

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 940**

51 Int. Cl.:

B29C 70/22 (2006.01)

B29C 70/24 (2006.01)

B29C 70/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2011 PCT/EP2011/065493**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.03.2012 WO12032091**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2011 E 11764699 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2613926**

54 Título: **Procedimiento para fabricar una pieza eléctricamente conductora de material compuesto y pieza obtenida**

30 Prioridad:

07.09.2010 FR 1057111

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

01.03.2018

73 Titular/es:

**AIRBUS GROUP SAS (100.0%)
37, Boulevard de Montmorency
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es:

CINQUIN, JACQUES

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 656 940 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 para fabricar una pieza eléctricamente conductora de material compuesto y pieza obtenida

La presente invención pertenece al campo de los materiales compuestos que comprenden fibras mantenidas en una matriz orgánica dura.

5 Más particularmente, la invención se refiere a un procedimiento para fabricar una pieza de material compuesto y que presenta propiedades controladas de conducción eléctrica en sus superficies y en su grosor, y se refiere asimismo a dicha pieza de material compuesto.

10 Los materiales compuestos formados por fibras largas mantenidas en una matriz orgánica rígida son bien conocidos y ampliamente utilizados en la fabricación de piezas de estructuras, ya sean estructuras que funcionan muy cargadas o meros carenados menos cargados.

Las ventajas de dichas piezas de materiales compuestos son diversas, pero, dependiendo de los rendimientos intrínsecos de las fibras, de las resinas utilizadas y de las técnicas de utilización aplicadas, las piezas son obtenidas con posibles beneficios sobre la resistencia, el peso, la complejidad o el coste, en particular con respecto a las piezas equivalentes que estarían fabricadas de materiales metálicos.

15 La mayoría de las veces se encuentran piezas que están fabricadas utilizando fibras de vidrio o aramida o fibras de aramida o fibras de carbono o una combinación de estas fibras.

20 Además de piezas de tamaño y resistencia limitados, o de aplicaciones particulares, tales como las que utilizan un tejido en tres dimensiones, denominado 3D, las fibras están generalmente dispuestas en capas sucesivas en el grosor de las piezas a fabricar para formar capas cuya acumulación forma el grosor local de la pieza y proporciona a esta última su resistencia y rigidez cuando las fibras están retenidas en la matriz dura. Por lo tanto, es conocido fabricar preformas, destinadas a formar piezas de material compuesto, cuyas capas de fibras secas o preimpregnadas son cosidas en una etapa que precede al endurecimiento de la resina para mantener las diferentes capas en una posición relativa estable y asegurar una primera compactación de las capas entre sí. De este modo, la publicación, "Manufacturing processes for advanced composites", de F. Campbell del 1 de enero de 2004, describe sujetar las capas de una preforma seca, para fabricar una pieza mediante un procedimiento de transferencia de resina, realizando costuras en las capas superpuestas con fibras de vidrio, de aramida o de carbono de la misma naturaleza que las que forman las capas.

30 Una particularidad de las piezas compuestas consideradas son sus bajas capacidades de conducción eléctrica intrínsecas debido al hecho de la fabricación de matrices basadas en resinas orgánicas aislantes y al hecho de que las propias fibras están fabricadas de materiales que entran en la categoría de los aislantes eléctricos (fibras de vidrio o fibras de aramida) o en la categoría de los materiales considerados malos conductores o malos aislantes eléctricos, habitualmente las fibras de carbono en el campo de aplicación considerado.

En ciertas aplicaciones, en particular cuando las corrientes deben ser transportadas por la estructura, es necesario depositar elementos eléctricamente conductores sobre la superficie de las estructuras de materiales compuestos.

35 De este modo, en el caso de las estructuras de aviones que son susceptibles de estar sometidas a impactos de rayos, una malla metálica, a menudo fabricada de bronce o cobre, se fija en un lado de las piezas fabricadas de material compuesto, malla cuya densidad superficial está adaptada a las corrientes que deben ser soportadas para dispersar las corrientes inducidas por los impactos de rayo.

40 En ausencia de dicha metalización, la estructura de material compuesto, incapaz de dispersar la energía aportada por un impacto de rayo, corre el riesgo de ser dañada localmente por el rayo y de requerir en este caso reparaciones urgentes.

45 Además, a diferencia de las estructuras metálicas, estas estructuras de material compuesto no pueden realizar la función de retorno de corriente de un sistema eléctrico y es necesario, por ejemplo en el caso de los aviones que tienen estructuras fabricadas de materiales compuestos, prever conductores eléctricos para asegurar los retornos de corriente de los sistemas eléctricos o utilizar elementos estructurales de metal y que presentan una continuidad eléctrica adaptada con una fiabilidad suficiente para asegurar el retorno de corriente de los sistemas eléctricos.

50 Dicha solución, restrictiva en sí misma en términos de diseño con respecto a las rutas eléctricas necesarias y a la continuidad eléctrica necesaria y por las restricciones de protección de las estructuras metálicas con respecto a la estructura compuesta cuando estas utilizan fibras de carbono en particular, se añade a la necesidad de metalizar la estructura para protegerla de los efectos del rayo, y se encuentra que limita el beneficio esperado de la utilización generalizada de las estructuras de material compuesto, en particular para los aviones.

Las diversas soluciones conocidas no brindan una respuesta satisfactoria a estos problemas de conducción eléctrica de las piezas de material compuesto.

La presente invención propone un procedimiento para fabricar piezas de material compuesto que aporta una solución para fabricar la pieza asegurando una mejora de las propiedades de conducción eléctrica, y esto en una de sus caras o en las dos caras y/o en el grosor.

5 La pieza fabricada según el procedimiento de la invención es una pieza fabricada de material compuesto que comprende fibras aislantes o poco conductoras, en el caso considerado de las fibras de resistividad eléctrica igual o mayor que $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, distribuidas en capas apiladas en un grosor **E** de la pieza y mantenidas, en la pieza fabricada, en una matriz de resina orgánica dura.

