tomar fotos y de realizar mediciones del de espesor. Para cada cinta de tipo velo (capa unidireccional combinada con velos de cada lado), se toman 5 imágenes con un aumento de 20. En cada imagen, se realizan 15 mediciones del espesor del velo, y se determinan la media y la desviación estándar de dichas medidas.

El espesor total de una cinta de tipo velo se puede determinar a partir del siguiente método, cuyo dispositivo está esquematizado en las **Figuras 5A y 5B**, que determina un valor medio para una preforma constituida por un apilamiento de cintas de tipo velo. En estas figuras, **A** designa la preforma; **B** la placa de soporte; **C** el papel siliconado; **D** la película de puesta a vacío; **E** la junta de puesta a vacío; **F** el fieltro de drenaje y **G** la toma de vacío. El experto en la materia utiliza de manera clásica este método, que permite una medición completa minimizando al mismo tiempo la variabilidad que puede existir localmente dentro de una misma cinta. Una preforma constituida por un apilamiento de diferentes capas orientadas de cinta de tipo velo se coloca entre dos capas de papeles siliconados de 130 g/m² y de un espesor de 0,15 mm comercializado por la sociedad SOPAL en una película de puesta a vacío CAPRAN 518 de la empresa Aerovac (Aerovac Systèmes France, Umeco Composites, 1 rue de la Sausse 31240 Saint-Jean, Francia) y en contacto con un fieltro de drenaje Airbleed 10HA comercializado por Aerovac. La estanqueidad del conjunto se garantiza mediante una junta de puesta a vacío SM5130 comercializada por Aerovac. Se realiza un vacío de 0,1 a 0,2 kPa mediante una bomba de vacío Leybold SV40 B (Leybold Vacuum, Bourg les Valence, Francia). A continuación, se mide el espesor de la preforma se medirá entre dos comparadores digitales TESA Digico 10 después de restar el espesor de la toma de vacío y de los papeles siliconados. Se realizan 25 mediciones por cada preforma, y se determinan la media y la desviación estándar de dichas medidas. El espesor obtenido para la cinta de tipo velo se determina a continuación dividiendo el espesor de la preforma total por el número de capas de cintas de tipo velo superpuestas.

De manera ventajosa, el espesor de cada cinta de tipo velo incluida en producto intermedio de acuerdo con la invención tiene una escasa variabilidad, especialmente con variaciones de espesor que no superan a 20 µm de desviación típica, preferentemente sin superar 10 µm de desviación típica. Esta característica permite mejorar la regularidad de las piezas de material compuesto que se pueden obtener.

El gramaje de la capa de fibras de carbono se puede determinar a partir del gramaje de cada cinta de tipo velo (capa unidireccional + 2 velos). Si se conoce la masa superficial de los velos entonces es posible deducir la masa superficial de la capa unidireccional. De manera ventajosa, la masa superficial se determina a partir del producto intermedio por ataque químico (en su casto también mediante pirólisis) del velo. El experto en la materia utiliza de manera clásica este método para determinar la cantidad de fibras de carbono de un tejido o de una estructura de material compuesto.

Se describe a continuación un método de medición del gramaje de una cinta. El gramaje de una cinta se mide por pesada de muestras recortadas de 100 cm², es decir de 113 mm de diámetro). Para facilitar el recorte de las muestras de una cinta que es flexible, la cinta esté coloca entre dos cartones bruñidos de la empresa (Saint Julien en Genevois, Francia) de 447 g/m² y de 0,450 mm de espesor para garantizar una cierta rigidez al conjunto. Para

recortar el conjunto se utiliza un troquel circular neumático de la empresa Novi Profibre (Eybens, Francia); se toman 10 muestras por tipo de cinta.

Además, de manera ventajosa, la masa superficial del velo presente dentro de cada cinta de tipo velo está comprendida en el intervalo de 0,2 a 20 g/m².

En cada cinta, la asociación entre la capa unidireccional y los velos se puede realizar de forma discontinua, por ejemplo, únicamente en determinados puntos o zonas. Pero, preferentemente, se realiza con una unión que se extiende sobre la totalidad de la superficie de la capa, lo que se denomina en continuo. La asociación de la capa unidireccional a las dos velas se puede hacer mediante una capa adhesiva, seleccionada por ejemplo entre adhesivos de tipo epóxico, adhesivos de tipo poliuretano, colas termoendurecibles, adhesivos a base de monómeros polimerizables, adhesivos acrílicos estructurales o acrílicos modificados, adhesivos de fusión en caliente. Pero, la unión más frecuente se lleva a cabo mediante la propiedad adherente que tienen los velos en caliente, por ejemplo en una etapa de termocompresión durante su diseño que permite garantizar una unión entre la capa unidireccional y los velos. De manera preferida, la cohesión de cada cinta de tipo velo se garantiza exclusivamente mediante los materiales no tejidos termoplásticos.

De acuerdo con una realización particular, cada cinta de tipo velo tiene una anchura determinada prácticamente constante en toda su longitud, es decir que las cintas de tipo velo tienen una variabilidad muy baja en su anchura para toda su longitud. En ese caso, debido a la anchura prácticamente constante de las cintas de tipo velo utilizadas, las cintas de tipo velo de acuerdo con la invención también tienen una variabilidad muy baja en términos de masa superficial. En particular, la anchura de cada cinta de tipo velo presente, para toda la longitud de dicha cinta, tiene una desviación típica especialmente inferior a 0,25 mm, preferentemente inferior a 0,22 mm y muy preferentemente inferior o igual a 0,20 mm. Una baja variabilidad de anchura permite especialmente fabricar por tanto piezas con una gran regularidad, que tienen propiedades mecánicas controladas. La anchura de las cintas de tipo velo y la desviación típica se pueden determinar según el método descrito en los ejemplos, a partir de los resultados de la **TABLA 3**. La desviación típica se puede definir como la media cuadrática de la diferencia con respecto al valor medio, es decir:

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

donde:

- n = número de valores
- x_i = un valor
- \bar{x} = media aritmética

Una cinta de tipo velo de ese tipo con una anchura prácticamente constante se puede obtener según un procedimiento que comprende las etapas siguientes:

- A1) Ajustar la anchura de la cinta a la anchura deseada con un medios de calibrado,
- A2) Asociar la cinta por cada una de sus caras a un material no tejido de fibras termoplásticas para garantizar una cohesión homogénea de la cinta, de manera que la masa total de los materiales no tejidos no supere el 25% de la masa total de la cinta obtenida.

La fabricación de la cinta de tipo velo se puede llevar a cabo a partir de uno o varios hilos. Si la cinta está compuesta de varios hilos, es el conjunto de hilos (y no cada hilo individualmente) el que se calibra para conseguir una capa de anchura determinada.

El proceso de fabricación de estas cintas de tipo velo que no están actualmente disponibles en el comercio se detalla a continuación. El hilo o los hilos se pueden extraer de una bobina y se pueden someter a una diseminación antes de la etapa de calibración. Para ello, el hilo o los hilos podrán pasar por un dispositivo de diseminación, por ejemplo, formado por uno o varios barrotos de diseminación. Esta etapa de diseminación puede ser necesaria dependiendo del gramaje deseado y, también, para obtener antes de la calibración, una anchura de la capa de los hilos superior a la anchura deseada después de la calibración. Este sistema de calibración se podrá complementar mediante una barra vibratoria en el sentido de su longitud, situada a la salida de los barrotos diseminadores, justo antes de los medios de calibrado. Análogamente, un dispositivo de ese tipo se podrá complementar con varias barras vibratorias si se utiliza una asociación de una cantidad importante de hilos para masas superficiales muy bajas.

