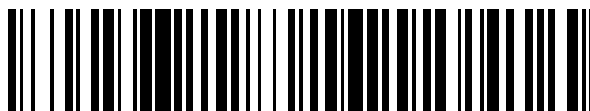


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 146**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/38** (2006.01)  
**B29C 70/54** (2006.01)  
**B29B 11/16** (2006.01)  
**D02G 3/02** (2006.01)  
**D02G 3/26** (2006.01)  
**D02G 3/40** (2006.01)  
**B29K 707/04** (2006.01)  
**B29K 105/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2008 PCT/FR2008/051036**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2008 WO08155505**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2008 E 08805971 (2)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 2152498**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de piezas compuestas que presentan por lo menos una curva y piezas obtenidas mediante este procedimiento**

30 Prioridad:

**12.06.2007 FR 0755680**  
**16.07.2007 FR 0756503**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.12.2019**

73 Titular/es:

**HEXCEL REINFORCEMENTS (100.0%)**  
**ZI La Plaine**  
**01120 Dagneux, FR**

72 Inventor/es:

**BERAUD, JEAN-MARC;**  
**BRUYERE, ALAIN;**  
**THIEL, JEAN-BENOÎT y**  
**DUCARRE, JACQUES**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 735 146 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

Procedimiento de fabricación de piezas compuestas que presentan por lo menos una curva y piezas obtenidas mediante este procedimiento.

5

La presente invención se refiere al campo técnico de las piezas compuestas. La invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza compuesta que está compuesta por un conjunto de capas de hilos de refuerzo superpuestas incluidas, por lo menos en parte, en una matriz polimérica, presentando dicha pieza por lo menos una curva. La invención encuentra aplicación, en particular, en el campo de las piezas compuestas que se utilizan en la industria automovilística, aeronáutica o naval.

10

La fabricación de piezas o de artículos compuestos, es decir, que comprenden, por una parte, uno o varios refuerzos fibrosos o capas fibrosas y, por otra parte, una matriz de resina de tipo termoplástico, termoendurecible o una mezcla de las dos, se puede realizar, por ejemplo, mediante un procedimiento denominado "directo" o mediante un procedimiento denominado "indirecto". Un procedimiento directo está definido por el hecho de que se utilizan uno o varios refuerzos fibrosos en estado "seco" (es decir, sin la matriz final), utilizándose la resina o matriz, de tipo termoplástico, termoendurecible o una mezcla de las dos, de forma separada, por ejemplo, mediante inyección en el molde que contiene los refuerzos fibrosos (procedimiento "RTM", del inglés Resin Transfer Molding), mediante infusión (en de un molde, a través del grosor de los refuerzos fibrosos: procedimiento "LRI", del inglés Liquid Resin Infusion o procedimiento "RFI", del inglés Resin Film Infusion), o también mediante recubrimiento/impregnación manual con rodillo o con pincel, sobre cada una de las capas unitarias de refuerzo fibroso, aplicadas de manera sucesiva sobre la forma. Un procedimiento indirecto está definido por el hecho de que las fibras y la resina están previamente asociadas antes de ser utilizadas y los refuerzos fibrosos utilizados se denominan preimpregnados.

15

20

25

Para los procedimientos RTM, LRI o RFI, generalmente es preciso, en primer lugar, fabricar una preforma fibrosa de la forma del artículo acabado deseado y después impregnar esta preforma con un resina termoplástica, termoendurecible o con una mezcla de las dos. La resina es inyectada o infundida por diferencial de presiones y después termocomprimida para provocar su endurecimiento después de la polimerización. En los refuerzos fibrosos adaptados a los procedimientos directos, los hilos de refuerzo están asociados generalmente para conferir un carácter unitario a la pieza, denominada entonces preforma, mediante un encolado con un aglutinante polimérico cuyo porcentaje en masa con respecto a la masa total del refuerzo fibroso (es decir, hilos de refuerzo + aglutinante polimérico) varía de 0,1 a 25% y, ventajosamente, de 3 a 10%. En el caso de los preimpregnados adaptados a los procedimientos indirectos, el aglutinante representa, por su parte, del 20 la 60%, preferentemente del 30 al 40% de la masa total del refuerzo fibroso (es decir, hilos de refuerzo + aglutinante polimérico).

30

35

Las piezas compuestas utilizadas en la industria automovilística, aeronáutica o naval están sometidas en particular a unas exigencias muy estrictas, en términos de propiedades mecánicas.

40

Para las aplicaciones en el campo aeronáutico, aeroespacial, automovilístico, en particular, a veces es necesario disponer de piezas de las que por lo menos una parte esta destinada a formar el contorno de una abertura y presenta, por ejemplo, una forma de tipo anular o elipsoidal, como es, por ejemplo, el caso para la constitución de chasis, toberas, entradas de reactores, o cualquier tipo de elementos de refuerzo destinado a ser posicionado en el borde de una abertura o a servir de refuerzo de zonas agujereadas, tales como orificios mecanizados, elementos de refuerzo de biela, marco de esquina de puerta, marco de ventanilla o de parabrisas, registros de acceso, etc. Este tipo de piezas son obtenidas clásicamente por plegado o apilamientos de pliegues, pudiendo éstos estar constituidos clásicamente por capas de hilos que se extienden de manera unidireccional o multiaxial o formando un tejido, pudiendo los hilos estar asociados, dentro de una capa, por un hilo de costura o un aglutinante polimérico, en particular en forma de un polvo, de una película, de un velo o de un hilo de unión termofusible. Cada pliegue puede, por ejemplo, ser obtenido por depósito de hilos sobre una superficie de depósito. También es conocida a partir de los documentos GB 1 513 829, US nº 5.326.524 y JP H01235612 la utilización de un pliegue constituido de hilos retorcidos.

45

50

En el campo de los compuestos, los hilos están compuestos por un conjunto de filamentos que se extienden paralelos entre sí. Los hilos presentan, por lo tanto, una cierta anchura. En función de la pieza final deseada, puede ser deseable disponer de una capa o pliegue en la que los hilos toman unas trayectorias curvas, por ejemplo de tipo espiral, elipsoidal o también una trayectoria que comprende por lo menos dos direcciones principales que forman entre sí un ángulo diferente de 0° o 180° y unidas entre sí por una porción de arco de círculo. Asimismo, los inventores han constatado que, en estos casos en particular, cuando en la superficie de depósito, que puede ser plana o no plana, los hilos toman unas trayectorias no rectilíneas y, en particular, curvas, se observan unas ondulaciones, lo cual provoca una falta de homogeneidad del depósito. Los inventores han demostrado que estas ondulaciones procedían del hecho de que los filamentos situados a nivel de las dos trayectorias extremas del hilo debían seguir unas trayectorias de longitudes diferentes. Las trayectorias extremas designan las dos trayectorias que sigue el hilo a uno y otro lado de su anchura (es decir a nivel de sus bordes externos), medida paralelamente a su superficie de depósito.

55

60

65

La figura 1 ilustra este fenómeno en el caso de un hilo depositado sobre una superficie plana según una trayectoria en arco de círculo. El hilo **F** presenta una anchura **I** medida paralelamente a la superficie de depósito. La trayectoria **T** que sigue la fibra media (o filamento mediano) del hilo **F** es una porción de arco de círculo de radio **R** en un ángulo  $\theta$ . Aparece, por lo tanto, que la longitud de la trayectoria que debe seguir el hilo no es la misma en toda su anchura **I**, presentando las trayectorias extremas **T<sub>1</sub>** y **T<sub>2</sub>** unas longitudes diferentes.

En efecto, en el exterior del arco de círculo, la trayectoria **T<sub>2</sub>**, denominada externa o máxima, es un arco de círculo de radio **R<sub>2</sub>** y en el interior del arco de círculo, la trayectoria **T<sub>1</sub>**, denominada interna o mínima, es un arco de círculo de radio **R<sub>1</sub>**. La trayectoria **T<sub>1</sub>** presenta, por lo tanto, una longitud **L<sub>1</sub>** igual a  $\theta R_1$  y la trayectoria **T<sub>2</sub>** una longitud **L<sub>2</sub>** igual a  $\theta R_2$ , siendo **L<sub>2</sub>** superior a **L<sub>1</sub>**. Por lo tanto, a nivel de la trayectoria interna **T<sub>1</sub>**, los filamentos, que no presentan ninguna elasticidad, tienen una longitud **L'<sub>1</sub>**, que es de hecho igual a la longitud **L<sub>2</sub>**, superior a su trayectoria, lo cual provoca un fenómeno de ondulación debido a la presencia de longitud de filamentos fuera o dentro del plano de depósito. Estas irregularidades son susceptibles de presentar unos puntos de debilidades prematuras en sollicitaciones mecánicas y por lo tanto de provocar una caída de las prestaciones mecánicas de la pieza obtenida. En el documento US nº 5.326.524, en la concepción de vástagos acodados reforzados por unas fibras continuas, el pandeo de las fibras de refuerzo está reducido conformando las fibras continuas en una conformación helicoidal en el vástago, antes o cuando el vástago está acodado.

En este contexto, la presente invención se propone aportar un procedimiento de fabricación de piezas compuestas que permite remediar estos inconvenientes. La invención se refiere, por lo tanto, a un procedimiento de fabricación de una pieza compuesta que está compuesta por un conjunto de capas de hilos de refuerzo superpuestas incluidas, por lo menos en parte, en una matriz polimérica, presentando dicha pieza por lo menos una zona curva, procedimiento en el que se llevan a cabo unas etapas de plegado o de apilamiento de pliegue, de acuerdo con la reivindicación 1, y a una pieza de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 11.

Según un modo de realización particular de la invención, la zona curva corresponde a un borde curvo de la pieza y los hilos retorcidos de la capa de hilos retorcidos se extienden según una trayectoria sustancialmente paralela al borde curvo.

Por "borde" se entiende tanto un borde externo, situado en un extremo de la pieza, como un borde interno que delimita una abertura o una zona agujereada dentro de la pieza.

En la continuación de la descripción, se denominará de pliegue de "capa de hilos retorcidos" un pliegue compuesto por hilos retorcidos asociados dentro del pliegue gracias a una resina o aglutinante polimérico y posicionado a nivel de una zona o de un borde curvo. Por "hilo de refuerzo retorcido" se entiende un hilo al cual se ha aplicado una torsión, es decir una rotación relativa de los bordes externos del hilo, alrededor de su fibra media, de manera que éstos describan una trayectoria en hélice, es decir que la trayectoria en cada punto haga un ángulo sustancialmente constante con una dirección dada. Dentro de una "capa de hilos retorcidos" cada hilo está retorcido individualmente. Así, cuando el hilo toma una trayectoria que presenta por lo menos una zona curva sobre la superficie de la capa (que puede ser plana o no plana), la torsión aplicada al hilo permite compensar el hecho de que las dos trayectorias extremas del hilo presentan unas longitudes diferentes. Las trayectorias extremas designan las dos trayectorias que sigue el hilo a uno y otro lado de su anchura, medida paralelamente a la superficie de la capa. En la zona curva, el eje de rotación de la trayectoria de un hilo sobre la superficie de la capa es normal al plano tangente a la superficie de la capa. La aplicación de este tipo de torsión permite evitar las ondulaciones constatadas con el depósito de hilo no retorcido, y esto a la escala de los filamentos constitutivos del hilo o de cada hilo, cuando la "capa de hilos retorcidos" está realizada con la ayuda de varios hilos. De manera ventajosa, la "capa de hilos retorcidos" está compuesta por un único hilo que presenta una torsión sustancialmente idéntica por toda su longitud o por una serie de hilos retorcidos individualmente y que presentan, entre sí y por toda su longitud, una torsión sustancialmente idéntica.

Por "capa de hilos" se entiende un conjunto de hilos que se extienden paralelos a una superficie. A título de ejemplo no limitativo, en una capa de hilos, los hilos pueden, por ejemplo, extenderse todos según una misma dirección, unos paralelamente a los otros y formar así una capa unidireccional. Los hilos pueden extenderse también según por lo menos dos direcciones, por ejemplo ortogonal uno con respecto al otro, y formar así un multiaxial. Los hilos también pueden estar dispuestos de manera que formen un tejido, o también una capa de hilos retorcidos tal como se define en el marco de la invención.