10 Según el procedimiento, se realiza un pespunte conductor que comprende hilos superiores e hilos inferiores, cruzándose un hilo superior con un hilo inferior al nivel de una puntada de acuerdo con los pespuntos conocidos sobre una preforma, constituida por toda o parte de cada una de las capas situadas unas con respecto a las otras en orden y según las orientaciones que las capas deben tener en la pieza fabricada, estando realizado el pespunte conductor durante una etapa del procedimiento durante la cual la resina de la matriz no está dura o aunque las fibras de las capas todavía no estén impregnadas, y utilizando para al menos uno de los hilos superiores o inferiores del pespunte conductor un hilo eléctricamente conductor, es decir un hilo de un material reconocido como un buen conductor de la electricidad producida en un material de resistividad inferior a $10^{-7} \Omega \cdot m$.

15 Ventajosamente, el pespunte conductor se realiza según líneas de costura sustancialmente paralelas según una primera dirección principal y según líneas de costura sustancialmente paralelas según al menos una segunda dirección diferente de la dirección principal, de tal modo que los hilos conductores del pespunte se cruzan sobre la cara considerada de la preforma correspondiente a estos hilos conductores.

20 De este modo, los hilos conductores forman naturalmente en al menos una de las caras de la preforma un conjunto de elementos que pueden estar dispuestos de maneras variadas según motivos considerados óptimos para constituir en al menos una cara de la preforma una red de hilos conductores en contacto en su intersección para favorecer la continuidad eléctrica entre los hilos de la red. La colocación de los hilos conductores se lleva a cabo adicionalmente en una etapa de la fabricación de la pieza en la que es fácil depositar hilos conductores por medios convencionales de cosido, permaneciendo los hilos conductores en la superficie de la pieza cuando la resina es introducida y/o curada en una etapa posterior de la fabricación de la pieza.

De este modo, cuando los hilos son de un material eléctricamente conductor, la cara considerada de la pieza fabricada es sustancialmente equipotencial, lo mismo que con una metalización convencional mediante un mallado de bronce, por ejemplo.

30 En un modo de realización, los parámetros del pespunte conductor están ajustados de tal manera que en cada puntada del pespunte que atraviesa la preforma, el hilo superior y el hilo inferior están cruzados en una parte media de un grosor de la preforma, lo que permite controlar las características de la conducción en el grosor de la preforma y, por lo tanto, de la pieza fabricada.

35 En otro modo de realización, los parámetros del pespunte conductor están ajustados para que en cada puntada del pespunte que atraviesa la preforma, el hilo superior y el hilo inferior están cruzados en una cara inferior de la preforma del lado de la cual la cara inferior se encuentra el hilo inferior, lo que permite garantizar que uno de los hilos atraviesa la preforma de parte a parte y que el otro hilo permanece completamente en la superficie sobre una cara de preforma.

40 Cuando el pespunte conductor está realizado utilizando hilos superiores conductores e hilos inferiores conductores, las dos caras de la preforma, así como del grosor, y por lo tanto de la pieza fabricada si la preforma se aplica a todas las capas de la pieza, están en continuidad eléctrica por los hilos conductores, por ejemplo, para formar una metalización de la pieza.

45 Cuando el pespunte conductor está realizado utilizando hilos superiores conductores e hilos inferiores no conductores de resistividad superior a $10^{10} \Omega \cdot m$ o utilizando hilos superiores no conductores de resistividad superior a $10^{10} \Omega \cdot m$ e hilos inferiores conductores, una sola cara resulta eléctricamente conductora, por ejemplo, para formar una metalización.

Para realizar pespuntos conductores de calidad con máquinas convencionales que requieren hilos a la vez flexibles y buenos conductores, los hilos conductores están constituidos por un conjunto de hebras metálicas, preferentemente trenzadas entre sí.

50 Ventajosamente, en el caso de una metalización, según las funciones que se deben realizar para la metalización y según las características de los hilos conductores utilizados, se determinan las distancias **D** entre las líneas de costura vecinas sustancialmente paralelas adyacentes para obtener una densidad superficial de metalización de la preforma comprendida entre 30 g/m^2 y 500 g/m^2 .

55 Además, según las características de los hilos conductores utilizados, se determinan las longitudes **P** entre las puntadas sucesivas una línea de costura para obtener, al menos localmente, una sección conductora de los hilos de

pespunte conductor que atraviesan la preforma según su grosor comprendido entre 1.000 mm² y 50.000 mm² por m² de superficie de la pieza.

Por lo tanto, es posible elegir durante el diseño de la pieza características de conducción eléctrica a través del grosor de la pieza.

- 5 El pespunte conductor puede estar realizado sobre una preforma seca que, por otra parte, puede ser en polvo o no en granos de una resina termofusible, o incluso puede estar realizada sobre una preforma en la que las fibras de las capas están pre-impregnadas con una resina sin curar, y de manera general en las situaciones en las que las preformas pueden ser fácilmente atravesadas por las agujas de coser utilizadas para realizar el pespunte conductor.

- 10 La invención se refiere asimismo a una pieza tal como una pieza que puede ser fabricada mediante el procedimiento de la invención.

Dicha pieza realizada de material compuesto comprende fibras aislantes o poco conductoras de resistividad eléctrica igual o superior a 1,5 10⁻⁶ Ω.m, mantenidas en una matriz orgánica dura, en la que las fibras están dispuestas en capas superpuestas según un grosor de la pieza entre una cara superior y la cara inferior de la pieza.