La etapa de calibrado se lleva a cabo haciendo pasar la capa o el hilo sobre los medios de calibrado, puede tratarse de un paso de anchura dada, especialmente en forma de una ranura de fondo plano, dispuesta sobre un rodillo o un

paso acondicionado entre dos dientes, en el caso de una cinta única a base de uno o varios hilos, se ha realizado con un peine calibrador delimitando los pasajes calibrados para varios hilos, en el caso de que varias cintas de tipo velo se fabriquen en paralelo. Cuando se realiza una capa constituida por varios hilos, en realidad, la calibración, hablando propiamente, de la anchura de la capa solo se lleva a cabo para los dos hilos externos, estando guiados el resto de los hilos por un peine situado aguas arriba del elemento de diseminación, de tal forma que no quede ningún espacio libre entre los cables en el interior de la capa.

A la salida de los medios de calibrado, la capa unidireccional calibrada tendrá, para toda su longitud, una anchura casi constante que se va mantener hasta la obtención de cinta de tipo velo final. Preferentemente, a la salida de los medios de calibrado, la anchura de la capa unidireccional calibrada tendrá, para toda la longitud de la capa unidireccional, una desviación típica especialmente inferior a 0,25 mm, preferentemente inferior a 0,24 mm y preferentemente inferior o igual a 0,20 mm.

En un procedimiento de este tipo, los materiales no tejidos se asocian ventajosamente a la cinta, tras ajustar la anchura de la cinta, de forma que se mantenga la anchura obtenida después del ajuste. De este modo, es posible calibrar la cinta a la anchura prevista, que es sensiblemente constante para toda su longitud, y fijar la calibración obtenida por asociación de la cinta de fibras al material no tejido mediante encolado, reduciendo al mínimo de esta forma las variaciones de anchura. La capa unidireccional calibrada obtenida se asocia posteriormente, en cada una de sus caras, a un material no tejido termoplástico, por ejemplo en una cinta transportadora arrastrada por rodillos. La distancia entre la salida de los medios de calibrado y los medios de asociación de la capa a los materiales no tejidos será, preferentemente, muy baja, de aproximadamente algunos milímetros, para conservar la calibración obtenida. Para permitir su unión a los hilos o filamentos, después del enfriamiento, los materiales no tejidos se someterán, además de su unión a la cinta, a una etapa de calentamiento que conlleva el reblandecimiento, es decir, la fusión del polímero. Las condiciones de calentamiento y presión se adaptan al material que constituye el material no tejido y a su espesor. Lo más frecuente es llevar a cabo una etapa de termocompresión a una temperatura comprendida en el intervalo de la TF del material no tejido $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la TM del material no tejido $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (donde Tm del material no tejido se designa la temperatura de fusión del material no tejido) y a una presión de 0,1 a 0,6 MPa. Además, también es posible alcanzar tasas de compresión del material no tejido antes y después de la unión comprendidas de 1 a 10. La etapa de laminado de los materiales no tejidos sobre la capa unidireccional de fibras de refuerzo también es fundamental para controlar adecuadamente el espesor final de la cinta. Efectivamente, en función de las condiciones de calentamiento y presión especialmente durante el laminado, es posible modificar y, por tanto, ajustar, el espesor del material no tejido presente en cada lado de la cinta.

El espesor de los materiales no tejidos antes de su unión a la capa unidireccional se selecciona en función de la manera en que se van a unir a la capa de fibras unidireccionales. Lo más habitual es que su espesor esté muy cercano al espesor deseado para la cinta. También puede ser posible optar por utilizar un material no tejido con un espesor mayor que se ha laminado bajo temperatura durante la etapa de unión, para alcanzar el espesor deseado. De manera preferida, la capa de fibras unidireccionales se une por cada una de sus caras principales a dos materiales no tejidos prácticamente idénticos, con el fin de obtener un producto intermedio perfectamente simétrico.

De acuerdo con una realización particular, que se puede combinar con las anteriores, donde cada cinta de tipo velo no tiene fibras cortadas por sus bordes longitudinales. Esto hace que la utilización de estos últimos sea mucho más fácil en los procedimientos de trenzado y tejido. Efectivamente, la presencia de fibras o hilos cortados al borde de la cinta tiene el inconveniente de crear zonas de acumulación de fibras o hilos en determinados puntos a lo largo del trayecto de la cinta en los procedimientos citados, y ocasionar detenciones de la máquina debido a la rotura de hilos, o de la mala calidad del refuerzo creado. Estos bordes con presencia de filamentos cortados también generan hilos que se enrollan sobre sí mismos durante el devanado de la bobina en la que se enrolla la cinta, lo que tiene también por consecuencia la rotura de los hilos o defectos de calidad (se habla de "anillos" creadas sobre la bobina de cinta). Una característica de este tipo es posible especialmente gracias al procedimiento anteriormente descrito que evita cualquier tipo de corte para obtener la anchura deseada de la cinta.

También, de acuerdo con una realización particular, que se puede combinar con las anteriores, cada cinta de tipo velo tiene en algunos puntos solo de sus bordes longitudinales o en toda la longitud de sus dos bordes longitudinales, una unión directa entre los dos materiales no tejidos, que se realiza gracias a las propiedades termoplásticas de estos últimos.

En el contexto de esta última variante de realización, para favorecer adicionalmente la obtención de un borde definido y un buen control de la anchura de la cinta, en el procedimiento anteriormente detallado, la cinta, por una parte, y las partes recortadas de ambos lados de sus bordes, por otra parte, se arrastran por los medios de extracción, tales como los medios de arrastre o de aspiración.

En ese caso, la anchura de los materiales no tejidos se selecciona de manera que estos últimos sobrepasen por una y otra parte la capa unidireccional. A continuación, la cinta se retira de la cinta transportadora mediante un rodillo motriz (trío de arrastre) y está sometida a un corte en cada uno de sus bordes longitudinales, mediante un dispositivo de despiece con calentamiento, y en particular mediante cuchillos con calentamiento. El corte no se realiza en un hilo, sino justo al lado del borde del hilo, para evitar cualquier deshilachado. El corte en caliente del

material no tejido en cada borde de la cinta acarrea una cierta retractación de este último. Los dos materiales no tejidos con una anchura superior a la anchura de la capa unidireccional, se observa un encolado puntual de los dos materiales no tejidos entre sí que preferentemente encierran la capa unidireccional en los bordes de carbono. La cinta de tipo velo obtenida tiene por tanto un borde bien definido 4, sin fragmentos de filamentos cortados, como se muestra en la **Figura 6**.

La cinta se tracciona a continuación mediante un trío de bobinas de arrastre. También es posible, para favorecer adicionalmente la obtención de un borde bien definido, proceder a la extracción de las caídas de material no tejido, mediante el uso de medios de arrastre de tipo rodillos de arrastre, o mediante medios de aspiración. En ese caso, las partes de los extremos correspondientes a los residuos contienen un hilo cuyo material no tejido solamente se puede recortar por un solo lado, lo que permitirá de favorecer el arrastre o la aspiración de los desechos. También se puede prever la disposición sobre los bordes destinados a ser cortados y desempeñar el papel de residuos, un hilo de tipo diferente a los destinados a constituir las cintas de tipo velo.

Los materiales intermedios de acuerdo con la invención se pueden utilizar para fabricar piezas aeronáuticas que requieran altas prestaciones mecánicas, y especialmente para la fabricación de piezas de la estructura primaria. En particular, las trenzas de forma cilíndrica de acuerdo con la invención se pueden utilizar para fabricar piezas alargadas, tales como los marcos de fuselaje o tensores. En ese caso, por ejemplo, la cinta se deforma y se mantiene en su forma mediante costura o preformado (termocompresión) para que tenga una sección en forma de I, T, S especialmente, como se muestra en la **Figura 7**.