Un pliegue está constituido por una capa de hilos, en la que los hilos pueden eventualmente estar asociados, dentro de la capa, por costura o por pegado, por medio de un aglutinante polimérico, en particular en forma de un polvo, de una película, de un velo o de un hilo de unión termofusible.

La siguiente descripción, en referencia a las figuras adjuntas, permite entender mejor la invención:

La **figura 1** presenta esquemáticamente el fenómeno de ondulación observado en el caso del depósito de un hilo no retorcido sobre una superficie, según una trayectoria sobre una superficie de depósito, presentando dicha trayectoria por lo menos una zona curva sobre la superficie de depósito.

La **figura 2B** es una fotografía de un pliegue de capa de hilos retorcidos, siendo la **figura 2A** una fotografía de un pliegue análogo en el caso de hilos no retorcidos.

5 Las **figuras 3 y 4** representan unas vistas por arriba de pliegues de capa de hilos retorcidos.

La **figura 5** representa la referencia utilizada para la determinación de la orientación de los hilos dentro de una pieza, estando el 0° posicionado según el eje principal de la pieza.

10 La **figura 6** representa una pieza obtenida por apilamiento de pliegues.

La **figura 7** es una fotografía de un pliegue de capa de hilos retorcidos, en forma de un disco, análogo al presentado en la **figura 4**.

15 La **figura 8** representa esquemáticamente un dispositivo de depósito de una capa de hilos retorcidos.

Las **figuras 9A y 11** son unas vistas en perspectiva de piezas de acuerdo con la invención. La **figura 9B** es una vista según el corte **XIB** de la pieza presentada en la **figura 9A**.

20 La **figura 10** presenta, en forma de tablas, la evolución de los diámetros externos de los discos, así como los apilamientos realizados en el ejemplo 3 según la invención.

La **figura 12** presenta, en forma de tablas, la orientación de los discos, la evolución de su diámetro externo, así como los apilamientos realizados en el ejemplo comparativo C3.

25 La **figura 13** representa esquemáticamente un dispositivo que permite ensayar las prestaciones mecánicas en tracción de las piezas obtenidas.

30 Las **figuras 14 y 15** ilustran unas etapas preparatorias de la realización de los ensayos mecánicos en tracción.

Las **figuras 16A y 16B** presentan respectivamente unas fotografías de las piezas según el ejemplo comparativo C1 y según la invención, después del ensayo mecánico en tracción.

35 La **figura 17** es una fotografía de un pliegue de capa de hilos retorcidos, en forma de un disco, análogo al presentado en la **figura 4**.

40 En la "capa de hilos retorcidos" el hilo está retorcido de manera que por lo menos se compensen las diferencias de longitud que presentan las trayectorias extremas del hilo a uno y otro lado de su anchura medida paralelamente a la superficie de la capa. A nivel de la zona curva, el o los hilos de la capa de hilos retorcidos presentarán una trayectoria curva con, para cada hilo, unas trayectorias extremas del hilo a uno y otro lado de su anchura que tienen unas longitudes diferentes. Esta trayectoria curva está comprendida en un plano definido por los hilos que le son adyacentes. En particular, en el caso de una pieza sustancialmente plana, el pliegue de "capa de hilos retorcidos" podrá estar posicionado de manera que se extienda, a nivel de la región adyacente a un borde curvo, en un plano perpendicular al borde curvo. Así, la torsión aplicada sobre los hilos de la "capa de hilos retorcidos" permite evitar las ondulaciones debidas a las sobrelongitudes que se constatarían normalmente, en ausencia de torsión. En el marco de la invención, la aplicación de una torsión permite evitar las ondulaciones constatadas con el depósito de hilo no retorcido. La **figura 2** presenta dos fotografías: la **figura 2A** presenta un pliegue obtenido por depósito de hilos no retorcidos, mientras que la **figura 2B** presenta un pliegue obtenido por depósito de hilos retorcidos. En el segundo caso, el pliegue obtenido es más homogéneo y sin ondulación, ya que la torsión permite obtener una homogeneidad de la longitud de los filamentos en el interior del hilo.

55 En efecto, un hilo está constituido generalmente por un conjunto de hilos o filamentos y comprende, en general, en el caso de los hilos de carbono, de 3000 a 80000 filamentos, ventajosamente de 12000 a 24000 filamentos. Los hilos de refuerzo utilizados en el marco de la invención son de carbono. En unos modos de realización que no forman parte de la presente invención, los hilos son de un material seleccionado de entre las cerámicas, vidrios, sílices, basaltos, aramidas, o cualquier otro material utilizado en el campo de los materiales compuestos, pudiendo las fibras ser naturales o sintéticas. Las cerámicas que se pueden utilizar son, en particular, el carburo de silicio y los óxidos refractarios, por ejemplo, alúmina y zircona. De acuerdo con la invención, se utilizan unos hilos de carbono de 3 a 24K. Las fibras constitutivas pueden ser discontinuas, craqueadas o, preferentemente, continuas. 60 Los hilos utilizados presentan de manera general una sección recta transversal sustancialmente circular (conocidos como hilos redondos) o, preferentemente, de manera sustancialmente paralelepípedica o elíptica (calificados como hilos planos). Estos hilos presentan una cierta anchura y grosor. A título de ejemplo, un hilo plano, es decir, antes de la aplicación de la torsión, de carbono de 3K y de un título de 200 tex presenta generalmente una anchura de 1 a 3 mm, un hilo de carbono de 12K y de un título de 446 tex, una anchura de entre 2 y 5 mm; un hilo plano de 12K de un título de 800 tex, una anchura de entre 3 y 7 mm; un hilo plano de carbono de 24K y de un título de 1600 tex, una anchura de 5 a 12 mm y un hilo plano de carbono de 24K y de un título de 1040 tex, una anchura de 5 a 65

- 10 mm. Un hilo plano de carbono de 3000 a 24000 filamentos presentará, por lo tanto, la mayoría de las veces, una anchura de 1 a 12 mm. Entre los hilos de carbono, se pueden distinguir los hilos de Alta Resistencia (HR) cuyo módulo en tracción está comprendido entre 220 y 241 GPa y cuya tensión de ruptura en tracción está comprendida entre 3450 y 4830 MPa, los hilos de Módulo Intermedio (IM) cuyo módulo en tracción está comprendido entre 290 y 297 GPa y cuya tensión de ruptura en tracción está comprendida entre 3450 y 6200 MPa, y los Filos de Alto Módulo (HM) cuyo módulo en tracción está comprendido entre 345 y 448 GPa y cuya tensión de ruptura en tracción está comprendida entre 3450 y 5520 Pa (según el "ASM Handbook", ISBN 0-87170-703-9, ASM International, 2001).
- 5 Este resultado, a saber la ausencia de ondulación dentro de la "capa de hilos retorcidos" se alcanza de la siguiente manera:
- Según una primera solución alternativa de la presente invención, la "capa de hilos retorcidos" está realizada con por lo menos un hilo de carbono de 3K y de 300 tex que presenta una torsión de 10 a 70 vpm, preferentemente de 15 a 40 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm.
- 15 Según otra solución alternativa de la presente invención, la "capa de hilos retorcidos" está realizada con por lo menos un hilo de carbono de 6K y de 223 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 50 a 70 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm
- 20 Según aún otra solución alternativa de la presente invención, la "capa de hilos retorcidos" está realizada con por lo menos un hilo de carbono de 6K y de 400 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 40 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm
- 25 Según también otra solución alternativa de la presente invención, la "capa de hilos retorcidos" está realizada con por lo menos un hilo de carbono de 12K y de 446 tex que presenta una torsión de 10 a 80 vpm, preferentemente de 10 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm. Para un radio interno mínimo inferior a 50 mm, se aplica preferentemente una torsión superior a 40 vpm, y en particular inferior o igual a 60 vpm. Para un radio interno mínimo inferior a 50 mm, se aplica preferentemente una torsión inferior o igual a 40 vpm, en particular de 10 a 40 vpm.
- 30 Según también otra solución alternativa de la presente invención, la "capa de hilos retorcidos" está realizada con por lo menos un hilo de carbono de 24K y de 1040 tex, que presenta una torsión 10 a 40 vpm, preferentemente de 10 a 25 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 20 a 150 mm. En particular, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 20 a 40 mm, la torsión será superior a 20 vpm y cuando el radio interno sea superior a 40 mm, la torsión podrá ser inferior o igual a 20 vpm.
- 35 Según otro modo de realización particular, la "capa de hilos retorcidos" se puede realizar a partir de un único o de una serie de hilos de refuerzo cuya torsión es o bien de tipo S, o bien de tipo Z, preferentemente de tipo S cuando se efectúa el depósito, en la realización de la "capa de hilos retorcidos" sobre la zona curva de la trayectoria del o de los hilos, en el sentido horario. Para las definiciones de lo que se entiende por torsión de tipo S o Z, se podrá hacer referencia a la obra "Handbook of Weaving", p 16-17 de Sabit Adanur, Professor, department of Textil Engineering, Auburn, USA, ISBN 1-58716-013-7.
- 45 En otros modos de realización preferidos de la invención, los pliegues están compuestos por lo menos por un hilo de refuerzo que constituye una capa y el carácter coherente de cada pliegue puede ser asegurado directamente por el posicionamiento de los hilos en el caso de un tejido o en el caso de un unidireccional o de un multiaxial por costura o por un aglutinante polimérico, que actúa por pegado, seleccionado de entre los polímeros termoendurecibles, los polímeros termoplásticos y las mezclas de dichos polímeros, eventualmente en forma de polvo, o de resina autoadhesiva o "hot-melt". En el caso de los pliegues de capa de hilos retorcidos, los hilos están asociados entre sí dentro de la capa gracias a un aglutinante polimérico, que actúa por pegado.
- 50 Según un modo de realización de la invención, el conjunto de los pliegues presenta un porcentaje en masa de aglutinante polimérico con respecto a la masa total de los pliegues (es decir hilos de refuerzo + aglutinante polimérico) comprendido en el intervalo que va de 0,1 a 25% y ventajosamente de 3 a 10%.
- 55 Según otro modo de realización de la invención, el conjunto de los pliegues presenta un porcentaje en masa de aglutinante polimérico con respecto a la masa total de los pliegues (es decir hilos de refuerzo + aglutinante polimérico) comprendido en el intervalo que va de 20 a 60% y ventajosamente de 30 a 40%.
- 60 Estos porcentajes se proporcionan para el conjunto total de los pliegues, pudiendo cada pliegue presentar evidentemente una tasa de aglutinante polimérico diferente. No obstante, de manera ventajosa, el porcentaje de
- 65

aglutinante que contiene cada pliegue será relativamente homogéneo.

Según una variante de realización de la invención, el procedimiento según la invención se lleva a cabo para la realización de una pieza compuesta que comprende un borde curvo que delimita una abertura y comprende por lo menos una etapa de plegado o de apilamiento, sobre por lo menos una zona adyacente a este borde curvo, de por lo menos un pliegue de material compuesto, que comprende una capa, denominada "capa de hilos retorcidos" compuesta por lo menos por un hilo de refuerzo retorcido, que se extiende según una trayectoria sustancialmente paralela al borde curvo.

Para la realización de este tipo de piezas en particular, la "capa de hilos retorcidos" está compuesta, por ejemplo, por un único hilo retorcido depositado borde con borde según unas trayectorias sustancialmente paralelas unas a las otras o por una serie de hilos retorcidos que se extienden paralelos entre sí y unos junto a otros.

Según un modo de realización particular, la "capa de hilos retorcidos" está compuesta por una espiral de hilos retorcidos, estando cada espira junto a la siguiente.