- 15 Además de los hilos superiores del lado de la cara superior y de los hilos inferiores del lado de la cara inferior, dispuestos en líneas de costura a lo largo de al menos dos direcciones secantes, atraviesan todas o una parte de las capas al nivel de las puntadas y los hilos superiores y o los hilos inferiores son eléctricamente conductores, fabricados de un material de resistividad eléctrica inferior a 10⁻⁷ Ω.m, de manera que determinan en la superficie de la pieza en al menos una cara correspondiente, superior, respectivamente inferior, una red de hilos eléctricamente conductores y en contacto al nivel de las intersecciones de los hilos, que confieren a la pieza características de
20 conducción eléctrica, por ejemplo una metalización de la pieza sobre una de sus caras o sobre sus dos caras.

Ventajosamente, cuando solo una cara de la pieza debe hacerse conductora, solo los hilos superiores o solo los hilos inferiores son conductores, y los hilos conductores no atraviesan todo el grosor de la pieza al nivel de las puntadas.

- 25 Para obtener buenas propiedades de conducción, los hilos conductores dispuestos en las líneas de costura son hilos metálicos, en particular a base de cobre, de aluminio o de un acero, formados por un conjunto de varias hebras que aseguran la flexibilidad de estos hilos durante su colocación y limitan el riesgo de roturas de los hilos bajo el efecto de las vibraciones y de las deformaciones de la pieza bajo cargas.

Para obtener estas cualidades, preferentemente los hilos conductores tienen secciones conductoras comprendidas entre 0,005 mm² y 0,50 mm² y comprenden entre 1 y 50 hebras.

- 30 En función de las características de los hilos eléctricamente conductores utilizados, las distancias **D** entre Las líneas de costura vecinas determinan sobre la cara considerada de la pieza una metalización comprendida entre 30 g/m² y 500 g/m² en función de las exigencias de metalización.

- 35 Igualmente, en función de las características de los hilos conductores utilizados y de los rendimientos de conducción buscados entre las caras opuestas de la pieza, la densidad de puntadas en la superficie de la pieza está comprendida localmente entre 2500 m² y 250.000 puntadas por m².

Además, sobre la pieza fabricada, la densidad superficial del hilo de los pespuntos conductores y o la densidad de las puntadas son variables según los lugares en la superficie de la pieza, de manera que los rendimientos de conducción, por ejemplo, los rendimientos eléctricos de la metalización obtenida con hilos de pespunte eléctricamente conductores, se puede adaptar con un impacto mínimo sobre el peso de la pieza.

- 40 Para asegurar un contacto eléctrico de calidad entre piezas ensambladas, sobre la pieza de la invención, la densidad superficial de los hilos conductores y/o la densidad de puntadas aumentan en las zonas correspondientes a superficies de unión entre la pieza y una o varias piezas conductoras adicionales tales como piezas metálicas o piezas de material compuesto que tienen mejores propiedades conductoras.

- 45 En una aplicación ventajosa de la invención, dicha piezas está destinada una estructura de avión y comprende en al menos una de sus caras una metalización fabricada por medio de un hilo de pespunte eléctricamente conductor para garantizar el retorno de la corriente de equipos eléctricos o electrónicos del avión y/o comprende en al menos una de sus caras una metalización destinada a proteger la pieza de material compuesto contra los efectos de un impacto de rayo.

- 50 La descripción de un modo de realización del procedimiento y de las piezas fabricadas de materiales compuestos de la invención se realiza con referencia a las figuras, que representan:

figura 1: un esquema de las etapas principales del procedimiento de la invención;

figuras 2a y 2b: secciones de piezas fabricadas de material compuesto al nivel de una línea de costura para dos ejemplos de puntadas;

figura 3: una vista esquemática en perspectiva de una pieza de la invención tal que se puede obtener mediante el procedimiento;

figura 4: una ilustración esquemática de un conjunto de una pieza de la invención con otra pieza.

5 La presente invención se aplica a las piezas fabricadas de materiales compuestos que comprenden fibras largas minerales u orgánicas, aislantes o poco conductoras, tales como fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de carbono ..., mantenidas en una matriz orgánica rígida.

10 En el marco de la presente descripción, los términos "aislante o poco conductor" y "conductor" deben ser comprendidos de manera amplia con el significado de "eléctricamente aislante o poco conductor" y "eléctricamente conductor" a menos que se especifique lo contrario, o si es evidente en un contexto particular para una persona experta en la técnica que se trata de otra cosa.

15 Los términos "aislante o poco conductor" y "conductor" deben entenderse asimismo comprendidos en el plano eléctrico en un sentido que se les proporciona en la industria electromecánica, es decir, para materiales de materiales eléctricamente aislantes que pueden ser utilizados como aislantes tales como vidrio o la mayoría de los materiales poliméricos, para los materiales poco conductores considerados de manera general como insuficientemente conductores de la electricidad para ser utilizados para transportar energía eléctrica y demasiado conductores para ser utilizados como aislantes, tales como las fibras de carbono, y por último para materiales eléctricamente conductores generalmente reconocidos como utilizables en el marco del transporte de energía eléctrica, es decir, la mayoría de los metales y de las aleaciones metálicas actuales.

20 A título de ilustración, las fibras de carbono, consideradas como poco conductoras, tienen resistividades eléctricas comprendidas en general entre $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$ y $1,5 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot m$, valores que son comparables con los de los materiales conductores metálicos ordinarios del orden de $10^{-8} \Omega \cdot m$ a $10^{-7} \Omega \cdot m$ o con los de los materiales aislantes ordinarios cuya resistividad es superior a $10^{10} \Omega \cdot m$ y a menudo es superior a $10^{15} \Omega \cdot m$.

25 De una manera general, la invención tiene por objeto mejorar las características de conducción eléctrica de las piezas fabricadas de material compuesto, cuyos rendimientos están limitados en los planos eléctricos, y cuando término "conductor" se utiliza como característica de un hilo de pespunte, debe entenderse que en la presente invención el hilo de pespunte tiene "características de conducción sustancialmente superiores a las de las fibras y la matriz del material compuesto considerado".