Piezas de ese tipo se pueden fabricar mediante cualquier procedimiento directo conocido, tales como los procedimientos por infusión o inyección de resina termoendurecible. La matriz utilizada es de tipo termoendurecible. La resina inyectada, por ejemplo, se selecciona entre los siguientes polímeros termoendurecibles: epóxidos, poliésteres no saturados, vinil ésteres, materiales fenólicos, las poliimidias, las bismaleimidias. La pieza de material compuesto se obtiene después de una etapa de tratamiento térmico. En particular, la pieza de material compuesto se obtiene por lo general mediante un ciclo de consolidación clásico de los polímeros considerados, llevando a cabo un tratamiento térmico recomendado por los proveedores de estos polímeros, y conocido del experto en la materia. Esta etapa de consolidación de la pieza deseada se lleva a cabo mediante polimerización/reticulación según un ciclo definido de temperatura y presión, seguido de enfriamiento. La presión aplicada durante el ciclo de tratamiento es baja en el caso de la infusión a vacío y más elevada para inyección en un molde RTM.

El material intermedio y el procedimiento de acuerdo con la invención permiten, en algunos casos, fabricar piezas de material compuesto con un TVF de aproximadamente 60%, que corresponde al calor convencional de las estructuras primarias en aeronáutica (es decir, las piezas fundamentales del aparato) y, análogamente, mejorar considerablemente la resistencia al impacto a baja velocidad de las piezas de material compuesto obtenidas: por ejemplo, la caída de una herramienta en un taller durante la fabricación de una estructura de material compuesto, un choque con un cuerpo extraño durante su utilización en funcionamiento.

La presión aplicada durante un procedimiento por inyección es superior a la utilizada en un proceso por infusión. Esto da como resultado el que es más fácil fabricar con un TVF correcto mediante un procedimiento de inyección que con un procedimiento de infusión. Los materiales de acuerdo con la invención permiten alcanzar el índice volumétrico de fibras deseado, y especialmente de aproximadamente 53 a 60 %, incluso cuando la pieza de material compuesto se fabrica con una etapa c) tal como que se menciona anteriormente, que aplica una infusión y no una inyección de resina. Esta forma de realización constituye, de este modo, una variante ventajosa.

Las piezas de material compuesto que se pueden obtener mediante el procedimiento de la invención son también parte integrante de la invención, en particular, las piezas que tienen un índice volumétrico de fibras de 50 a 63% y especialmente de 53 a 60%.

Los siguientes ejemplos ilustran la invención, pero no tienen ningún carácter limitativo.

PARTE A: FABRICACIÓN DE LAS CINTAS

Los hilos de carbono T700GC 31E de 12 K se comercializan por la empresa Toray Industries, Japón.

Se ha utilizado un material no tejido de poliamidas de 4 (vendido con la referencia 128D04 por Protechnic, Francia) y denominado velo a. Las características del velo a utilizado para la fabricación de las cintas de tipo velo de acuerdo con la invención se indican en el la **Tabla 1**. El punto de fusión del velo indicado en la **Tabla 1** se determinará mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) según la norma ISO 11357-3. La masa superficial se mide según la norma norma ISO 3801. El tipo de porosidad indicado en la **Tabla 1** se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de porosidad}_{\text{velo}} (\%) = 1 - \frac{\text{Masa superficial del velo}}{\rho_{\text{material del velo}} \times e_{\text{velo}}} \times 100 \quad (2)$$

Donde

- la masa superficial del velo se expresa en kg/m^2 ,
- Pmateria del velo se expresa en kg/m^3 ,
- 5 - Evelo se expresa en m.

TABLA 1, Características del velo utilizado (los valores indicados después de \pm representan la diferencia tipo)

Referencia	Velo a
Punto de fusión del velo ($^{\circ}\text{C}$)	178
Masa superficial (g/m^2)	$4\pm 0,1$
Diámetro de los filamentos (μm)*	13 ± 3
Espesor del velo (μm)	69 ± 12
Tipo de porosidad (%) calculado a partir de la fórmula (2)	97
* Medidos por análisis de imágenes	

10 Los hilos de carbono se utilizan para fabricar cintas asociadas con dos velos **a**, mediante una máquina representada en la **Figura 8**. La referencia de los elementos calentadores para recortado es: Thermocut TC-1 de la empresa LOEPFE BROTHER, LIMITED, Wetzikon, Suiza.

15 El o los hilos de carbono **1** se desenrollaron desde bobinas de carbono **100** fijadas en una fileta **101**, pasan a través de un peine **102**, se conducen al eje de la máquina mediante un rodillo de guía **103**. Los hilos de carbono 12K y 800Tex que tienen inicialmente una anchura comprendida entre 4,5 y 7 mm aproximadamente se diseminan mediante la barra calefactora **11** y la barra de diseminación **12** y posteriormente se calibran para una anchura de 5,42 mm mediante los medios de calibrado para tener una capa unidireccional de la anchura deseada. Los rollos de materiales no tejidos **104a** y **104b** se desenrollan sin tensión y se transportan mediante cintas continuas **105a** y **105B** fijados entre bobinas de rotación libre **106**, **106b**, **106C**, **106D** y las barras calentadas **107a**, **107b**. Los materiales no tejidos **2A** y **2B** se precalientan en las zonas **108a** y **108B** antes de entrar en contacto con los hilos de carbono **1** y encolados en direcciones opuestas a uno y otro lado de dos barras calentadas **107a** y **107b** cuya holgura está controlada. Una calandra **108**, que se puede enfriar, aplica seguidamente una presión sobre la capa unidireccional con un material no tejido de cada lado, que posteriormente dirigida hacia los medios de recorte **109**. Un rodillo de retorno **110** permite desviar la cinta **I** hacia el sistema de tracción que comprende un trío de arrastre **111** y después de bobinado **112** para formar un rodillo constituido por una cinta de tipo **I**.

Las condiciones operativas se indican en la **Tabla 2**.

TABLA 2

Material no tejido	Fibra	Masa superficial de carbono (g/m^2)	Anchura (mm)	Velocidad lineal (m/min)	TO Barra11 (OC)	TO Barra 13 (OC)	TO 108a y 108B(OC)	TO 107a y 107b(OC)
velo a	T700GC	147	5,42	1,3	220	220	140	140

Las características de las cintas obtenidas se presentan en la **Tabla 3**.

35 Las medidas de anchura media y la desviación típica se llevaron a cabo mediante el dispositivo siguiente: la cinta de tipo velo se desenrolla de su soporte a la velocidad constante de 1,2 m por minuto, con una tensión constante comprendida entre 200 y 400 cN, desde donde pasa a continuación, a una distancia de 265 mm y sin soporte en ese lugar, por delante de una cámara modelo Baumer Optronic tipo FWX 20, distancia focal 20 mm, 1624x1236 píxeles (Baumer Optronic GmbH, Alemania). La calibración de la cámara es la siguiente: 1 pixel equivale a 0.05 mm, que corresponde a un tamaño de foto de $1640 \text{ píxeles} \times 0,05 = 82 \text{ mm}$. A continuación, se toma una foto cada 38 mm para una longitud mínima de 50 m correspondiente a 1315 medidas de anchura mínima.

45 El programa informático NEUROCHECK 5.1 (Neurocheck GmbH, Alemania) analiza a continuación la imagen y almacena los valores de la anchura en un archivo que la continuación se tratará estadísticamente con el programa informático MINITAB (Minitab Inc, EE.UU.).

TABLA 3

		Anchura media (mm)	Desviación típica (mm)
T700GC 12K	147 g/m ²	5,42	0,13

PARTE B: FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES INTERMEDIOS

- 5 En todos los ejemplos siguientes, Un tejido de malla en sarga 2/2 como el representado en la **Figura 9** se utiliza para fabricar los materiales intermedios de acuerdo con la invención, mediante las cintas anteriormente descritas. Se utilizan como trama y urdimbre 1,85 cintas (que corresponde al número de hilos dado que una cinta está compuesta de un único hilo en el caso ilustrado) por cm. El mismo tejido se utiliza en los ejemplos comparativos.

Ejemplo 1

- Se utilizan como trama y urdimbre las cintas obtenidas con el velo **a** y calibradas a 5,42 mm. El tejido se llevará a cabo con el telar Dornier (Lindau, Alemania) modelo PCE de acuerdo con el método denominado "tejido con devanadera SD" en la patente EP 0670921, es decir, sin diseminación posterior al tejido, a una velocidad de 100 pasadas/min. La malla tejida es una sarga 2/2, el paso es de 1,85 hilos/cm, para obtener un tejido equilibrado de 295 g/m².