En particular, la "capa de hilos retorcidos" está compuesta por un único hilo retorcido depositado borde con borde según unas trayectorias sustancialmente paralelas unas a las otras (con la excepción de los puntos de media vuelta) o por una serie de hilos retorcidos depositados paralelos entre sí y unos juntos a otros. En función de las posibilidades permitidas por el gramaje, el título y la torsión de los hilos utilizados, los hilos están posicionados para minimizar, incluso evitar, la presencia de espacios entre dos hilos próximos. Este ejemplo de realización en el que el pliegue se presenta en forma de una cinta curva está ilustrado por ejemplo, de manera esquemática, en la **figura 3**. Según un ejemplo de realización, un hilo está depositado de manera que forme una espiral de hilos retorcidos, siendo cada espira depositada borde con borde con la siguiente. Este ejemplo de realización en el que el pliegue se presenta en forma de un disco está ilustrado, por ejemplo, de manera esquemática en la **figura 4**. Dichas "capas retorcidas" se pueden obtener por depósito de hilos retorcidos sobre una superficie no plana, o preferentemente sobre una superficie plana, cuando la pieza compuesta a realizar presenta una superficie sustancialmente plana.

En el marco de la invención, el procedimiento comprende unas etapas de apilamiento o de plegado de otros pliegues, por ejemplo de pliegues de capas unidireccionales, de multiaxiales, y/o de tejidos. Estos pliegues son recortados de manera que presenten la forma deseada, en particular a nivel de la zona o del borde curvo de la pieza. Es posible alternar pliegue de "capa de hilos retorcidos" con otro pliegue o bien insertar un pliegue de "capa de hilos retorcidos" entre una serie de dos, tres, cuatro u otros pliegues más. A nivel de la zona curva, uno o varios pliegues de capa de hilos retorcidos podrán ser apilados o plegados. El pliegue o los pliegues de "capa de hilos retorcidos" puede o pueden estar posiciones localmente, es decir únicamente cerca de una zona adyacente a un borde curvo, o también, extenderse por toda la longitud de la pieza.

De manera ventajosa, las etapas de apilamiento o de plegado de pliegues de capas unidireccionales o de tejidos se realizan orientando los hilos de las capas, de manera que se obtengan unos porcentajes máxicos de fibras dentro de los pliegues de la pieza compuesta diferentes de los pliegues de "capa de hilos retorcidos", orientadas en las direcciones que hacen un ángulo de 0°, 45° y 135° (con isoproporción de 45 y 135°), y 90° con el eje principal de la pieza, de 25/50/25, 40/40/20, 50/40/10 o 10/80/10. El eje principal de la pieza es generalmente el eje más grande de la pieza. El 0° se confunde con este eje y los ángulos 45, 35 y 90° están representados en la **figura 5**. En la mayoría de los casos, el porcentaje que corresponde a las orientaciones 45° y 135° está repartido, a partes iguales, entre estas dos orientaciones. La elección de las orientaciones 40/40/20, 50/40/10, permite optimizar las prestaciones de la pieza obtenidas en función de las tensiones a las que está sometida la pieza y la ganancia de masa deseada. Con una orientación 25/50/25, la pieza obtenida, ya sea mediante un procedimiento directo o indirecto, es casi isotropa, y ninguna dirección es privilegiada. La orientación 40/40/20 será principalmente utilizada con unos pliegues de capas unidireccionales preimpregnadas, por ejemplo de 134 g/m<sup>2</sup>, 194 g/m<sup>2</sup> o 268 g/m<sup>2</sup>, para la obtención de piezas por procedimiento indirecto. La orientación 50/40/10 se utilizará principalmente con unos pliegues de multiaxiales o de tejidos, para la obtención de piezas por procedimiento directo o indirecto. El plegado 50/40/10 podrá ser utilizado también para unas capas de gramaje inferior o igual a 220 g/m<sup>2</sup>. La orientación 10/80/10 conduce a unas piezas fuertemente orientadas y se utilizará, por ejemplo, para unas aplicaciones de tipo vigueta o viga, en las que se producen fuertes sollicitaciones en torsión.

El procedimiento según la invención se puede llevar a cabo para la realización de cualquier tipo de elementos de refuerzo destinado a ser posicionado en el borde de una abertura o a servir de refuerzo de zonas agujereadas, de piezas que necesitan un refuerzo local curvo, o de piezas que comprenden una abertura que necesita un refuerzo local curvo, tales como unos elementos de refuerzo de marco de esquina de puerta, trampilla de acceso, registro de acceso o trampilla de inspección, marcos de ventanilla o de parabrisas, soportes de biela, enganches de bielas, orificios mecanizados para ensamblaje, piezas de enganche o piezas que comprenden cualquier otra zona de introducción de carga, tal como una zona de fijación.

La presente invención tiene también por objeto las piezas compuestas de acuerdo con la reivindicación 11.

Según un modo de realización particular, la zona curva corresponde a un borde curvo de la pieza y los hilos retorcidos de la capa de hilos retorcidos se extienden según una trayectoria sustancialmente paralela al borde curvo. Este modo de realización está ilustrado, por ejemplo, en la **figura 6**. Un borde externo **1** de la “capa de hilos retorcidos” **2** constituye, con los bordes externos **3<sub>1</sub>** a **3<sub>n</sub>** de las otras capas **4<sub>1</sub>** a **4<sub>n</sub>** sobre las cuales está apilado, el borde curvado **5** de la pieza **1**. En particular, en el caso de una pieza sustancialmente plana, la “capa de hilos retorcidos” está posicionada de manera que se extienda en un plano sustancialmente perpendicular al borde curvo. La o las “capas retorcidas” puede o pueden ser posicionadas locamente, es decir únicamente cerca de una zona adyacente a una zona o un borde curvo de la pieza como será el caso del ejemplo 3a), que se detallará más con mayor detalle a continuación, o también, extenderse por toda la superficie de la pieza.

De manera ventajosa, cada “capa de hilos retorcidos” está constituida por un solo y único hilo o por una serie de hilos que presentan todos, sustancialmente, la misma composición, anchura y torsión. Todas las variantes, descritas anteriormente para el procedimiento según la invención, se aplican *mutatis mutandis* a las piezas compuestas según la invención.

En un primer momento, se detallará la constitución de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”. En el marco de la invención, para la realización de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”, se aplica al hilo una torsión determinada antes de su depósito. Esta torsión puede, por ejemplo, ser obtenida por medio de una máquina para retorcer. En teoría, para evitar las sobrelongitudes de filamentos, bastaría con aplicar una torsión de 1 vuelta a repartir sobre la longitud de la trayectoria sobre la cual el hilo presenta unas trayectorias extremas diferentes (que corresponden a las trayectorias de los bordes externos del hilo). En la práctica, el pegado del hilo y la reorganización de los filamentos en el interior de éste en su depósito permite aplicar una torsión diferente de una vuelta por longitud de trayectoria. A título de ejemplo, se podrá aplicar una torsión de 5 a 100 vpm, preferentemente de 10 a 80 vpm.

De acuerdo con la invención, en el caso de un hilo de carbono de 3K y de título de 200 tex, se aplicará una torsión de 10 a 70 vpm, de manera preferida de 15 a 40 vpm; en el caso de un hilo de carbono de 6K y de 223 tex, se aplicará una torsión de 15 a 80 vpm, de manera preferida de 50 a 70 vpm; en el caso de un hilo de carbono de 6K y de 400 tex, se aplicará una torsión de 15 a 80 vpm, de manera preferida de 40 a 60 vpm; en el caso de un hilo de carbono de 12K y de 446 tex, se aplicará una torsión de 10 a 80 vpm, de manera preferida de 10 a 60; y, en el caso de un hilo de carbono de 24K y de 1040 tex se aplicará una torsión de 10 a 40 vpm, de manera preferida de 10 a 25 vpm.

La anchura y el título del hilo corresponden, o bien a la anchura media medida del hilo, o bien a los datos del proveedor. El radio mínimo de la trayectoria interna del hilo se determina de la siguiente manera. Se calcula en toda la trayectoria del hilo, para cada zona en las que la trayectoria sobre la superficie de depósito no es rectilínea, el radio de la trayectoria interna  $T_1$  del hilo y se toma el radio más pequeño obtenido en el conjunto de estas zonas. Cuando se deposita una serie de hilos paralelos entre sí, de manera simultánea o sucesiva, se aplicará, preferentemente, a cada uno de los hilos una única e igual torsión.

La torsión aplicada será ajustará por el experto en la materia en función del radio mínimo interno (el radio más pequeño que toman los bordes internos del hilo) y del radio máximo externo (el radio más grande que toman los bordes externos del hilo) que presenta el o los hilos en el conjunto de la “capa de hilos retorcidos” a realizar, de los espacios dejados libres entre dos hilos consecutivos, así como del título del hilo y de la masa de superficie de carbono deseada. De manera preferida, se aplicará una torsión suficiente para minimizar, incluso eliminar por completo las ondulaciones, pero la menor posible con el fin de optimizar las prestaciones mecánicas del material obtenido.

De manera preferida, la “capa de hilos retorcidos” se realiza con un mínimo de hilos necesarios para minimizar los puntos de interrupción. Cuando se depositan varios hilos paralelos unos a otros, de manera simultánea o sucesiva, se aplicará, preferentemente, la misma torsión a todos los hilos constitutivos de la “capa de hilos retorcidos” y ello, de manera individual. Para determinar la torsión a aplicar, se aplicará, preferentemente, al conjunto de los hilos, la torsión necesaria para obtener un depósito satisfactorio a nivel de la trayectoria del hilo que presenta el radio de curvatura interno mínimo, siendo esta torsión necesariamente suficiente para obtener un depósito sin ondulación en las partes de la trayectoria en la que el hilo (o los demás hilos) presenta un radio de curvatura interno superior. Se prestará una atención especial a la ausencia de espacios libres entre los hilos y, en particular, a las zonas próximas a su radio externo máximo.

Cuando tiene lugar la constitución de un pliegue de “capa de hilos retorcidos” el o los hilos son depositados sobre una superficie de depósito. La unión de los hilos sobre la superficie de depósito se realiza mediante encolado, por medio de un aglutinante polimérico. No se realiza ninguna unión mediante costura o tricotado. Por aglutinante polimérico, se entiende una composición polimérica que contiene un polímero o una mezcla de polímeros, en particular un polímero termoplástico o un sistema termoendurecible que comprende o no un endurecedor y/o un acelerador. El aglutinante polimérico se puede utilizar o bien en cantidad justa suficiente para unir los hilos a la superficie sobre la que se depositan, o bien en cantidad suficiente para desempeñar también la función de matriz en la pieza compuesta final: el aglutinante representa, entonces, de 20 a 60%, preferentemente, de 30 a 40% de la masa total del refuerzo fibroso (es decir, hilos de refuerzo + aglutinante polimérico). El aglutinante polimérico se

puede presentar, en particular, en forma de un polvo, de una película, de un velo o de un hilo de unión termofusible.

El pliegue puede ser directamente obtenido con el porcentaje de aglutinante deseado o bien sufrir antes de su plegado o apilamiento, una etapa intermedia de impregnación para obtener el porcentaje deseado, según un ciclo de temperatura y de presión dependiendo de la naturaleza de la resina termoendurecible, termoplástica o de la mezcla de las dos utilizadas, y conocidas por el experto en la materia. Es posible también, en algunos casos, en particular en el caso de la utilización de un velo o de una película, incluso cuando el porcentaje de aglutinante polimérico corresponde a la tasa final deseada, efectuar una etapa intermedia de tratamiento térmico, con el fin de impregnar los hilos.

Según un modo de realización preferido de una "capa de hilos retorcidos" utilizado en el marco de la invención, los hilos utilizados pueden estar secos antes del depósito, es decir que no están ni impregnados, ni revestidos, ni asociados a cualquier aglutinante polimérico antes de su paso por los dispositivos de torsión, ni, preferentemente, antes de su depósito. En efecto, de manera ventajosa, con el fin de controlar mejor el depósito del hilo, se aplicará sobre un hilo seco. Asimismo, el hilo retorcido está constituido esencialmente por fibras o por filamentos que representan por lo menos el 98% de su masa, pudiendo la tasa másica de ensimaje estándar representar como mucho el 2% de la masa del hilo. En este caso, el aglutinante polimérico se aplica, por ejemplo, sobre la superficie de depósito, o bien aguas arriba del depósito, o bien a medida que tiene lugar el depósito. La superficie de depósito puede estar, por lo tanto, recubierta con una película, con un velo o con un polvo de aglutinante polimérico.