30 Más particularmente, la invención se aplica a las piezas fabricadas de materiales compuestos que durante sus procedimientos de fabricación comprenden una etapa de formación de varias capas de fibras apiladas y compactadas entre sí en condiciones en las que las capas aún no están inmovilizadas en la matriz rígida.

Las fibras de una capa pueden estar dispuestas en capas, en la que las fibras tienen sustancialmente la misma orientación, o en tejidos, en los que las fibras tienen al menos dos orientaciones diferentes y están dispuestas para formar el tejido o incluso un tejido (mat, en inglés) en el que las fibras no tienen orientaciones preferentes en el plano de la capa.

35 Dans esta etapa de conformación, las capas están, por ejemplo, impregnadas de una resina en estado pastoso antes de una fase de curado de la resina mediante polimerización o son manipuladas, por ejemplo, en forma de tejidos secos antes de ser objeto de una impregnación posterior de la resina líquida (caso del procedimiento RTM: Moldeo por transferencia de resina (Resin Transfer Molding, en inglés) que es curada tras esta impregnación.

40 Para los propósitos de la descripción detallada de un modo de realización del procedimiento de la invención, se considerará de manera no limitativa el caso de una pieza fabricada mediante un procedimiento RTM en el que las fibras están dispuestas en primer lugar entre sí en forma de una preforma seca y, a continuación, se disponen en un molde para ser impregnadas con resina por transferencia.

45 En una primera etapa 100 del procedimiento de fabricación de una pieza 10 según la invención, una preforma 20, en el ejemplo considerado una preforma seca, se fabrica mediante apilado de capas 21 de fibras secas según un procedimiento convencional de realización de las preformas.

En las piezas fabricadas según este procedimiento, las capas 21 se colocan en capas sustancialmente paralelas entre sí, asimismo, sustancialmente paralelas a una cara superior 11 así como a una cara inferior 12 de la pieza 10, y la acumulación de capas determina un grosor **E** de la pieza que se va a fabricar.

50 En particular, el número de capas deseado es depositado en función de los emplazamientos sobre la pieza 10 teniendo en cuenta las orientaciones deseadas para las fibras de cada capa, determinándose el número de capas y las orientaciones de las fibras durante el diseño de la pieza.

En su caso, durante una etapa opcional 110 de pre-ensamblaje de las capas, las diferentes capas 21 se mantienen unidas entre sí mediante un pespunte por medio de hilos convencionales para esta utilización que pueden ser de la

misma naturaleza que las fibras de la preforma, en la presente invención aún según un procedimiento convencional en el campo de la realización de las preformas secas.

5 El pespunteado consiste en realizar puntadas, generalmente en líneas sucesivas de costura más o menos separadas, con la ayuda del hilo que, al nivel de cada puntada, que atraviesa el conjunto de las capas que forman el grosor de la preforma y que sujetan las diferentes capas entre sí.

Muy frecuentemente, durante la realización de una línea de costura mediante pespuntos, la costura se realiza según la técnica del pespunte utilizando dos hilos.

10 Un primer hilo, almacenado en una bobina principal, atraviesa el ojo de una aguja que hará atravesar a este primer hilo las capas que deben ser pespunteadas, desde una cara de la preforma correspondiente a la cara superior de la pieza que se va a fabricar, al nivel de las puntadas. Este primer hilo se denomina hilo superior.

Un segundo hilo, almacenado en una bobina secundaria denominada canilla, asegura el bloqueo del hilo superior al nivel de cada puntada, extendiendo el hilo superior al nivel de un bucle formado por dicho hilo superior, del lado de una cara de la preforma opuesta a la cara atravesada correspondiente a la cara inferior de la pieza que se va a fabricar. El segundo hilo se denomina hilo inferior.

15 Por extensión, los términos "cara superior de la preforma" y "cara inferior de la preforma" designarán a continuación las caras de la preforma correspondientes a las caras de la pieza 10 que se va a fabricar, respectivamente, la cara superior 11 y la cara inferior 12.

20 El pespunte descrito anteriormente, opcional en función de las necesidades de la presente invención se denomina pespunte aislante, dado que no aporta en sí mismo ninguna modificación significativa de las características de conducción de la pieza.

Este pespunte aislante, que tiene la función esencial de estabilizar la preforma y evitar el desplazamiento de las capas entre sí durante las manipulaciones de la preforma antes de la fase de inyección de la matriz o durante esta fase de inyección, podrá sin embargo ser limitado, como se comprenderá más adelante, o incluso eliminado, en favor de un pespunteado descrito más adelante en el procedimiento.

25 En una segunda etapa 200 del procedimiento, la preforma seca 20 es pespunteada según líneas de costura utilizando los hilos superiores de pespunte y/o hilos de inferiores de pespunte fabricados en un material conductor de la electricidad tal como se ha señalado anteriormente.

Este pespunteado, en el que los hilos superiores o los hilos inferiores o los dos hilos superiores e hilos inferiores son de un material conductor, se denomina pespunteado conductor 30.

30 El principio de los pespuntos es conocido y no se describe con más detalle en el presente documento. Evidentemente, se aplica al pespunteado aislante opcional, pero igualmente al pespunteado conductor 30 que esencialmente se distingue por la naturaleza de los hilos de pespunteado y que puede implicar ajustes particulares teniendo en cuenta las características (diámetro, número de hebras en el hilo, resistencia, resiliencia ...) de los hilos utilizados, pero que implementan, no obstante, los mismos principios.

35 Los dos pespunteados, aislante y conductor, son, por otra parte, independientes cuando coexisten en una preforma, y para las necesidades de la realización de estos dos pespunteados, las caras designadas superiores e inferiores pueden ser invertidas, en su caso, como comprenderá el experto en la materia con la lectura de la descripción de la invención.