Ejemplo comparativo 1

- 20 Se utilizan como trama y urdimbre los hilos de carbono T700GC 31E de 12 K no de tipo velo. El tejido se llevará a cabo con el telar Dornier (Lindau, Alemania) modelo PCE de acuerdo con el método denominado "tejido con devanadera SD" en la patente EP 0670921, es decir, sin diseminación posterior al tejido, a una velocidad de 100 pasadas/min. La malla tejida es una sarga 2/2, el paso es de 1,85 hilos/cm para obtener un tejido equilibrado de 295 g/m² (referencia 48302 de Hexcel Reinforcements).

25

Ejemplo comparativo 2

- Se utilizan como trama y urdimbre los hilos de carbono T700GC 31E de 12 K no de tipo velo. El tejido se llevará a cabo con el telar Dornier (Lindau, Alemania) modelo PCE de acuerdo con el método denominado "tejido con devanadera SD" en la patente EP 0670921, es decir, sin diseminación posterior al tejido, a una velocidad de 100 pasadas/min. La malla tejida es una sarga 2/2, el paso es de 1,85 hilos/cm para obtener un tejido equilibrado de 295 g/m² (referencia 48302 de Hexcel Reinforcements).

30

- Después de tejer, el tejido obtenido se asocia a cada una de las caras del velo **a** anteriormente descrito de acuerdo con las condiciones proporcionadas en las **TABLAS 4 y 5**. Una línea de laminado en forma plana (o "línea de laminado" de la empresa S-Line (Brugg, Suiza) con los parámetros siguientes:

35

TABLA 4

Velocidad lineal (m/min)	3
Tiempo de permanencia (s)	44
Holgura (mm)	0,3
Holgura debida a la sobrepresión (mm)	0
Presión de calandrado (N/cm ²)	36

40

TABLA 5

T(°C)	Zona baja			Zona alta		
	Izquierda	Medio	Derecha	Izquierda	Medio	Derecha
Zona 1	135	163	135	135	163	135
Zona 2	178	178	145	150	178	145
Zona 3	190	190	190	190	190	190

Medidas de permeabilidad

- La permeabilidad transversal se puede definir por la capacidad de un fluido para atravesar un material fibroso. Se mide en m². Los valores indicados anteriormente, así como los mencionados en los siguientes ejemplos, se miden con el equipo y la técnica de medida descritos en la memoria de tesis doctoral titulada "Problématique de la mesure

45

de la perméabilité transverse de préformes fibreuses pour la fabrication de structures composites" de Romain Nunez, presentada en la Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, el 16 de octubre de 2009, que se podrá consultar para ver más detalles. La medida se realiza, en particular, con un control del espesor de la muestra durante el ensayo mediante el uso de dos cámaras cilíndricas paralelas que permiten reducir la influencia del "race-tracking" (paso del fluido al lado o "por el lado" del material cuya permeabilidad se debe medir). El fluido utilizado es agua y la presión es de 1 bar (100 kPa) +/- 0,01 bar (1 kPa). Las medidas de permeabilidad obtenidas con los materiales del ejemplo 1 y los ejemplos comparativos 1 y 2 se presentan en la **Figura 10**.

Medidas de factor de abertura

Los factores de abertura se han medido según el método siguiente.

El dispositivo está compuesto de una cámara de marca Sony (modelo SSC-DC58AP), provista de un objetivo de 10x, y de una mesa luminosa de marca Waldmann, modelo W LP3 NR,101381 230V 50HZ 2x15W. La muestra a medir se dispuso en la mesa luminosa, la cámara se fijó a un brazo y se coloca a 29 cm de la muestra, a continuación se regula la nitidez.

La anchura de medida se determinará en función del material fibroso a analizar, mediante el aro (zoom), y una regla: 10 cm los materiales fibrosos abiertos (OF>2 %), 1,17cm para los materiales fibrosos poco abiertos (OF < 2%).

Mediante el diafragma y un cliché testigo, la luminosidad se regula para obtener un valor de OF correspondiente a la que aparece en el cliché testigo.

Se utiliza el programa informático de medida por contraste Videomet, de la empresa Scion Image (Scion Corporation, USA). Después de capturar la imagen, esta se trata de la manera siguiente: Mediante una herramienta se define una superficie máxima correspondiente a la calibración seleccionada, por ejemplo para 10 cm - 70 orificios, y que contiene un número de motivos entero. Se selecciona a continuación una superficie elemental en el sentido textil del término, es decir, una superficie que describe la geometría del material fibroso por repetición.

La luz de la mesa luminosa que atraviesa las aberturas del material fibroso, la OF porcentual, se define como el porcentaje que se resta a la superficie negra dividido por la superficie elemental, es decir, 100-(superficie negra / superficie elemental).

Cabe señalar que el control del brillo es importante porque los fenómenos de difusión pueden modificar el tamaño aparente de los orificios y, por tanto, la OF. Se retendrá un brillo intermedio, de manera que no sea visible ningún fenómeno de saturación o de difusión demasiado importante.

Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 6** a continuación.

TABLA 6

OF (%)	Media	Desviación típica
Ejemplo 1	0,22	0,12
Ejemplo comparativo 1	0,05	0,04
Ejemplo comparativo 2	0,05	0,04

Cabe señalar que los valores son muy bajos para los tres refuerzos descritos, los tejidos con factores de apertura inferior al 0,5% se denominan "cerrados".

PARTE C: REALIZACIÓN DE PIEZAS DE MATERIAL COMPUESTO

Las placas de material compuesto se realizan a partir de un conjunto de materiales intermedios dispuestos en diferentes orientaciones 00, 450, -450, 900. El apilamiento es simétrico. El número de materiales intermedios (también denominados pliegues) que constituyen el apilamiento se determina a partir de la fórmula siguiente deducida de la fórmula (3):

$$n_{\text{pliegue}} = \frac{\text{TFV}(\%) \times \rho_{\text{fibra de carbono}} \times e_{\text{placa}}}{\text{Masa de la superficie UD}_{\text{carbono}}} \times 10 \quad (3)$$

sabiendo que:

- el espesor objetivo de la placa es el más próximo a 4 mm (definido por la norma prEN 6038), e placa se expresa en mm (en los ejemplos, el espesor mencionado es de 3,81 mm),

- el índice volumétrico de fibras (TVF) objetivo para obtener las mejores propiedades mecánicas es por lo general 60% y p fibra carbono se expresa en g/cm^3 ,
- la masa superficial de la UD carbono se expresa en g/m^2 .

5 De esta forma, el apilamiento se compone de 12 capas en el caso de un gramaje de carbono de 295 g/m^2 y se escribe en notación abreviada: [(+45/- 45)/(0/90)]3S.

4.2 Fabricación de la placa de material compuesto

10 Los diferentes pliegues se mantienen entre sí con una soldadura ligera después de añadir cada nuevo pliegue en algunos puntos mediante una punta de soldar. El conjunto constituye una preforma. La preforma de 340 mm x 340 mm, constituida por la secuencia de apilamiento adaptada al gramaje de carbono se coloca en un molde de inyección bajo una prensa. Un marco de espesor conocido rodea la preforma para obtener el índice volumétrico de fibras (TVF) deseado.

15 La resina epoxi comercializada con la referencia HexFlow RTM6 por Hexcel se inyecta a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ con 2 bares (200 kPa) a través de la preforma que se mantiene a $120 \text{ }^\circ\text{C}$, temperatura de los platos de la prensa. La presión aplicada sobre cada uno de los dos platos de la prensa es de 5 bares (500 kPa). Cuando la resina aparece en el punto de salida del molde, el conducto de salida se cierra y el ciclo de polimerización comienza (aumento hasta $180 \text{ }^\circ\text{C}$ a $3 \text{ }^\circ\text{C/min}$, posterior mantenimiento durante 2 horas a $180 \text{ }^\circ\text{C}$, y posterior enfriamiento a $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$). A continuación se cortaron 6 probetas por tipo de configuración de $150 \times 100 \text{ mm}$ (norma prEN 6038) para llevar a cabo en el sayo de compresión tras impacto (CAI).