Según una forma de realización preferida de un pliegue de "capa de hilos retorcidos", se utiliza, como aglutinante polimérico, un polvo termoplástico o un polvo termoendurecible o también una mezcla de los dos. Entre los polvos termoplásticos que se pueden utilizar, se pueden citar a título de ejemplos no limitativos, los polvos de poliolefina, de poliamida, de polietersulfona (PES), de Poli(Sulfuro de Fenileno) (PPS), PoliEterEterCetona (PEEK) o Polietierimida (PEI), mientras que, entre los polvos termoendurecibles se pueden citar, a título de ejemplos no limitativos, los polvos de polímeros epóxidos con o sin agente endurecedor, los polvos fenólicos y los polvos de poliéster. El procedimiento prevé entonces garantizar un calentamiento de la zona de depósito del hilo de refuerzo. Este calentamiento se puede realizar a nivel del punto de depósito del hilo de refuerzo mediante una resistencia de calentamiento integrada en el dispositivo de depósito del hilo, o bien por medio de una fuente de radiación de calor dirigida hacia la zona de depósito del hilo de refuerzo.

Para la realización de un pliegue de "capa de hilos retorcidos", se puede utilizar también una superficie de soporte temporal previamente recubierta, por lo menos en parte, por un aglutinante polimérico seleccionado de entre los polvos termoplásticos y termoendurecibles, eventualmente en mezcla, los pegamentos autoadhesivos, o los pegamentos "hot-melt", los velos termoplásticos y termoendurecibles, eventualmente en mezcla, que necesitan una activación térmica.

Para la realización de un pliegue de "capa de hilos retorcidos", también es posible utilizar, como aglutinante polimérico, una cola, de la misma naturaleza química que los polvos anteriores, utilizada en forma fundida también denominada "hot-melt". Esta resina "hot-melt" se deposita entonces sobre el soporte de depósito, o bien a medida que tiene lugar el depósito del hilo de refuerzo y aguas arriba del depósito del hilo de refuerzo, o bien en una etapa anterior.

Según otro modo de realización, para la realización de un pliegue de "capa de hilos retorcidos", se utiliza, como aglutinante polimérico, una solución o una emulsión pulverizable de por lo menos una resina adhesiva, tal como, por ejemplo, pero no exclusivamente, una resina poliacrílica, polivinílica o de poliuretano.

Según otro modo de realización no obstante no preferido, para la realización de un pliegue de "capa de hilos retorcidos", es posible asociar el hilo con el aglutinante polimérico, aguas arriba de su depósito. Esto se puede llevar a cabo mediante la utilización de un hilo termoplástico revestido sobre el hilo de refuerzo que está calentado entonces a nivel de su punto de depósito. El hilo termoplástico puede ser de cualquier naturaleza apropiada y, por ejemplo, pero no exclusivamente, comprender un hilo de Poliamida, Poliolefina, Polietersulfona (PES), PolietereCetona (PEEK), Poli(Pulfuro de Fenileno) (PPS) o Polietierimida (PEI). También es posible utilizar un aglutinante polimérico, íntimamente unido al hilo de refuerzo para formar un hilo de refuerzo híbrido. De este modo, es posible utilizar, como aglutinante polimérico, unos filamentos de material termoplástico o termoendurecible, por ejemplo de la familia de los fenoxi, de la misma naturaleza que los hilos termoplásticos anteriores, que se mezclarán con unos filamentos de material de refuerzo, mezcla que se hilará para formar un hilo de refuerzo híbrido.

En la constitución de un pliegue de capa de hilos retorcidos, se deposita el hilo de refuerzo, preferentemente, de manera continua o, por el contrario, en segmentos discontinuos. Es ventajoso, por ejemplo, en el caso de un depósito de un hilo en espiral, depositar el hilo de manera continua, sobre la longitud máxima del hilo, de manera que se minimicen, e incluso se eviten los puntos de corte. Según un ejemplo de realización, se deposita un hilo de manera que forme una espiral de hilos retorcidos, estando cada espira depositada borde con borde con la siguiente. Un ejemplo de realización de este tipo en el que la "capa de hilos retorcidos" se presenta en forma de un disco, está ilustrado, por ejemplo, de manera esquemática en la **figura 4**. En el caso de la realización de "capa de hilos retorcidos" que presenta una parte rectilínea y una parte denominada en esquina, en forma de una cinta curva, en



la que se depositan los hilos según una porción de arco de círculo como se presenta en la **figura 2B** o **3**, podrá resultar ventajoso depositar de manera simultánea una serie de hilos paralelos, de manera que cubran de una sola vez la anchura de la “capa de hilos retorcidos” deseada.

5 Con el fin de poder dar con precisión la trayectoria deseada al hilo en la constitución de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”, y que éste la conserve después de su depósito, será llevado, sin tensión o con un mínimo de tensión, hasta el punto de depósito, de manera que sea depositado en estado de reposo.

10 Cuando tiene lugar la constitución de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”, en función de la naturaleza del hilo de refuerzo y del aglutinante polimérico utilizado, se aplicará sobre el hilo de refuerzo, durante su depósito, una presión comprendida entre 0,01 bar y 30 bar, y, preferentemente, comprendida entre 0,1 bar y 1 bar. Asimismo, según la naturaleza del aglutinante polimérico utilizado y del hilo de refuerzo y, de manera más particular, en caso de utilización de un aglutinante polimérico termoplástico o termoadhesivo, el punto de depósito del hilo de refuerzo se calentará a una temperatura comprendida entre 50°C y 450°C, y, preferentemente, comprendida entre 50°C y 150°C.

15 La constitución de la pieza compuesta necesita el plegado y el apilamiento de otros pliegues, además del o de los pliegues de “capa de hilos retorcidos”. Para los otros pliegues, en particular que comprenden una capa unidireccional o multiaxial, los hilos estarán asociados también lo más frecuentemente, dentro de cada pliegue, por una costura o también por pegado gracias a un aglutinante polimérico tal como el definido anteriormente, cuyo porcentaje en masa se selecciona en función del procedimiento directo o indirecto seleccionado para la realización de la pieza final. En el caso de pliegue de capa tejida, la presencia de un aglutinante polimérico no es necesaria, pudiendo la cohesión de la capa ser asegurada por el tejido. El aglutinante permite también, si es necesario, asegurar el mantenimiento de los pliegues entre sí, en la constitución intermedia de una preforma, en el caso de los procedimientos directos, o bien gracias a la pegajosidad (comúnmente denominada “tack”) del aglutinante polimérico a temperatura ambiente, en el caso de los procedimientos indirectos.

20 A continuación, si la cantidad de aglutinante polimérico presente en el conjunto de los pliegues no es suficiente para realizar la matriz polimérica (caso de un procedimiento directo), se añade entonces una resina o matriz, de tipo termoplástico, termoendurecible o una mezcla de los dos, por ejemplo por inyección en el molde que contiene los pliegues (procedimiento “RTM” del inglés Resin Transfer Molding), por infusión (en un molde, a través del grosor de los pliegues: procedimiento “LRI”, del inglés Liquid Resin Infusion o procedimiento “RFI”, del inglés Resin Film Infusion), o también por recubrimiento/impregnación manual con rodillo o con pincel, sobre cada uno de los pliegues, aplicadas de manera sucesiva sobre la forma del molde utilizado. La matriz utilizada puede ser de misma naturaleza que el aglutinante polimérico o por lo menos, compatible con este último. Si los diferentes pliegues utilizados son unos preimpregnados que contienen una cantidad de aglutinante polimérico suficiente para la realización de la pieza, no es necesario añadir una matriz polimérica complementaria, estando la matriz polimérica constituida entonces por el aglutinante polimérico presente en los pliegues de preimpregnados. Los pliegues de preimpregnados pueden estar directamente proporcionados con la tasa de aglutinante polimérico deseada o ser sometidos previamente a su plegado o apilamiento, a una etapa intermedia de impregnación según un ciclo de temperatura y de presión dependiendo de la naturaleza de la resina termoendurecible, termoplástica o de la mezcla de las dos, y conocida por el experto en la materia. Es posible asimismo, en algunos casos, en particular en el caso de la utilización de un velo o de una película, incluso cuando la tasa de aglutinante polimérico corresponde a la tasa final deseada, efectuar una etapa intermedia de tratamiento térmico, con el fin de impregnar los hilos.

25 La pieza compuesta se obtiene a continuación tras una etapa de tratamiento térmico.

30 Al final, para las matrices termoendurecibles, la pieza compuesta se obtiene según un ciclo habitual de tratamiento térmico de los polímeros considerados recomendado por los proveedores de estos polímeros, y conocido por el experto en la materia. Esta etapa ulterior de tratamiento térmico, que conduce al polímero termoduro correspondiente, se emplea habitualmente en los diferentes procedimientos de realización de piezas compuestas de la técnica anterior.

35 Para los polímeros termoplásticos, la pieza compuesta se obtiene generalmente mediante un ciclo de consolidación habitual de los polímeros considerados, efectuando un tratamiento térmico a una temperatura superior en particular al punto de fusión, recomendado por los proveedores de estos polímeros, y conocida por el experto en la materia.

Los ejemplos siguientes permiten ilustrar la invención.

#### 60 **Ejemplo 1 de realización de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”**

Se realiza una espiral tal como la representada en la representación esquemática de la **figura 4** o en la fotografía de la **figura 7**, de diámetro  $D_i$  interno de 15 mm y de diámetro externo  $D_e$  mediante el depósito de hilo de carbono 3K de 200 tex (HTA 5131 de la compañía Tenax) retorcido con una torsión de 50 vpm. El paso  $p$  de depósito entre 2 trayectorias medias consecutivas es de 0,98 mm. El hilo se deposita en forma de una espiral sobre un papel de silicona empolvado con 15 g/m<sup>2</sup> con una resina epoxi que contiene un endurecedor (E01, de la compañía Hexcel).

El pliegue obtenido presenta un grosor de 0,2 mm.

Se utiliza el dispositivo esquematizado en la **figura 8**. El hilo **F** es llevado sin tensión a nivel del dedo de depósito **11** en el que está integrada una resistencia de calentamiento **12** a una temperatura de 300°C. El hilo se aplica sobre la superficie por medio de un rodillo aplicador **13** de 2 mm de radio con una presión en contacto de 10 KPa. La velocidad de desfile del hilo está sincronizada con la velocidad de avance del dedo de depósito, que es de 20 mm/s. Aguas abajo del punto de depósito, se aplica un elemento de enfriamiento **14** sobre el hilo de manera que aplique sobre este último una presión de 10 KPa.

Del mismo modo, se realiza una espiral tal como la representada en la representación esquemática de la **figura 4** y presentada parcialmente en la fotografía de la **figura 17**, con un diámetro  $D_i$  interno de 40 mm y con un diámetro externo  $D_e$ , mediante depósito de hilo de carbono 24K de 1040 tex (T800S, de la compañía Toray) retorcido con una torsión de 22 vpm. El paso  $p$  de depósito entre 2 trayectorias medias consecutivas es de 3,88 mm. El hilo se coloca según una espiral sobre una película de resina epoxi (Hexply M21, de la compañía Hexcel) con una densidad de superficie igual a 72 g/m<sup>2</sup>. La preforma que se obtiene presenta un grosor medio de 0,25 mm.

**Ejemplo 2 de realización de un pliegue de “capa de hilos retorcidos”**

Utilizando un dispositivo análogo al anterior, que permite el depósito simultáneo de 23 hilos, se realiza un pliegue de “capa de hilos retorcidos” destinado a reforzar una esquina de puerta, tal como se ilustra en la representación esquemática de la **figura 3**: en un ángulo de 90° se realiza un arco de círculo con un diámetro interno igual a 95 mm y con un diámetro externo igual a 475 mm mediante depósito de hilos de carbono 12K de 446 tex (IM7-6000, de la compañía Hexcel) retorcidos con una torsión de 17 vpm. El paso de depósito, espacio entre las fibras medianas de dos hilos consecutivos es de 1,65 mm. El depósito se realiza sobre una película de resina epoxi (Hexply 8552, de la compañía Hexcel) con una densidad igual a 72 g/m<sup>2</sup>.