40 Dicho material conductor es, por ejemplo, cobre o una aleación a base de cobre debido a sus propiedades de conducción de la electricidad, por un lado, pero también por sus propiedades mecánicas, en particular su maleabilidad, que confiere al hilo de cobre una flexibilidad codiciada, y sus propiedades electroquímicas, que hacen que su utilización sea compatible con materiales compuestos que incorporan fibras de carbono, por otro lado.

45 Sin embargo, los hilos para el pespunteado conductor 30 pueden realizarse con cualquier otro material que se sepa que tiene buenas características de conducción eléctrica, lo que es el caso de numerosos materiales metálicos o de sus aleaciones tales como hierro o aluminio, si estos materiales metálicos se utilizan puros o en forma de aleaciones, o en forma de hebras de un primer material superpuesto con un segundo material, sujeto a sus compatibilidades electroquímicas y reológicas con los otros materiales utilizados en la pieza de material compuesto.

50 En una tercera etapa 300, cuando se ha realizado el pespunteado conductor 30 de la preforma seca, dicha preforma seca 20 se impregna con una resina en estado líquido según una técnica convencional, tal como la técnica de inyección de resina del procedimiento conocido por el acrónimo RTM, técnica en la que la preforma seca 20 se coloca en un molde durante la inyección de la resina y se mantiene hasta que la resina se endurece.

Al final de esta tercera etapa 300, los hilos conductores del pespunte conductor 30 se encuentran sobre la superficie de la pieza 10 en las caras superior 11 e inferior 12, como se encontraban en la superficie de la preforma 20 al final de la segunda etapa 200 del procedimiento, y forman sobre dichas superficies una red de hilos conductores de

acuerdo con los patrones realizados por la líneas de costura del pespunte conductor realizado sobre la preforma 20, red de hilos cuya continuidad eléctrica está asegurada por los contactos directos entre los hilos superiores e inferiores, por un lado, y entre las diferentes líneas de pespunte conductor por otro lado, como se comprenderá a continuación.

- 5 La pieza 10 fabricada de material compuesto obtenida muestra entonces un comportamiento eléctrico de sus superficies y entre sus superficies cuyas características están determinadas por las del pespunte conductor 30 realizado sobre la preforma seca 20.

Según la manera en que se implementa el procedimiento, se adaptan las piezas obtenidas y sus características.

- 10 Durante la segunda etapa 200, el pespunte conductor 30 se realiza sobre la preforma seca 20 en todas las zonas correspondientes a superficies o volúmenes de la pieza 10 que se deben convertir en conductores, determinándose dichas zonas o volúmenes durante el diseño de la pieza 10.

- 15 En el caso del presente pespunte conductor, la densidad del pespunte conductor 30 realizado no tiene por objetivo principal garantizar la sujeción de las capas 21 de la preforma seca 20, como en el caso del pespunte aislante, incluso si este pespunte conductor puede garantizar esta sujeción y, por lo tanto, evitar o limitar la necesidad de un pespunte aislante, sino generar, en la superficie y en el grosor de la preforma 20 en esta etapa del procedimiento, y de la pieza 10 que se va a fabricar en una etapa posterior, teniendo un patrón conductor características requeridas de conducción de la electricidad.

Las características de conducción están, de hecho, determinadas por:

- 20 - las características de los hilos superiores 31 e inferiores 32 del pespunteado conductor, en particular sus secciones y los materiales utilizados para dichos hilos de pespunte conductor,

- las características del propio pespunte conductor 30 que puede ser realizado:

- con puntos más o menos largos caracterizados por una distancia **P** entre dos puntadas 33 sucesivas sobre una línea de costura,

- 25 - con líneas de costura 34 paralelas o no, realizadas según una distancia **D** de separación local entre las líneas de rasgado más o menos apretadas,

-con líneas de costura secantes realizadas en direcciones diferentes, por ejemplo, en una primera orientación principal y en una segunda orientación a 90 grados de la primera orientación o más o menos 60 grados de la primera orientación, y cruzándose a continuación para formar en la superficie de la preforma una red más o menos densa de hilos de pespunte conductor con mallas obtenidas para dicha red más o menos apretadas.

- 30 Realizando líneas de costura secantes, los hilos del pespunte conductor se superponen sobre la superficie de la preforma y los hilos conductores están entonces en continuidad eléctrica.

De hecho, incluso si en ciertos casos el contacto físico no está totalmente garantizado en cada intersección de hilos, el número de puntos de contacto en una red que comprende numerosas líneas secantes garantiza en la práctica que todos los hilos conductores están conectados entre sí.

- 35 Por lo tanto, se entiende que el experto en la técnica, mediante la elección de estos parámetros diferentes, puede conseguir las características de conducción deseadas en la superficie, y según el grosor entre las caras, de una pieza 10 en material compuesto, y que estas condiciones puedan ser variables en diferentes puntos de la misma pieza y también en direcciones preferenciales dadas en un punto de la superficie de la pieza.

- 40 Tal como muestran las figuras 2a y 2b, que representan secciones de piezas obtenidas por el procedimiento, cada hilo superior 31 o inferior 32 de una línea de costura del pespunte conductor 30 forma una línea conductora en la superficie de la cara correspondiente, respectivamente superior 11 o inferior 12, y atraviesa toda o parte de la preforma 20 y, por consiguiente, de la pieza 10 al nivel de las puntadas 33.

- 45 En el caso ilustrado en la figura 2a, el hilo superior 31 y el hilo inferior 32 se cruzan al nivel de cada puntada sustancialmente a medio grosor de la preforma 20 o de la pieza 10, o al menos en una porción media del grosor de modo que, al nivel de una puntada, el hilo superior 31 no llega a la cara inferior 12 de la pieza y el hilo inferior 32 no llega a la cara superior 11 de la pieza.