5. Ensayos mecánicos

25 Las probetas (12 por tipo de configuración) se fijan a un dispositivo según se indica en la norma prEN 6038. Las probetas se han sometido a varios impactos de diferentes energías desde 10 a 50 J mediante un equipo adaptado a la norma europea preliminar prEN 6038 publicada por ASD-STAN (AeroSpace and Defence Standard, Avenue de Tervueren 270, 1150 Woluwe-Saint-Pierre, Bélgica). Los ensayos de compresión se realizaron en una máquina de ensayo mecánico Zwick (Zwick France SARL, Roissy Charles de Gaulle, Francia).

30 Los resultados de esfuerzo a la rotura por compresión tras impacto (CAI) de la placa obtenida con los materiales intermedios del ejemplo 1 y de las placas obtenidas con los materiales intermedios de los ejemplos comparativos 1 y 2 se recogen en la **Figura 11**. Los resultados CAI han mejorado para las piezas de material compuesto de acuerdo con la invención.

35 Los resultados de las pruebas según la norma prEN6038 se proporcionan en la **Figura 12**. Las **Figuras 13, 14 y 15** comparan los resultados de los esfuerzos a la ruptura por compresión tras impacto de la placa obtenida con los materiales intermedios del ejemplo 1 y de la placa obtenida con los materiales intermedios del ejemplo comparativo 2, respectivamente, según los ensayos de la norma pr EN 6031 (**Figura 13 y 14**), según el ensayo de la norma ASTM D 6484 (**Figura 15**). En estos ensayos, las prestaciones mecánicas son equivalentes.

40

REIVINDICACIONES

1. Material intermedio compuesto de un conjunto de cintas entrelazadas **caracterizado por que** al menos algunas cintas, y preferentemente todas las cintas, denominadas cintas de tipo velo, están compuestas por una serie de hilos o filamentos de refuerzo que se extienden según una dirección paralela a la longitud de la cinta para formar una capa unidireccional asociada por cada una de sus caras a un material no tejido de fibras termoplásticas, garantizando dichos dos materiales no tejidos la cohesión de dicha cinta de tipo velo gracias a su carácter termoplástico.
2. Material intermedio de acuerdo con la reivindicación 1 **caracterizado por que** cada cinta de tipo velo tiene una anchura determinada prácticamente constante en toda su longitud.
3. Material intermedio, de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la anchura de cada cinta de tipo velo tiene, para toda la longitud de dicha cinta, una desviación típica notablemente inferior a 0,25 mm, preferentemente inferior a 0,22 mm y preferentemente inferior o igual a 0,20 mm.
4. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cada cinta de tipo velo tiene, en algunos puntos solo de sus bordes longitudinales o en toda la longitud de sus dos bordes longitudinales, una unión directa entre los dos materiales no tejidos, que se realiza gracias a las propiedades termoplásticas de estos últimos.
5. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la masa de material no tejido en el interior de cada cinta de tipo velo, representa del 3 a 10 % de la masa total de cada cinta.
6. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las fibras termoplásticas, en el interior de cada cinta de tipo velo, se seleccionan entre fibras de poliamidas (PA: PA6, PA12, PA11, PA6,6, PA 6,10, PA 6,12, ...), copoliamidas (CoPA), poliamidas en bloques éter o éster (PEBAX, PEBA), polifalimida, (PPA), poliésteres poliéster (polietilentereftalato -(PET-, polibutilentereftalatos -PBT-), copoliésteres (CoPE), poliuretanos termoplásticos (TPU), poliacetales (POM...), poliolefinas (PP, HDPE, LDPE, LLDPE), poliéter-sulfonas (PES), polisulfonas (PSU...), polifenileno sulfonas (PPSU...), poliéter éter cetonas (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK), poli(sulfuro de fenileno) (PPS), o polieterimidias (PEI), poliimidias termoplásticas, polímeros de cristales líquidos (LCP), fenoxis, copolímeros de bloque tales como los copolímeros estireno-butadieno-metacrilato de metilo (SBM), copolímeros de metacrilato de metilo - acrilato de butilo - metacrilato de metilo (MAM) o una mezcla de fibras formadas por estos materiales termoplásticos.
7. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la cohesión de cada cinta de tipo velo se garantiza exclusivamente mediante los materiales no tejidos termoplásticos.
8. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cada cinta de tipo velo está constituida por una capa unidireccional de fibras de carbono con una masa superficial de 100 a 280 g/m², asociada, en cada una de sus caras, a un material no tejido de fibras termoplásticas, teniendo dicho material no tejido cada uno de ellos, un espesor de 0,5 a 50 micrómetros, preferentemente de 3 a 35 micrómetros.
9. Material intermedio de acuerdo con la reivindicación 8 **caracterizado por que** cada cinta de tipo velo tiene un espesor de 2 a 380 micrómetros. preferentemente de 90 a 320 micrómetros, y preferentemente de 93 a 305 micrómetros
10. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** el espesor de cada cinta de tipo velo tiene escasa variabilidad, especialmente con variaciones de espesor que no superan a 20 µm de desviación típica, preferentemente sin superar 10 µm de desviación típica.
11. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** los velos, en el interior de cada cinta de tipo velo, tienen una masa superficial comprendida en el intervalo de 0,2 a 20 g/m².
12. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se presenta en forma de un tejido.
13. Material intermedio, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se presenta en forma de una trenza, en particular de una trenza que forma un cilindro.
14. Procedimiento de fabricación de una pieza de material compuesto **caracterizado por que** comprende las etapas siguientes:
- a) disponer al menos un material de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores,
 - b) en su caso, apilar distintos materiales de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores y, en su caso, sinterizarlos con la forma de una preforma,

- c) añadir, mediante infusión o inyección, una resina termoendurecible,
- d) consolidar la pieza deseada mediante una etapa de polimerización/reticulación seguida de un ciclo de temperatura y presión definidas, seguido de enfriamiento.

- 5 15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 **caracterizada por que** la resina termoendurecible se añade al material o material por infusión a presión reducida, especialmente a una presión inferior a la presión atmosférica, especialmente inferior a 1 bar (100 kPa) y preferentemente entre 0,1 (1 kPa) y 1 bar (10 kPa).
- 10 16. Pieza de material compuesto que se puede obtener de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 14 o 15.
- 17. Pieza de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 16 **caracterizada por que** tiene un índice volumétrico de fibras de 50 a 63%, preferentemente de 53 a 60 %,
- 15 18. Pieza de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 16 o 17 **caracterizada por que** tiene un valor de esfuerzo a la ruptura por compresión tras impacto (CAI), medido según la norma prEN 6038 con un impacto de energía de 25 J, superior a 200 MPa.