El pliegue obtenido presenta un grosor medio de 0,25 mm.

**Ejemplo 3 de realización de una pieza de tipo soporte de biela**

Se realiza una pieza de acuerdo con el procedimiento de la invención y se comparan sus propiedades mecánicas con otras tres piezas obtenidas según otros procedimientos.

a) Soporte de biela fabricado según el procedimiento de la invención

Se realiza una pieza de acuerdo con la pieza presentada en las **figuras 9A y 9B**, mediante plegado de pliegues de capa unidireccional y de pliegues de “capa de hilos retorcidos” realizados de acuerdo con el ejemplo 1 a nivel de las dos aberturas **100** y **101**, de manera que se obtenga una orientación de las fibras de 50/40/10.

Se utilizan 27 pliegues de capas retorcidas: estos pliegues están realizados por depósito de una espiral de 205 g/m<sup>2</sup> de hilos de carbono HTA 5131 3K de diámetro interno de 22 mm y de diámetros externos evolutivos como se representa en la **figura 10**, sobre un papel de silicona empolvado con 10 g/m<sup>2</sup> con una resina epoxi que contiene un endurecedor (E01, de la compañía Hexcel). El depósito se recubre entonces con otro papel siliconado idéntico. Los dos papeles son, por supuesto, retirados antes del plegado.

Las capas unidireccionales utilizadas están constituidas a partir de hilos de carbono HTA 5131 6K, y tienen una masa de superficie de 264 g/m<sup>2</sup> o de 105 g/m<sup>2</sup>. En una cara de la capa, se deposita un hilo termoadhesivo de la familia de los poliésteres que se extiende transversalmente a los hilos de carbono, con un paso de espaciado de 50 mm. Cada una de las caras del conjunto de capa de hilos de carbono, hilos termoadhesivos, está recubierta de un polvo de resina epoxi E01 (Hexcel), a razón de 2 veces 10 g/m<sup>2</sup>.

Estas capas unidireccionales son apiladas según una secuencia **A** que corresponde a 1053 g/m<sup>2</sup> presentada en la **tabla 1** siguiente

Tabla 1

Ángulo	g/m <sup>2</sup>		
45	105	}	
0	264		
135	105		
90	105		
135	105		
0	264		
45	105		

Se apilan 14 secuencias A y 27 pliegues de “capa de hilos retorcidos” para la realización de la pieza compuesta. Los pliegues de “capa de hilos retorcidos” son insertados en el seno de las secuencias A como se presenta en la **figura 10** que muestra el apilamiento de pliegues realizado.

5 **b) Ejemplo comparativo C1**

Se realiza una pieza de acuerdo con la pieza presentada en la **figura 11** por plegado de pliegues de tejidos, de manera que se obtenga una orientación de las fibras de 50/40/10.

10 Los pliegues de tejidos utilizados son los siguientes:

- Tejido B (Tafetán 205 g/m<sup>2</sup> de hilos de carbono en urdimbre y en trama 3K HR empolvado con Hexcel E01 10 g/m<sup>2</sup>)
- 15 ▪ Tejido C (Tafetán Unidireccional 290 g/m<sup>2</sup> 6K de hilos de carbono HR en urdimbre, Vidrio E 34 Tex en trama, empolvado con Hexcel E01 2x10 g/m<sup>2</sup>)

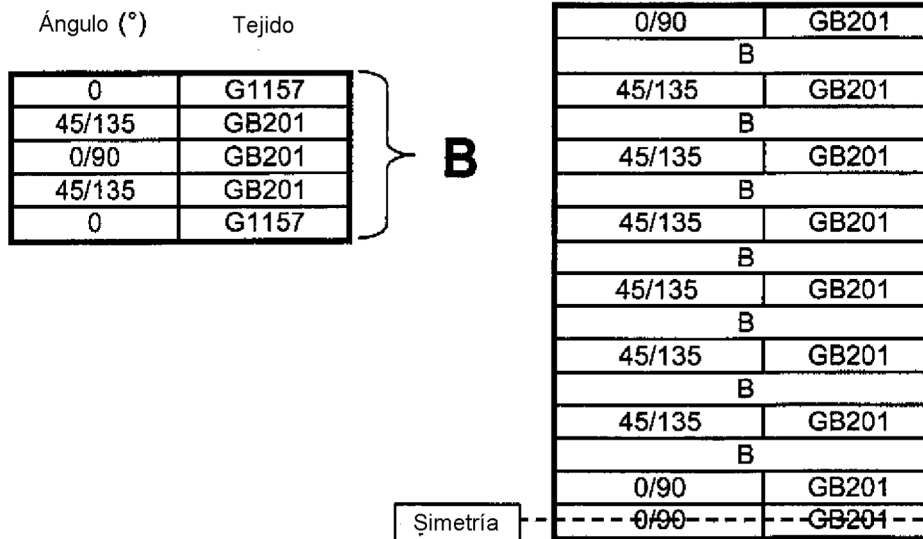
La **tabla 2** siguiente presenta los diferentes pliegues utilizados.

20 Tabla 2

		Masa total g/m <sup>2</sup>	%
0°	28 pliegues de G1157 + 19 semi-pliegues de GB201	10067,5	49,8
45°/135°	40 pliegues de GB201	8200	40,6
90°	19 semi-pliegues de GB201	1947,5	9,6

La **tabla 3** siguiente presenta las etapas de apilamiento utilizadas para la realización de la pieza.

25 Tabla 3



30 **c) Ejemplo comparativo C2**

Se realiza una pieza de acuerdo con la pieza presentada en la **figura 11** por plegado de pliegues de capa unidireccional por apilamiento de 19 secuencias A tales como las descritas en el ejemplo 3), de manera que se obtenga una orientación de las fibras de 50/40/10.

35 **d) Ejemplo comparativo C3**

Se realiza una pieza de acuerdo con la pieza presentada en las **figuras 9A y 9B** de acuerdo con el ejemplo 3 a), de manera que se obtenga una orientación de las fibras de 50/40/10, sustituyendo los pliegues de “capa de hilos retorcidos” a nivel de las dos aberturas **100** y **101** por unos discos de diámetro interno de 22 mm y de diámetros externos evolutivos como se presenta en la **figura 12**, recortados en una capa tejida de 205 g/m<sup>2</sup> Tejido B (Tafetán 205 g/m<sup>2</sup> 3K HR) E01 2x10 g/m<sup>2</sup>.

La orientación de los discos, la evolución de su diámetro externo, así como los apilamientos realizados se presentan en la **figura 12**.

5 Para cada uno de los ejemplos anteriores, las etapas de apilamiento se realizan en un molde en dos partes, de forma adaptada a la pieza a realizar y la pieza final se obtiene a continuación según un procedimiento RTM aplicando las etapas sucesivas siguientes:

10 ➤ **Antes de la inyección:**

- Conexión de una bomba de vacío a uno de los extremos del molde para verificar la compactación de la preforma con el fin de aprehender los caminos preferentes de resina.
- Subida de temperatura bajo prensa: 5°C/min

15 ➤ **Inyección**

- la inyección se lleva a cabo por medio de un tapón presente en el molde, con una resina Hexcel RTM6
- Presión de entrada: 2,5 bar
- Vacío en salida: 5 mbar

20 ➤ **Cocción**

- Cocción: 2h00 a 180°C

25 ➤ **Enfriamiento antes del desmoldeo:**

- Pendiente de enfriamiento: 5°C/min

30 Las piezas finales obtenidas presentan las características siguientes, presentadas en la **tabla 4**.

Tabla 4

Pieza	Masa	Variación de masa	Tasa en volumen de fibras
Soporte de biela fabricado según el procedimiento de la invención	154 g	- 15%	61%
Ejemplo comparativo C1	182 g	referencia	61%
Ejemplo comparativo C2	183 g	+1%	61%
Ejemplo comparativo C3	154	-15%	61%

35 Se han realizado unos ensayos mecánicos sobre cada una de las piezas posicionando la pieza entre dos mordazas de apriete unidas por unos tornillos que permite el apriete de la pieza entre las dos mordazas. Se aplica una carga de tracción sobre la pieza utilizando un dispositivo tal como el ilustrado en la **figura 13**. Se posiciona un indicador de nivel **110**, llevado por una cinta adhesiva indeformable **111**, sobre un borde lateral **112** de la pieza, por medio de un pegamento, de manera que coincida con un punto de referencia **113** directamente llevado sobre la pieza, como se ilustra en la **figura 14**. Se retira a continuación la cinta adhesiva, permaneciendo entonces el indicador de nivel pegado sobre la pieza. Se pegan después unos talones de vidrio **121** y **122** a uno y otro lado de la pieza sobre su parte central **123**, tal como se ilustra en la **figura 15**. Estos talones sirven para mantener encastrada la parte central de la pieza, son de vidrio, referencia Hexcel 914/644. El pegamento es el Structil Hysol® EA 9321. La polimerización del pegamento se efectúa a temperatura ambiente durante 10 días.

45 Los ensayos se realizan de la manera siguiente:

50 ➤ **Condiciones de ensayos**

- Dartec 30 T Sensor 10 T
- Material de adquisición de las deformaciones HBM Spider 8
- Indicadores de nivel Vishay 062UW 350
- Velocidad de avance de la traviesa: 0,016 mm/s es decir 0,96 mm/min

55 ➤ **Procedimiento**

- Colocación de la pieza en las mordazas de apriete. Apriete de los 6 tornillos al par de 10 DaN/tornillo
- Colocación de las “mordazas + pieza” en el soporte
- 5     ▪ Posicionamiento de la travesa de Dartec para permitir la colocación del eje Titane que une la Z.O. y el soporte de visualización
- Puesta a cero de las deformaciones de los indicadores de nivel
- 10    ▪ Inicio del ensayo en tracción

Los resultados mecánicos obtenidos se presentan en la **tabla 5** siguiente.

Tabla 5

	Carga media a la ruptura en KN	Carga a la ruptura relativa (con respecto al ej. Comparativo C1)	Desviación estándar en KN	Coefficiente de variación
Ej. Comparativo C1	136,5	/	3,2	2,3%
Ej. Comparativo C2	134,8	-1,20%	9,7	7,2%
Ej. Comparativo C3	127,1	-6,90%	12,2	9,6%
Biela según la invención	148,4	+8,7%	12	8,1%

Las **figuras 16A y 16B** presentan respectivamente unas fotografías de las piezas según el ejemplo comparativo C1 y según la invención, después del ensayo en tracción.

- 20 Las propiedades mecánicas de los hilos retorcidos se verificaron independientemente de los ensayos antes citados. Los ensayos se realizaron según los ensayos estándares descritos en la **tabla 6**, con unas muestras realizadas a base de preimpregnados unidireccionales de hilos de carbono Hexcel IMA GS 12K, lote nº 3733-6G, a 268 g/m<sup>2</sup>, impregnados con una resina: Hexcel M21E, lote nº 71087-71088. Las capas preimpregnadas utilizadas para efectuar las placas ensayadas se realizaron con unos hilos no retorcidos y retorcidos a 17 vpm según el modo de la invención.
- 25

Estas capas se apilaron y después se cocieron según las recomendaciones descritas en las normas citadas.

El lote 1 corresponde a la utilización de hilos no retorcidos.

- 30 El lote 2 corresponde a la utilización de hilos retorcidos a 17 vueltas/metro.

La **tabla 6** presenta los ensayos realizados y los resultados obtenidos.