Dans el caso ilustrado en la figura 2b es, un hilo del pespunte conductor, el hilo superior 31 en el ejemplo representado, atraviesa la pieza en todo su grosor sustancialmente la cara inferior 12 opuesta mientras que el otro hilo, en este documento el hilo inferior 32 se mantiene cerca de la cara inferior 12 y lejos de la cara superior 11.

- 50 Obtener dichas características del pespunte conductor, actuando especialmente sobre la tensión de los hilos durante las operaciones de costura, permite realizar características de conducción de superficie de la pieza 10 adaptadas a

necesidades específicas, especialmente cuando que la conducción no debe presentar las mismas características en las dos caras de las piezas 10.

Por lo tanto, al elegir un hilo superior 31 conductor o aislante y un hilo inferior 32 conductor o aislante, el procedimiento permite realizar sobre la preforma 20 una red conductora, de modo que la pieza 10 resulta ser conductora:

- en sus dos caras, estando las redes conductoras de las dos caras conectadas en el plano eléctrico, habiéndose elegido el hilo superior 31 y el hilo inferior 32, conductores,

- en una sola cara sin elementos pasantes conductores utilizando un hilo conductor que no atraviesa completamente el grosor de la pieza 10 al nivel de las puntadas 33, el hilo superior 31 o el hilo inferior 32 en el ejemplo de la figura 2a o el hilo inferior 32 en el ejemplo de la figura 2b, y utilizando un hilo no conductor para el otro hilo,

- en una cara con elementos conductores pasantes utilizando un hilo conductor al nivel de puntadas pasantes 33, como en el caso del hilo superior 31 en el ejemplo de la figura 2b, siendo el otro hilo no conductor.

Los respuntes conductores que se acaban de describir, cuyas características pueden variar según la pieza que se va a hacer conductora o dependiendo de las ubicaciones en la superficie de la pieza 10 pueden ser realizados mediante cualquier técnica conocida de respunteado.

Ventajosamente, los respuntes conductores se realizarán por medio de máquinas de respunteado de control numérico, y las operaciones de respunteado conductor se realizarán para optimizar las características de conducción en cada zona de la superficie de la pieza 10.

Dicha optimización permite, en particular, mediante la utilización de los hilos eléctricamente conductores para metalizar una pieza de material compuesto, evitar un aumento de peso resultante de la implementación de las técnicas convencionales de metalización mediante malla metálica de bronce en las que dicha optimización es imposible o al menos sería muy difícil de lograr mediante aplicaciones de mallado con diferentes características dependiendo del área en la superficie de la pieza.

El interés del procedimiento de la invención y la variedad de las piezas de conducción mejorada que se pueden obtener se entenderán mejor considerando a título de ilustraciones no limitativas de los ejemplos siguientes.

En una aplicación del procedimiento a la metalización de una pieza, una pieza 10 fabricada de material compuesto realizada según el procedimiento conocido como RTM se realiza a partir de una preforma de fibra seca cuyas capas han sido respunteadas con hilos superiores e inferiores conductores de la electricidad 31, 32 siguiendo líneas de costura 34 sustancialmente paralelas a una primera dirección principal en la superficie de la pieza y siguiendo una segunda dirección sustancialmente perpendicular a la dirección principal tal como se esquematiza en la figura 3.

La distancia D que separa dos líneas de costura paralelas es, por ejemplo, de 5 mm para las dos direcciones de las líneas de costura, formando de este modo en las caras superior e inferior de la preforma una red de mallas cuadradas de 5 mm de lado.

En el caso de la pieza representada en la figura 3, las mallas representadas son rectangulares. Las formas cuadradas y rectangulares de las mallas no son más que simples ejemplos, pudiendo asimismo las mallas tener forma de rombo con dos líneas de costuras no ortogonales, y pudiendo presentar numerosas formas poligonales regulares o no, adicionales, cuando se utilizan más de dos direcciones de costura.

Para obtener una pieza metalizada en ambos lados, pero con una metalización con diferentes características en la cara superior 11 y en la cara inferior 12, el hilo superior 31 se elige de una sección conductora diferente de la del hilo inferior 32.

Por ejemplo, el hilo superior 31 está realizado de 20 hebras trenzadas de 50 micras de diámetro, mientras que el hilo inferior 32 no tiene más que 10.

La utilización de hilos de cobre con estos valores de parámetros permite fabricar una pieza que se beneficia de una metalización de aproximadamente 140 g/m² en la cara superior 11 y 70 g/m² en la cara inferior 12, estando las dos metalizaciones en continuidad eléctrica a través de las puntadas.

En la práctica, los hilos no tendrán ninguna dificultad particular en la implementación de 1 a 50 hilos que pueden ser de 0,05 mm a 0,20 mm de diámetro.

Dicha pieza de material compuesto dispone de este modo de una metalización suficiente para garantizar una protección contra los efectos del rayo en caso de impacto de un rayo sobre la cara superior, al tiempo que se garantiza la continuidad eléctrica de la línea de retorno de corriente comprendida desde la cara inferior.

Las densidades de metalización son, por supuesto, adaptables en función de las exigencias de la pieza mediante la elección de la sección de los hilos y la distancia entre las líneas de costura.