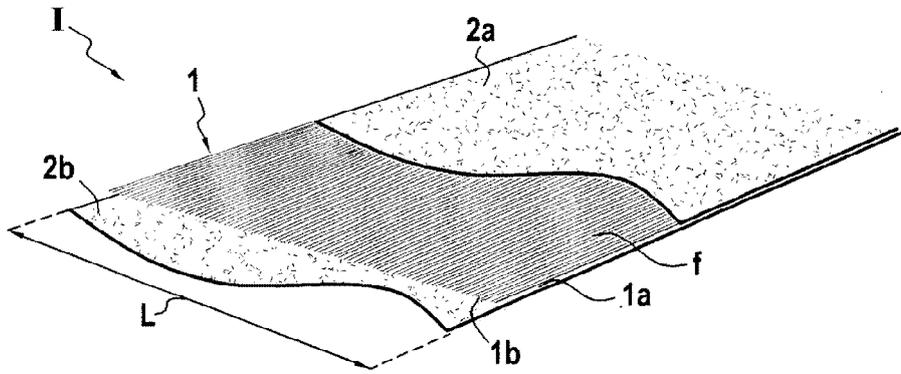


FIG.1

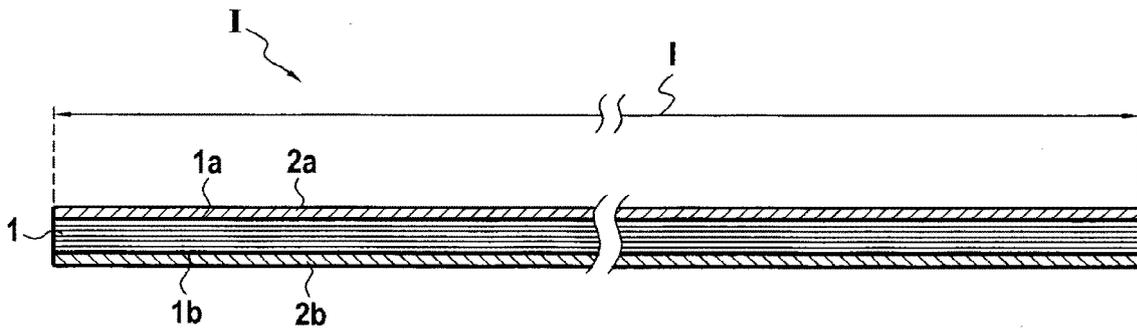


FIG.2

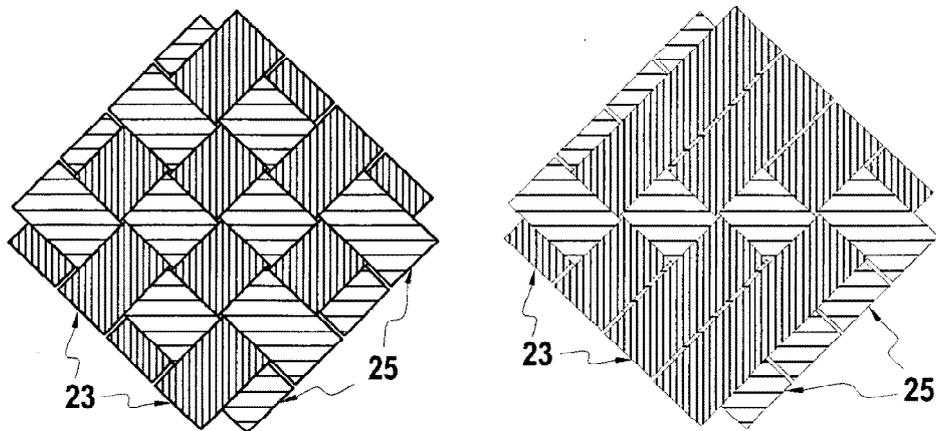


FIG.3

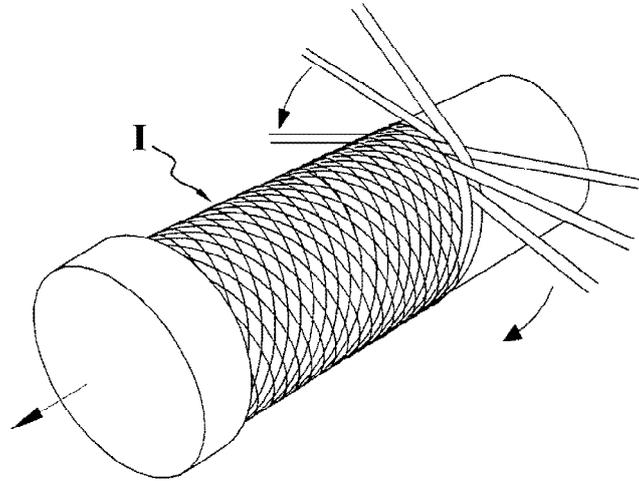


FIG.4

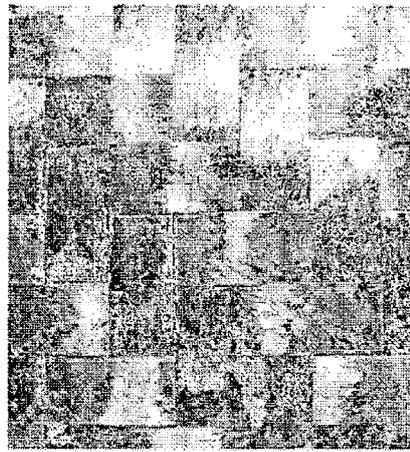


FIG.9