35 Tabla 6

Ensayo	T/condiciones	Lote	Media	Desv. Est. %
Resistencia a la tracción [MPa] [0]8, EN 2561 A	TA/s	1	<b>100</b>	7,4
	TA/s	2	<b>113</b>	2,8
Módulo en tracción [GPa] [0]8, EN 2561 A	TA/s	1	<b>100</b>	1,2
	TA/s	2	<b>102</b>	1,4
Resistencia en compresión [MPa] [0]8, EN 2850 B	TA/s	1	<b>100</b>	19,2
	TA/s	2	<b>104</b>	9,0
Módulo en compresión [GPa] [0]8, EN 2850 B	TA/s	1	<b>100</b>	2,7
	TA/s	2	<b>94</b>	1,7
Resistencia ILSS [MPa] [0]8, EN 2563	TA/s	1	<b>100</b>	4,2
	TA/s	2	<b>113</b>	5,2
	120°C/s	1	<b>100</b>	1,1
	120°C/s	2	<b>108</b>	3,2

Los valores presentados están normalizados a unas tasas en volumen de fibras de 60% y normalizados con respecto a los valores obtenidos en el caso de los hilos no retorcidos.

40

## ES 2 735 146 T3

No se observa ninguna caída significativa de las propiedades mecánicas retorciendo los hilos a 17 vpm.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de fabricación de una pieza compuesta (I), compuesta por un conjunto de capas de hilos de refuerzo superpuestas incluidas, por lo menos en parte, en una matriz polimérica, presentando dicha pieza por lo menos una zona curva (5), en el que se realizan unas etapas de plegado o de apilamiento de pliegue, procedimiento en el que en por lo menos una zona adyacente a una zona curva, se realiza por lo menos una etapa de apilamiento o de plegado con un pliegue de un material compuesto, que comprende una capa, denominada capa de hilos retorcidos (2), compuesta por lo menos por un hilo de refuerzo retorcido, de manera que se compensen por lo menos las diferencias de longitud que presentan las trayectorias extremas del hilo a uno y otro lado de su anchura, medida paralelamente a la superficie de la capa, siendo la capa de hilos retorcidos realizada:
- 10
- o bien con por lo menos un hilo de carbono de 3K y de 200 tex que presenta una torsión de 10 a 70 vpm, preferentemente de 15 a 40 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,
  - 15
  - o bien con por lo menos un hilo de carbono de 6K y de 223 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 50 a 70 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,
  - 20
  - o bien con por lo menos un hilo de carbono de 6K y de 400 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 40 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,
  - 25
  - o bien con por lo menos un hilo de carbono de 12K y de 446 tex que presenta una torsión de 10 a 80 vpm, preferentemente se deposita de 10 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,
  - 30
  - o bien con por lo menos un hilo de carbono de 24K y de 1040 tex que presenta una torsión de 10 a 40 vpm, preferentemente de 10 a 25 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 20 a 150 mm.
- 35 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la zona curva (5) corresponde a un borde curvo de la pieza, y por que los hilos de refuerzo retorcidos de la capa de hilos retorcidos se extienden según una trayectoria sustancialmente paralela al borde curvo.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el borde curvo delimita una abertura.
- 40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por un único hilo que presenta una torsión sustancialmente idéntica por toda su longitud o por una serie de hilos retorcidos individualmente y que presentan, entre sí y por toda su longitud, una torsión sustancialmente idéntica.
- 45 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el o los pliegues están compuestos por lo menos por un hilo de refuerzo que constituye una capa, estando el carácter coherente de cada pliegue asegurado por un aglutinante polimérico seleccionado de entre los polímeros termoendurecibles, los polímeros termoplásticos y las mezclas de dichos polímeros, eventualmente en forma de polvo, de resina autoadhesiva o "hot-melt" o de velo.
- 50 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el conjunto de los pliegues comprende un porcentaje en masa de aglutinante polimérico con respecto a la masa total de los pliegues, es decir hilos de refuerzo más aglutinante polimérico, comprendido en el intervalo que va de 0,1 a 25%, y ventajosamente de 3 a 10% o en el intervalo que va de 20 a 60%, y ventajosamente de 30 a 40%.
- 55 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por un único hilo retorcido depositado borde con borde según unas trayectorias sustancialmente paralelas unas a las otras o por una serie de hilos retorcidos que se extienden paralelos entre sí y unos junto a otros.
- 60 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por una espiral de hilos retorcidos, estando cada espira junto a la siguiente.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende unas etapas de apilamiento o de plegado de pliegues de capas unidireccionales, de multiaxiales o de tejidos.
- 65 10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que las etapas de apilamiento o de plegado de

pliegues de capas unidireccionales, de multiaxiales o de tejidos se realizan orientando los hilos de las capas de manera que se obtengan unos porcentajes máxicos de fibras en el seno de la pieza compuesta, orientadas en las direcciones que forman un ángulo de 0°, 45° y 135°, con isoproporción de 45 y 135°, y 90° con el eje principal de la pieza, de 25/50/25, 40/40/20, 50/40/10 o 10/80/10.

5

11. Pieza de material compuesto (I) compuesta por un conjunto de capas de hilos de refuerzo superpuestas incluidas, por lo menos en parte, en una matriz polimérica, presentando dicha pieza por lo menos una zona curva, en la que por lo menos una zona adyacente a una zona curva (5), comprende una capa, denominada capa de hilos retorcidos (2), compuesta por lo menos por un hilo de refuerzo retorcido de manera que se compensen por lo menos las diferencias de longitud que presentan las trayectorias extremas del hilo a uno y otro lado de su anchura medida paralelamente a la superficie de la capa, estando la capa de hilos retorcidos constituida:

10

- o bien por un hilo o por una serie de hilos de carbono de 3K y de 200 tex que presenta una torsión de 10 a 70 vpm, preferentemente de 15 a 40 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,

15

- o bien por un hilo o por una serie de hilos de carbono de 6K y de 223 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 50 a 70 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,

20

- o bien por un hilo o por una serie de hilos de carbono de 6K y de 400 tex que presenta una torsión de 15 a 80 vpm, preferentemente de 40 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,

25

- o bien por un hilo o por una serie de hilos de carbono de 12K y de 446 tex que presenta una torsión de 10 a 80 vpm, depositado preferentemente de 10 a 60 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 10 a 500 mm,

30

- o bien por un hilo o por una serie de hilos de carbono de 24K y de 1040 tex que presenta una torsión de 10 a 40 vpm, preferentemente de 10 a 25 vpm, cuando el radio interno mínimo de la trayectoria del hilo está comprendido en el intervalo que va de 20 a 150 mm.

12. Pieza según la reivindicación 11, caracterizada por que la zona curva (5) corresponde a un borde curvo de la pieza, y por que los hilos de refuerzo retorcidos de la capa de hilos retorcidos se extienden según una trayectoria sustancialmente paralela al borde curvo.

35

13. Pieza según la reivindicación 12, caracterizada por que el borde curvo delimita una abertura.

14. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por un único hilo que presenta una torsión sustancialmente idéntica por toda su longitud o por una serie de hilos retorcidos individualmente y que presentan, entre sí y por toda su longitud, una torsión sustancialmente idéntica.

40

15. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizada por que la matriz polimérica se selecciona de entre los polímeros termoduros, los polímeros termoplásticos y las mezclas de dichos polímeros.

45

16. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizada por que el porcentaje en masa de matriz polimérica con respecto a la masa total de la pieza está comprendido en el intervalo que va de 20 a 60%, y ventajosamente de 30 a 40%.

50

17. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 16, caracterizada por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por un único hilo depositado borde con borde según unas trayectorias sustancialmente paralelas unas a las otras o por una serie de hilos retorcidos que se extienden paralelos entre sí y unos a los otros.

55

18. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 17, caracterizada por que la capa de hilos retorcidos (2) está compuesta por una espiral de hilos retorcidos, estando cada espira junto a la siguiente.

19. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 18, caracterizada por que por lo menos una parte de las capas constitutivas de la pieza son unas capas unidireccionales, de multiaxiales o de tejidos.

60

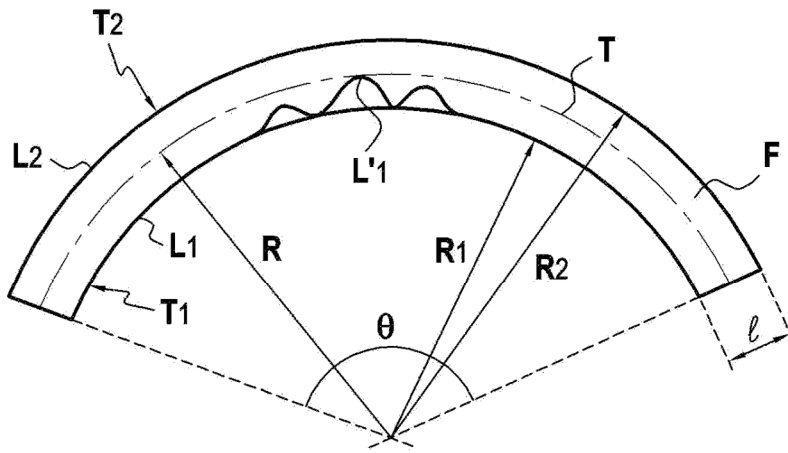
20. Pieza según la reivindicación 19, caracterizada por que las orientaciones de las capas unidireccionales, de multiaxiales o de tejidos se seleccionan, de manera que se obtengan unos porcentajes máxicos de fibras en el seno de la pieza compuesta, orientadas en las direcciones que forman un ángulo de 0°, 45° et 135°, con isoproporción de 45 y 135°, y 90° con el eje principal de la pieza, respectivamente de 25/50/25, 40/40/20, 50/40/10 o 10/80/10.

65



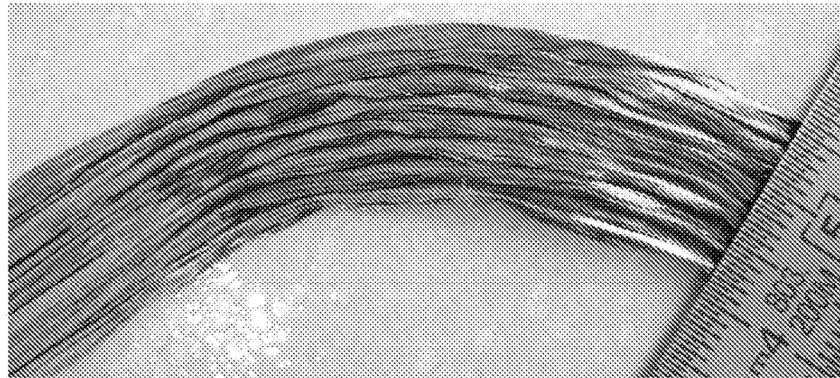
21. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 20, que se presenta en forma de un soporte de biela o enganche de biela.

5 22. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 20, que se presenta en forma de un elemento de refuerzo de marco para esquina de puerta, trampilla de acceso, registro de acceso o trampilla de inspección, de un marco de ventanilla o de parabrisas, de un orificio mecanizado para ensamblaje, de una pieza de enganche o de una pieza que comprende una zona de introducción de carga, tal como una zona de fijación.