- 5 En otra aplicación, más general, del procedimiento, la cantidad de material conductor proporcionada por los hilos del pespunte conductor por unidad de superficie en las caras de piezas se modula en función de las zonas sobre la pieza de material compuesto según las características buscadas localmente actuando sobre las distancias **D** entre las líneas de costura del pespunte conductor y/o modificando las secciones de los hilos conductores de pespunte conductor utilizados.
- 10 De este modo, en el caso de una aplicación del procedimiento a la metalización de una pieza, ciertas zonas requieren una metalización relativamente densa, por ejemplo debido a un alto riesgo de impacto de un rayo, comprenden líneas de costura del pespunte conductor relativamente próximas y/o hilos conductores de secciones superiores en comparación con zonas que tienen un bajo riesgo de impacto, pudiendo incluso las zonas sin riesgo no incluir ningún pespunte conductor en beneficio, si es necesario, de un pespunte aislante a priori menos pesado.
- 15 Otra razón para crear zonas que presentan una metalización de mayor densidad superficial al menos localmente corresponde a la necesidad de formar en la superficie de la pieza de material compuesto rutas preferenciales para las corrientes eléctricas.
- Entonces, es posible en este caso crear estas rutas o líneas superficiales aumentando la densidad del pespunte eléctricamente conductor en las zonas de rutas preferenciales. Ventajosamente las secciones de los hilos utilizados para el pespunte eléctricamente conductor se elegirán en función de las corrientes esperadas y de las conductividades eléctricas buscadas para estas líneas, así como de la distancia **D** que separa las líneas de costura del pespunte eléctricamente conductor adyacente, al menos para las direcciones de las líneas de costura orientadas para seguir las rutas elegidas.
- 20 En una aplicación del procedimiento ilustrado esquemáticamente en la figura 4, se realiza asimismo en zonas de contacto 13 de una pieza 10, por cuyas zonas de contacto la pieza debe ser ensamblada con otras piezas conductoras 10a, siendo la densidad de los pespuntos conductores mayor al menos en la cara de la pieza para estar en contacto con la pieza ensamblada, con el fin de asegurar una mayor continuidad eléctrica entre las piezas ensambladas.
- 25 En el ejemplo de la figura 4, la pieza 10 está metalizada en la cara superior 11 pero se encuentra ensamblada con la pieza 10a, metálica o de material compuesto metalizado, al nivel de una zona de contacto 13 de la cara inferior 12 en el borde de la pieza en este ejemplo que puede no estar metalizada o estar metalizada de manera insuficiente para garantizar la continuidad eléctrica buscada entre la pieza 10a y la cara superior 11 de la pieza 10.
- 30 En las zonas 13 de contacto, para obtener la continuidad eléctrica buscada, el hilo de pespunte inferior 32 es eléctricamente conductor, por una parte, con una sección de hilo adaptada y distancias de separación entre las líneas de costura también adaptadas, secciones aumentadas a priori y distancias reducidas, y, por otra parte, la distancia **P** que separa las puntadas sucesivas se reduce ventajosamente para aumentar el número de puntadas en la zona de contacto y, por lo tanto, las conexiones entre las dos caras de la pieza de material compuesto, y de este modo mejorar la continuidad eléctrica entre las dos piezas ensambladas por un aumento resultante en la sección transversal efectiva del conductor eléctrico pasante.
- 35 Al disminuir la distancia **D** entre las líneas de costura 34 en estas zonas, aumenta asimismo el número de contactos eléctricos entre las dos piezas 10 y 10a y por lo tanto la garantía de una continuidad eléctrica satisfactoria.
- 40 En otra forma de realización, una pieza está metalizada sobre una sola de sus caras, sin embargo, sin que ningún elemento conductor atraviese el grosor de la pieza. Este resultado, obtenido utilizando un hilo eléctricamente conductor para la cara que debe ser metalizada y un hilo eléctricamente aislante para la cara de la pieza que no debe ser metalizada y realizando un pespunte conductor en el que el hilo conductor no alcance la cara que no debe ser metalizada, permite metalizar piezas para las que el paso de las cargas eléctricas y un rayo sobre la cara no metalizada debe ser evitado, por ejemplo, debido a la presencia de vapores inflamables.
- 45 Otro método puesto en práctica del procedimiento para obtener un resultado similar para la pieza fabricada consiste en realizar un pespunte conductor con hilos eléctricamente conductores sobre una parte de las capas de la preforma que en la pieza que se va a fabricar se encontrarán del lado que debe ser metalizado, con el fin de crear una primera preforma parcial.
- 50 A continuación, las otras capas de fibras secas previstas de la preforma son colocadas sobre la cara de la preforma parcial del lado de la pieza que no debe ser metalizado y el conjunto de las capas es pespunteado si es necesario con hilos aislantes convencionales que garantizan la compactación y la sujeción del conjunto de las capas de la preforma.
- De este modo, cuando la pieza está terminada después de la inyección de resina, una cara de la pieza está metalizada mientras que la otra cara no lo está por el hecho de que el hilo de pespunte conductor no atraviesa la pieza de una cara a la otra, y solo una parte de las capas del lado de una cara de la pieza.

En una variante, la pieza es metalizada en cada una de sus dos caras tal como se acaba de describir para una cara, no siendo una parte media de las capas respunteada con hilos no conductores de la electricidad, de tal manera que las metalizaciones de cada una de las caras de la pieza están aisladas una de la otra.

5 En el caso de la utilización de la estructura de material compuesto para realizar retornos de corrientes de los equipos eléctricos, la invención resulta ser particularmente ventajosa.

10 Las piezas metalizadas de la invención son eléctricamente conductoras y garantizan la continuidad eléctrica entre las diversas piezas ensambladas, lo que permite en una estructura compleja tal como la célula de un avión, realizar el retorno de corriente de la alimentación eléctrica de los equipos a través de la estructura de material compuesto ensamblada de manera conductora, y con mayor facilidad que la unión eléctrica del equipo con la estructura mediante un cable trenzado de masa de un equipo que se puede realizar en cualquiera de las dos caras de la pieza, al menos en zonas en las que esta posibilidad habría sido posible mediante las características del respunte conductor.