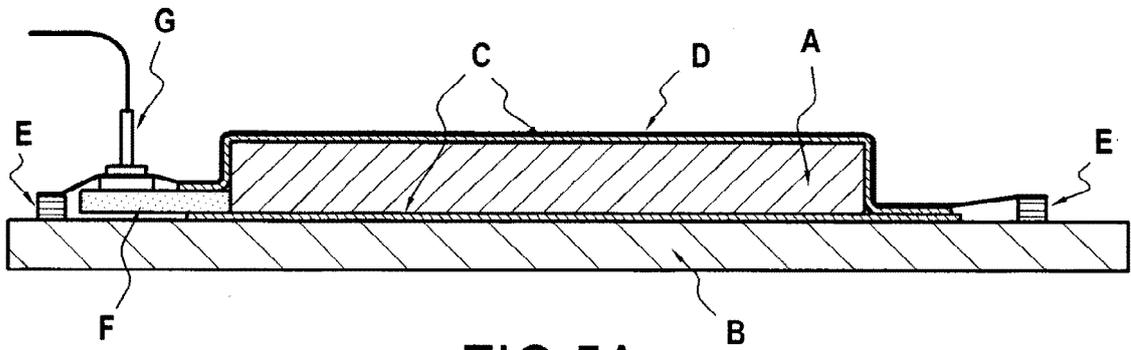


FIG.5A

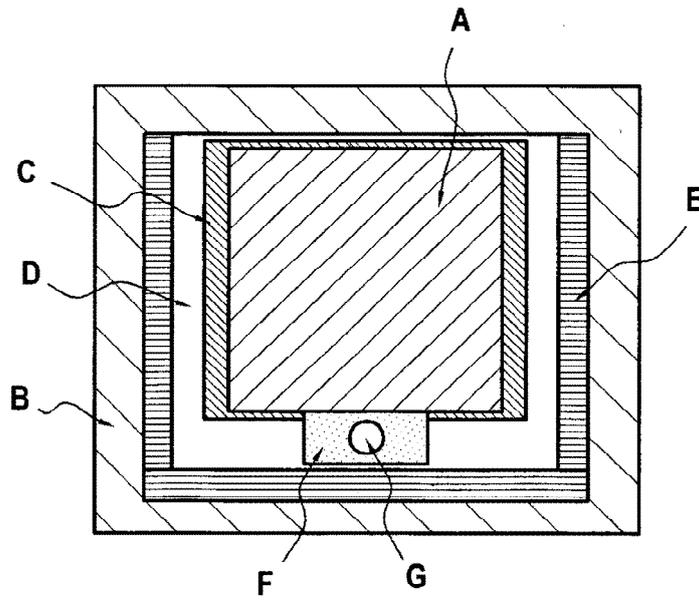


FIG.5B

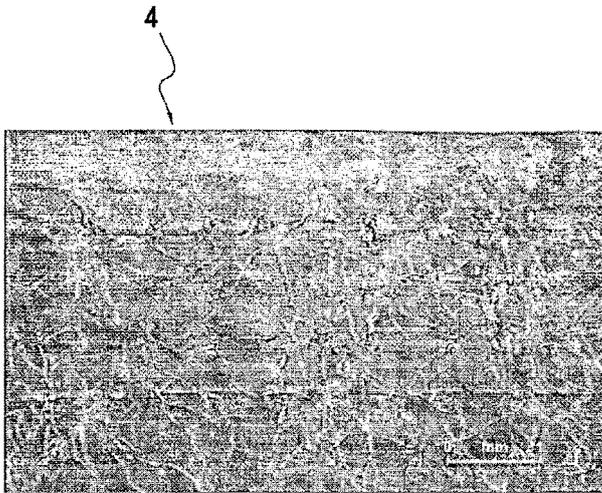


FIG.6

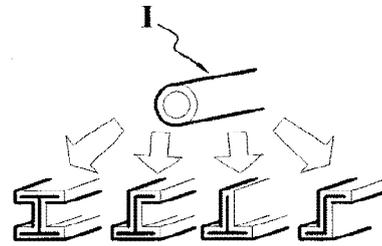


FIG.7

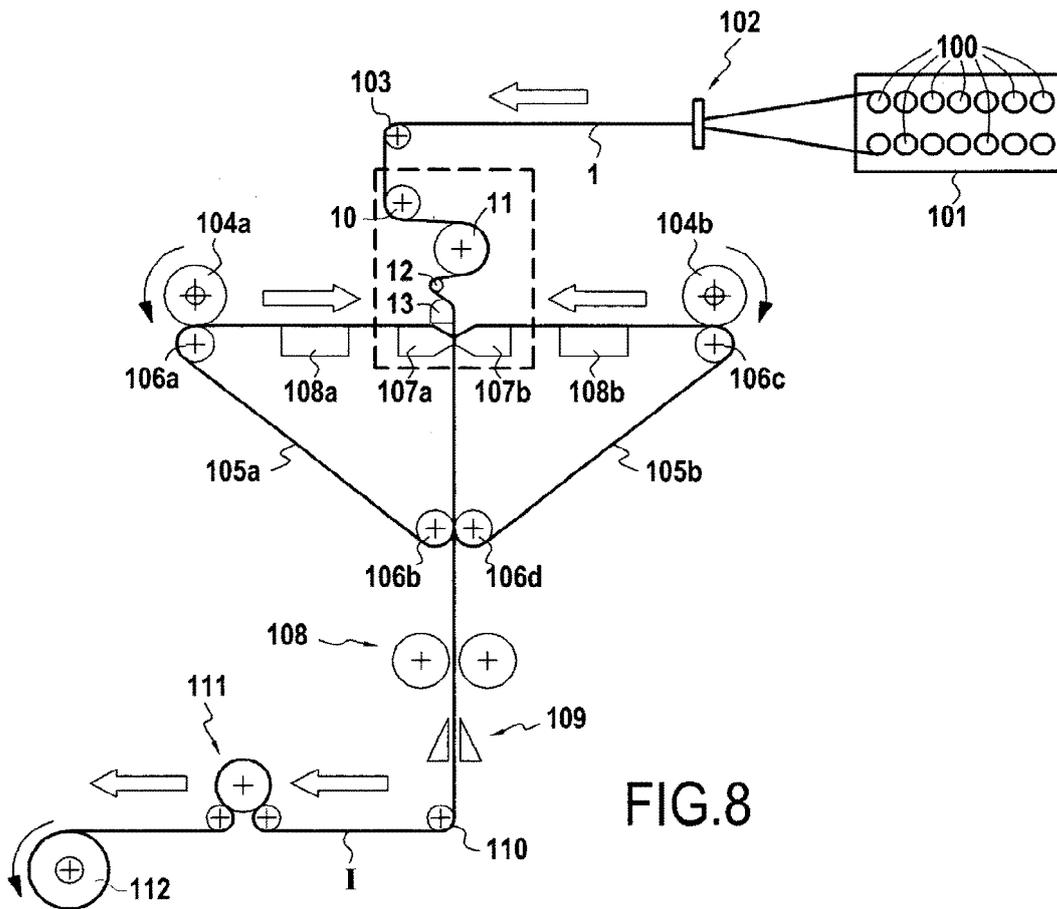


FIG.8

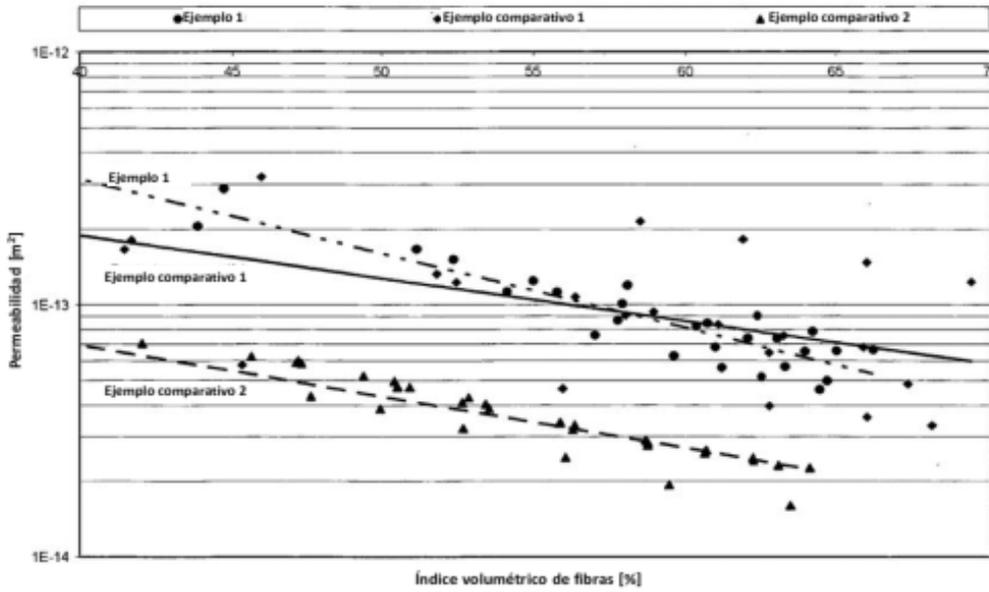