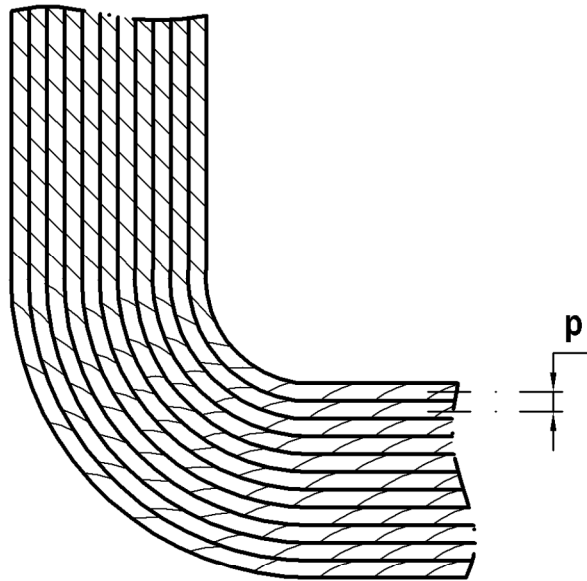
**FIG.1**

**FIG.2A**

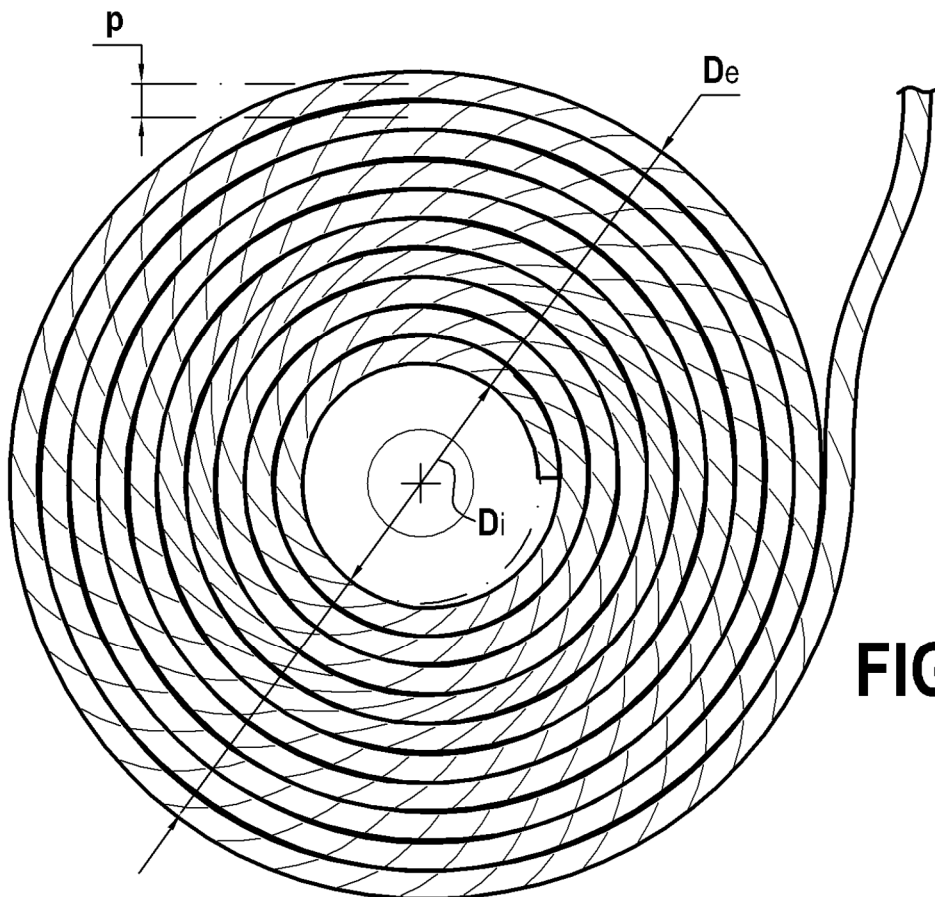


**FIG.2B**

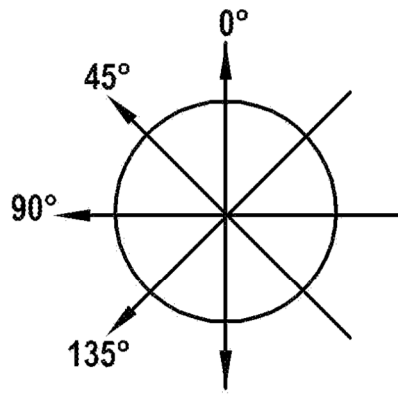




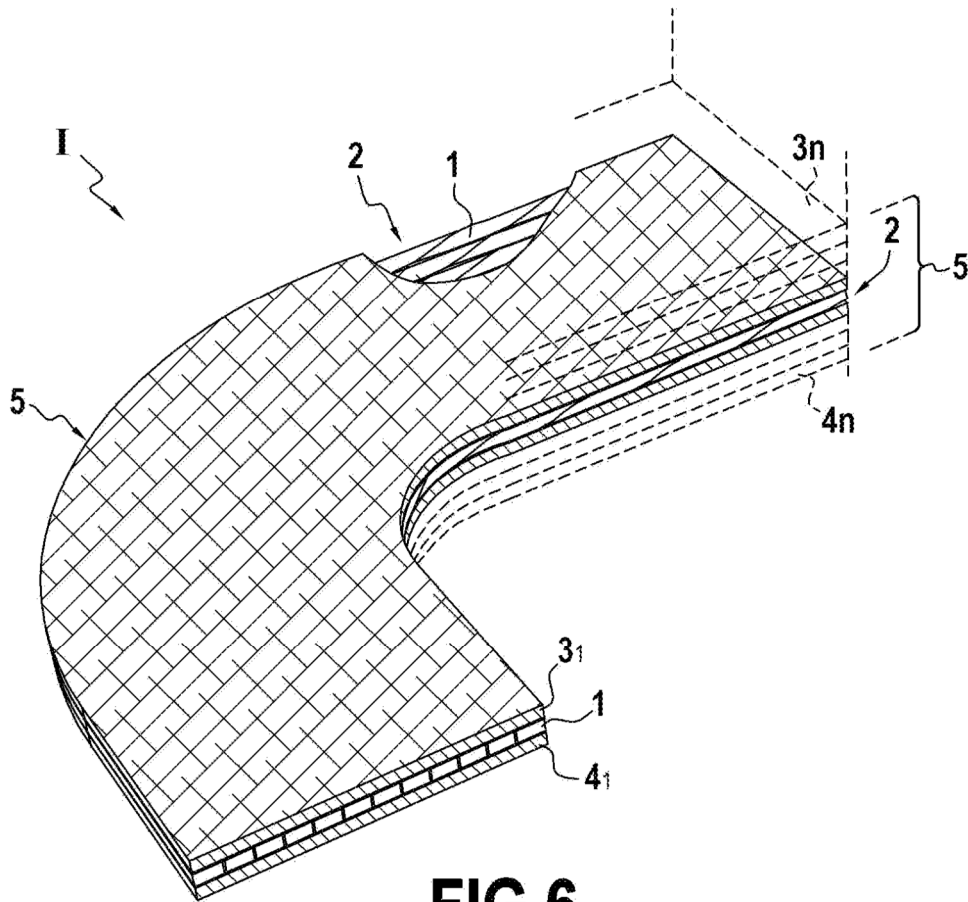
**FIG.3**



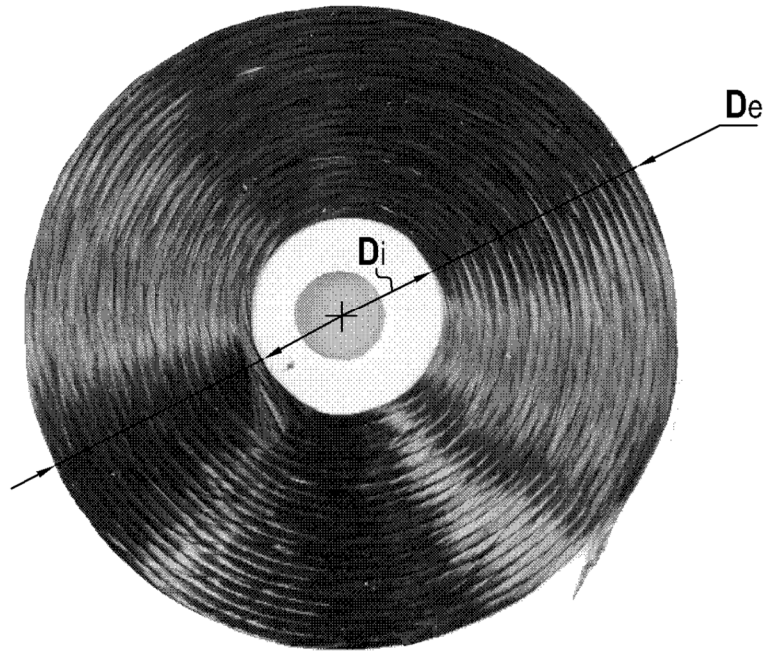
**FIG.4**



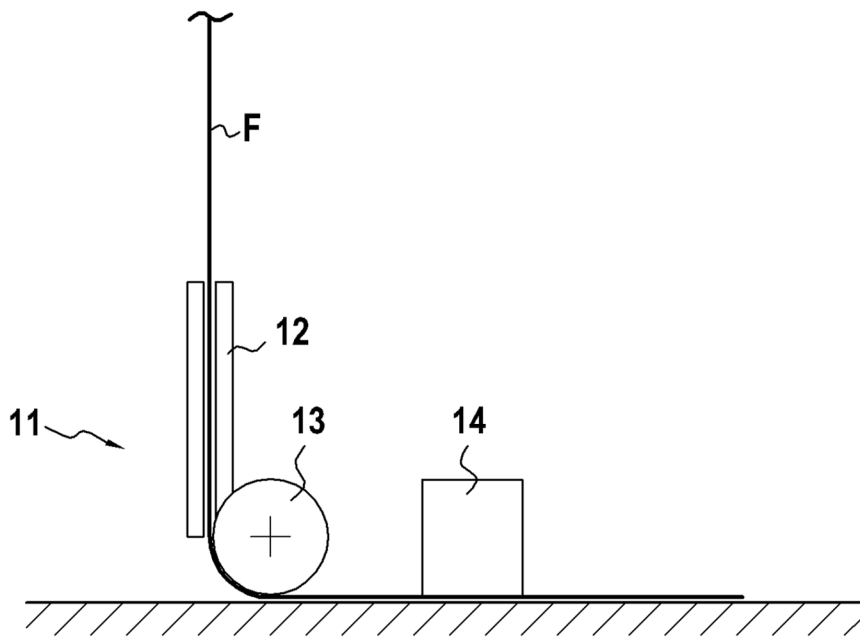
**FIG.5**



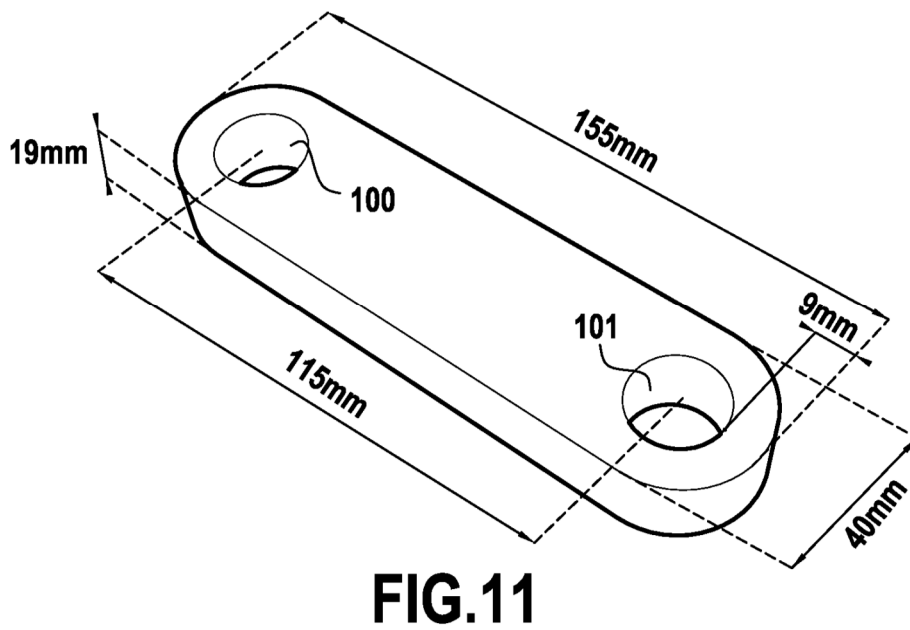
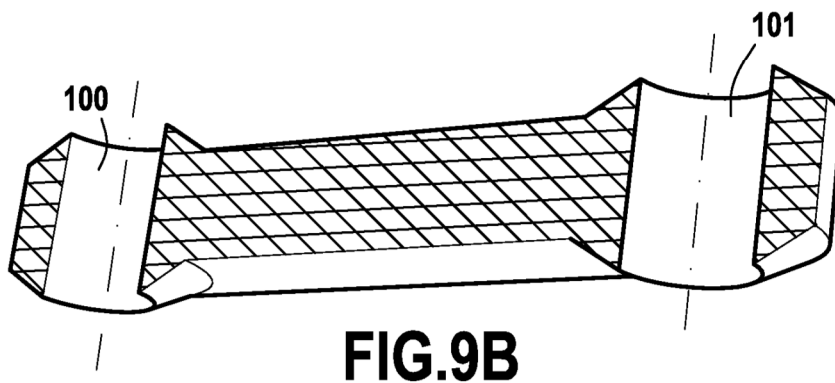
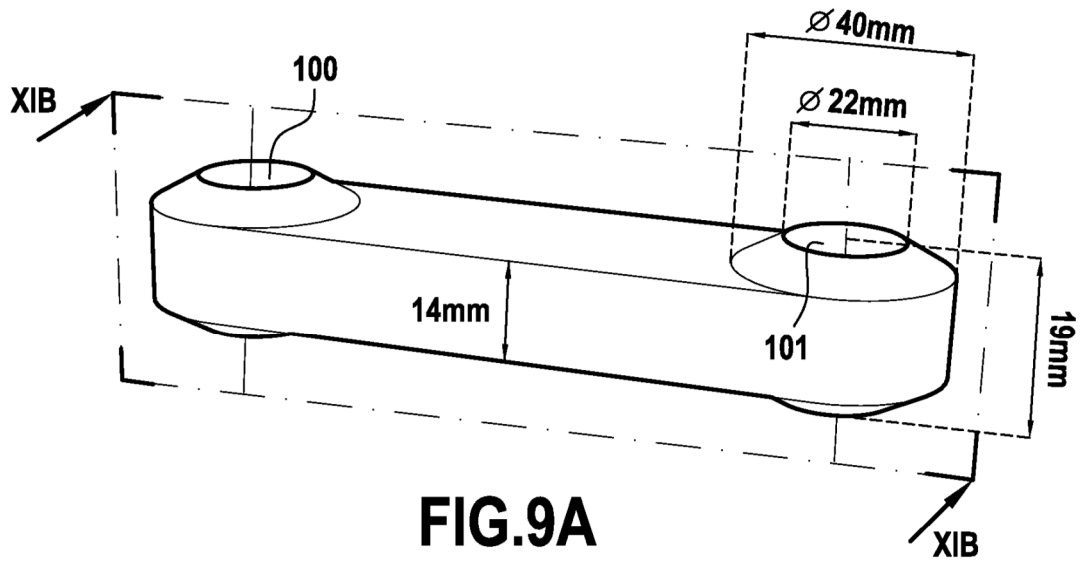
**FIG.6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**