FIG.10

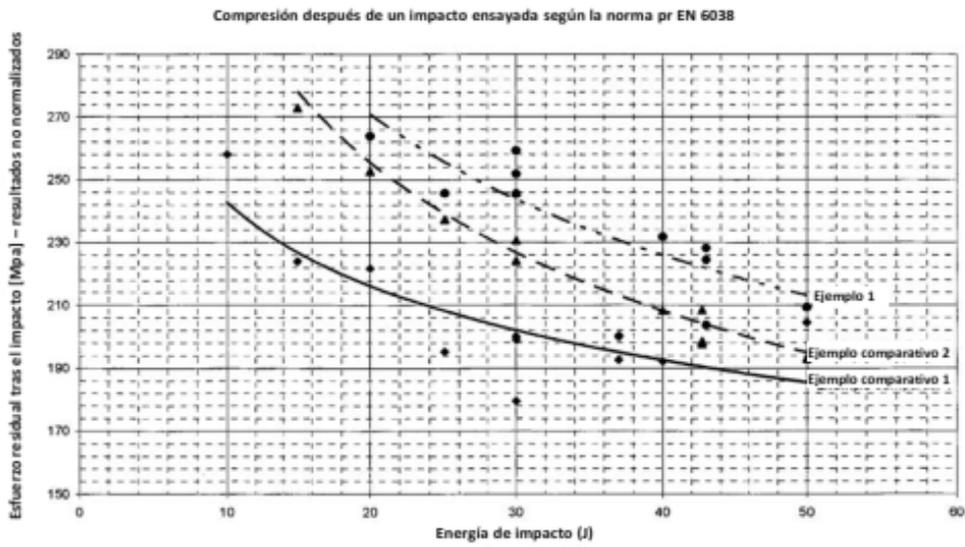


FIG.11

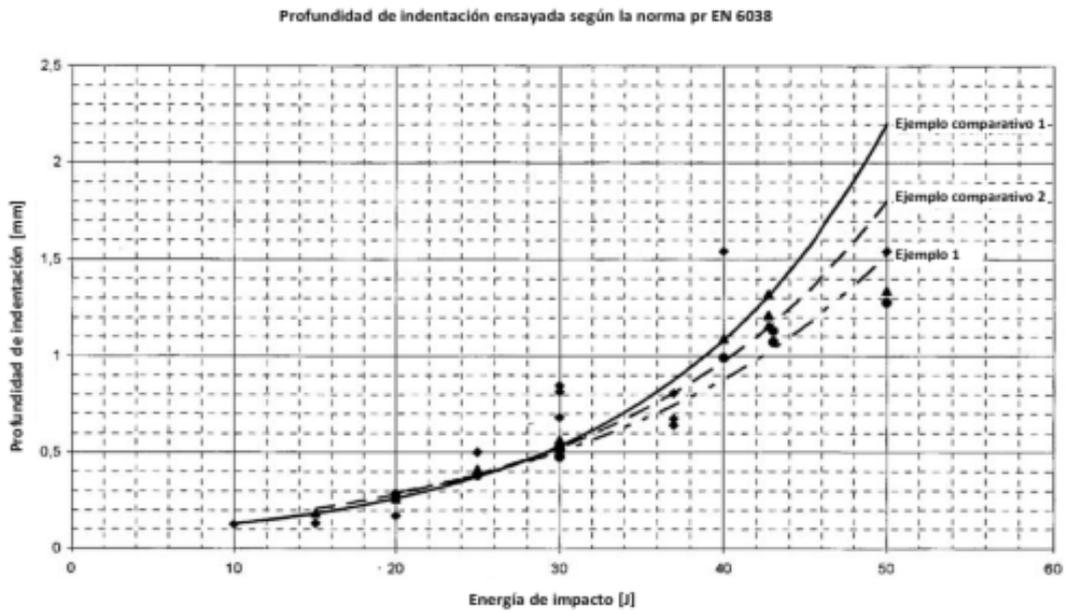


FIG.12

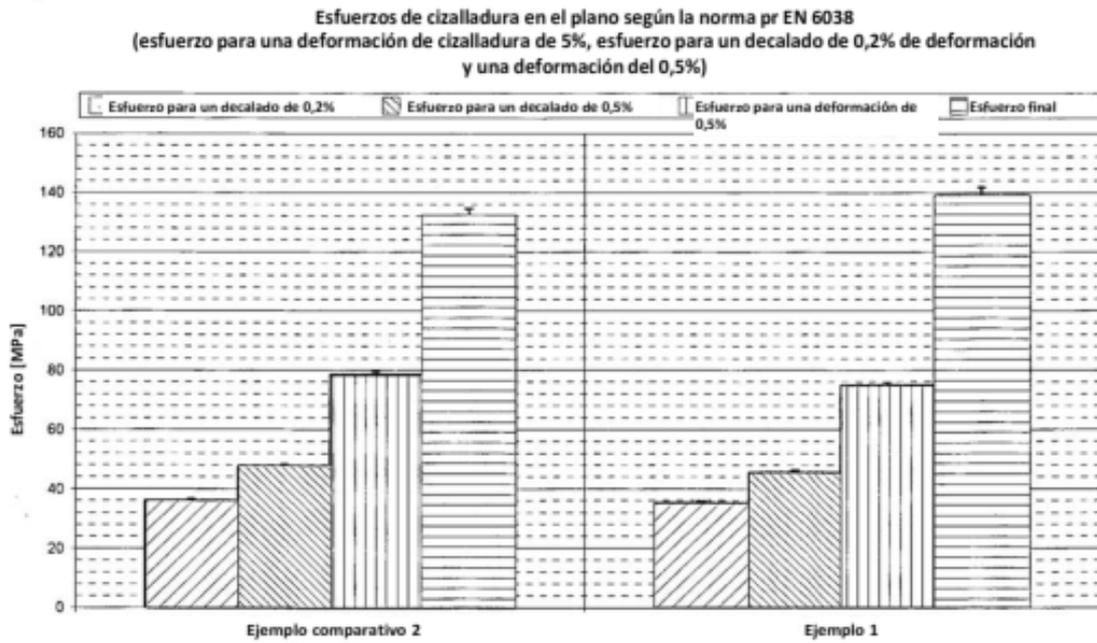


FIG.13

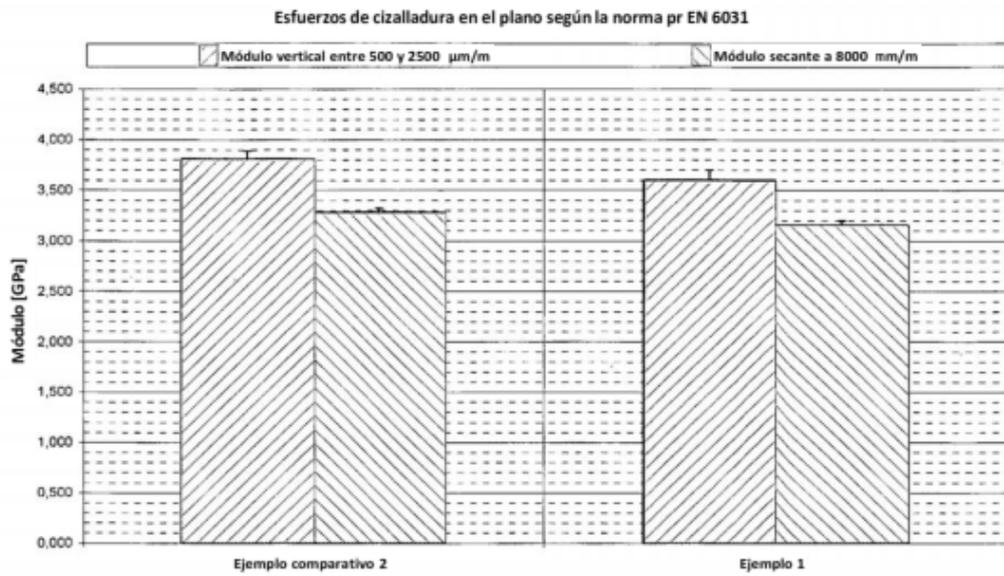


FIG.14

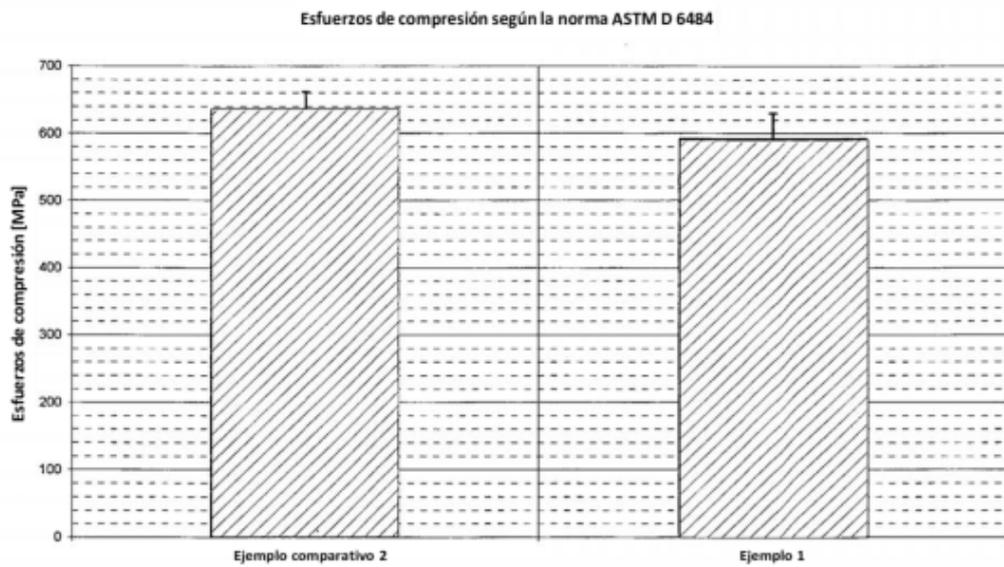


FIG.15