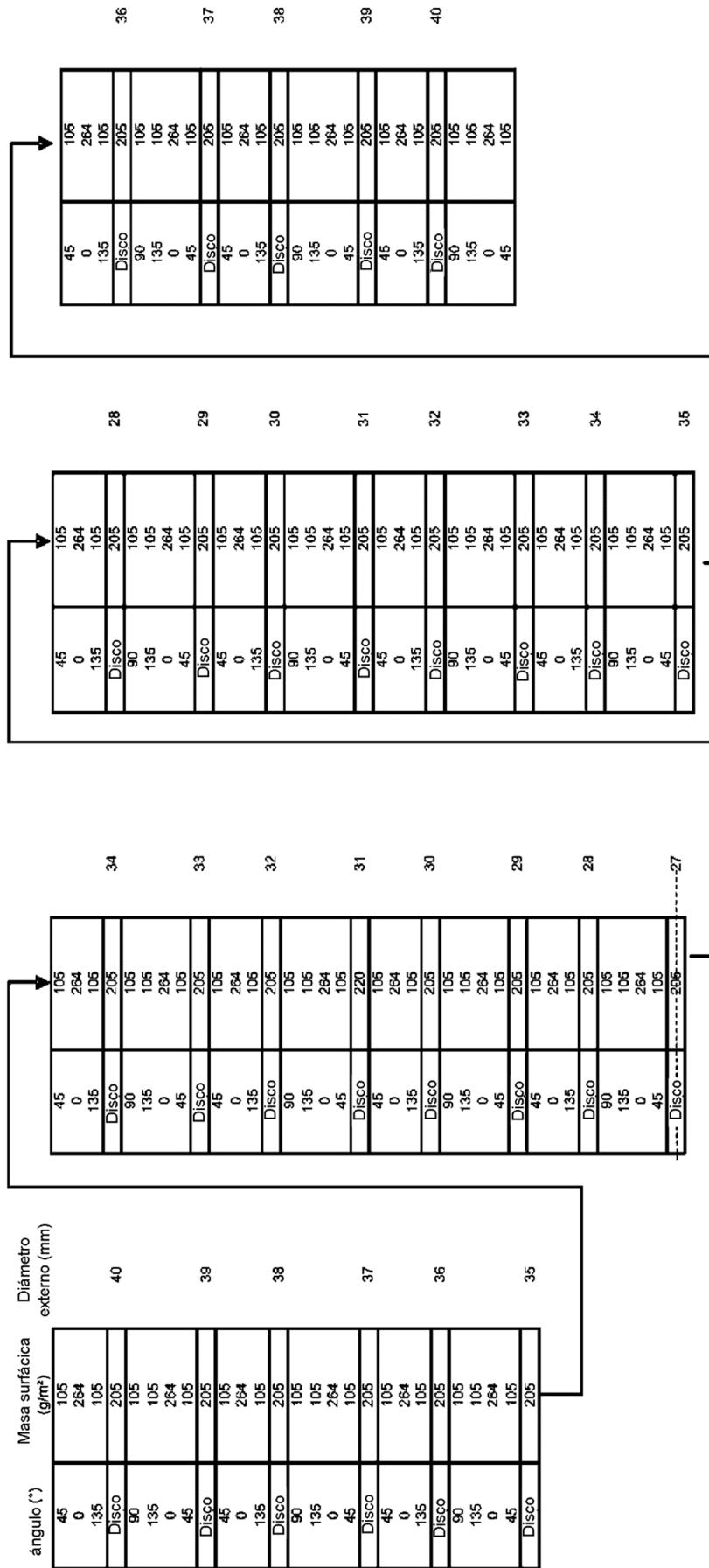
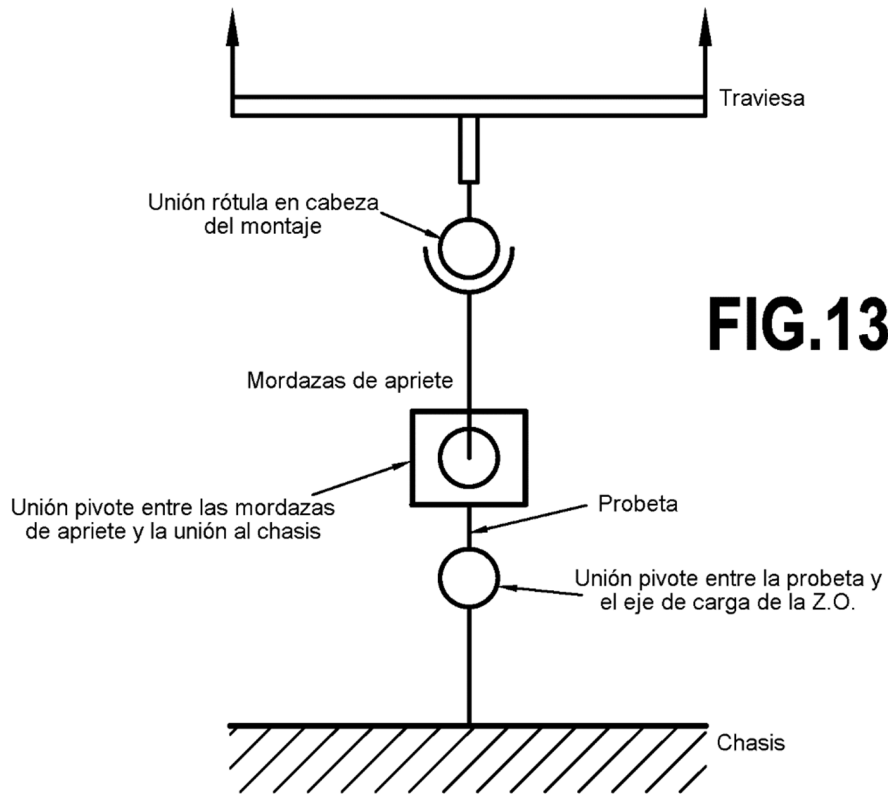
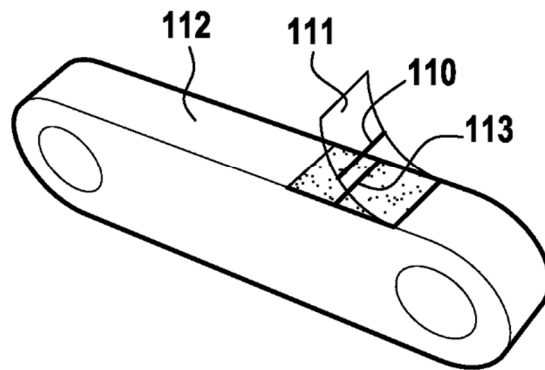


FIG.12

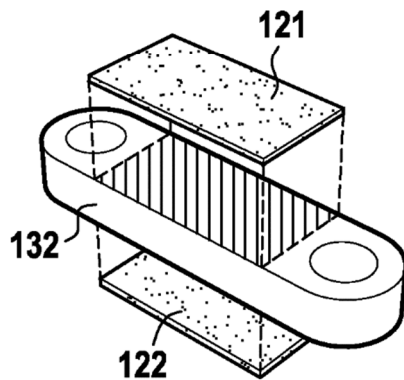




**FIG.13**



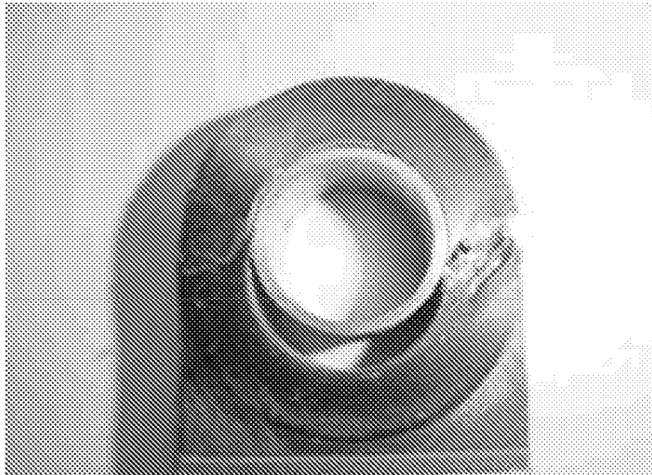
**FIG.14**



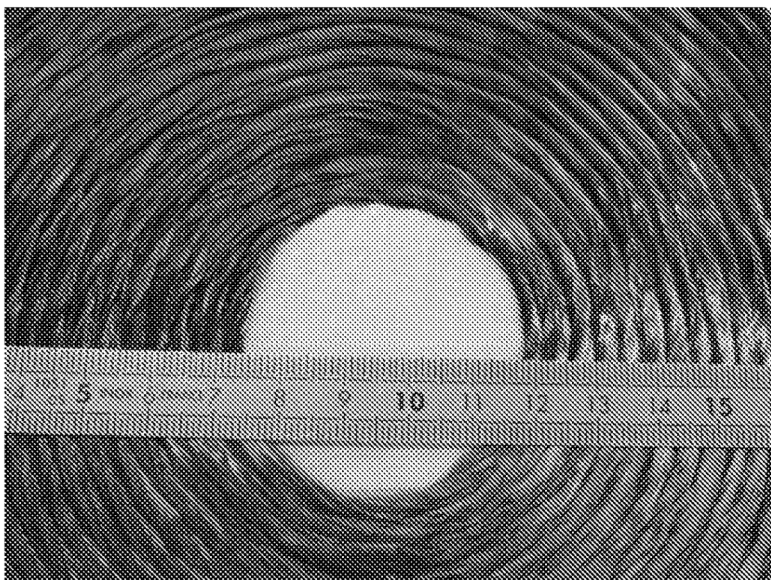
**FIG.15**



**FIG.16A**



**FIG.16B**



**FIG.17**