15 La pieza 10 de material compuesto de la invención es por lo tanto una pieza en la que una dimensión, el grosor, comprende un apilamiento de capas 21 formadas de fibras mantenidas en una resina orgánica dura, siendo las fibras fibras minerales u orgánicas aislantes o poco conductoras (vidrio, aramida, carbone...).

20 Además, en esta pieza de material compuesto de hilos superiores 31 e hilos inferiores 32, al menos una de estas dos categorías de hilos que está constituida de hilos realizados de un material eléctricamente conductor con relación a las características de las fibras y de la matriz del material compuesto, por ejemplo cobre, aluminio o hierro o una aleación basada en uno de estos metales, determina en al menos un lado de la pieza una red formada por líneas de costura 34 de un respunte conductor de al menos una parte de las capas 21 de la pieza de material compuesto situada del lado de una cara de la pieza conductora de material compuesto, es decir, hecha eléctricamente conductora en la superficie de la pieza de los hilos conductores eléctricamente.

25 La pieza 10 de material compuesto formada de este modo es, por ejemplo, un panel realizado de fibras de carbono mantenidas en una matriz orgánica obtenido mediante el procedimiento RTM tal como un panel de fuselaje de avión o un panel de cajón de un ala de avión.

De manera general, dicha pieza corresponde a cualquier pieza de material compuesto cuyo grosor es el resultado principalmente de un apilamiento de capas de fibras.

30 En el campo de los aviones, esto corresponde en particular, además de los paneles ya mencionados, a marcos o a refuerzos que, aunque de formas complejas, están formados por velos cuyo grosor es el resultado de un apilamiento de capas.

Dichas piezas comprenden, por ejemplo, en la dirección del grosor **E**, de diez a cincuenta capas 21 de fibras de carbono, de Kevlar® o de vidrio, dependiendo de la resistencia deseada, pudiendo variar el número de capas para una misma según la ubicación considerada sobre la pieza.

35 Para las necesidades de una estructura conductora de la electricidad, los hilos superiores 31 y/o inferiores 32 del respunte conductor están formados por un hilo de cobre o de otro material buen conductor de la electricidad de sección conductora comprendida preferentemente entre 0,005 mm² y 0,50 mm² en los casos más corrientes de piezas destinadas a aviones.

40 Preferentemente, los hilos eléctricamente conductores son hilos que comprenden una pluralidad de hebras, por ejemplo, de 1 a 50 hebras que pueden tener un diámetro comprendido entre 0,05 y 0,20 mm, de tal manera que se dispone de hilos suficientemente flexibles en el momento de su colocación antes de que sean sujetados en la matriz dura.

45 La red conductora formada por las líneas de costura comprende una primera dirección principal, por ejemplo, con un paso entre las líneas de costura de aproximadamente 5 mm y una distancia entre los puntos de costura del mismo orden de magnitud, y comprende al menos una segunda dirección tal que las líneas de costura en esta dirección se cruzan con las líneas de costura a lo largo de la dirección principal.

Se debe tener en cuenta que los respuntes conductores por medio de hilo metálico permiten asimismo modificar el comportamiento térmico de una pieza de material compuesto, por el hecho de que los materiales buenos conductores de la electricidad son también, en el campo de los materiales corrientes, buenos conductores térmicos.

50 Según que se busque un efecto de amplificación sobre la conducción térmica o que por el contrario se busque limitar la amplitud a pesar de una metalización, el número de puntadas por m² y el tipo del material eléctricamente conductor utilizado para los hilos de respunte conductor respuntear serán adaptados.

Por ejemplo, las capacidades de transferencia de calor de una pieza metalizada entre sus dos caras podrán ser reducidas utilizando hilos de acero inoxidable o de invar, cuyas características de conducción térmica son

significativamente más bajas que las del cobre, y disminuyendo si es necesario el número de puntadas por unidad de superficie.

5 Una aplicación o una mejora de la conducción del calor de una pieza de material compuesto, que se podrá obtener mediante la utilización de un material de metalización buen conductor del calor tal como el cobre o mediante la superposición sobre un pespunte de metalización de un pespunte mediante un hilo de carbono de conducción del calor reforzada, se refiere a las estructuras satelitales.

10 En los satélites que evolucionan en el vacío los equipos no puede ser refrigerados por convección y debido a las malas propiedades de conducción del calor de los materiales compuestos utilizados en las estructuras satelitales, los equipos que constituyen fuentes de calor son refrigerados muy a menudo mediante dispositivos complejos del tipo caloduc.

La aplicación del procedimiento de la invención a piezas de estructura del satélite puede asegurar la transferencia del calor de los equipos hacia dispositivos radiantes y evitar recurrir a más complejos o por lo menos a limitar el número.

15 Aunque el procedimiento descrito esté particularmente adaptado a una pieza fabricada según el procedimiento RTM, siendo las operaciones de pespunteado conductor realizadas fácilmente sobre la preforma de fibras secas no recubiertas de resina, dicho procedimiento es aplicable asimismo con todas las preformas en las que se pueden realizar operaciones de pespunteado, es decir, para las que es posible atravesar un apilamiento de capas de una preforma por medio de una aguja de coser.

20 En particular, el pespunte conductor puede ser realizado en preformas cuyas fibras han sufrido pretratamientos tales como fibras de polvo, es decir, que comprenden en la superficie fibras de granos de pequeñas dimensiones con respecto a las fibras, de una resina termofusible, destinadas a proporcionar una estabilidad dimensional temporal a la preforma realizada.

25 El pespunte conductor también se puede realizar sobre preformas de fibras preimpregnadas con una resina endurecible mediante calor, en una etapa del procedimiento de fabricación de una pieza de material compuesto en la que la matriz que sujeta las fibras de la pieza no está endurecida todavía.

Aunque la descripción haya sido detallada con costuras que utilizan puntos de conexión que utilizan dos hilos, es asimismo posible realizar las costuras haciendo puntos de cadeneta que necesitan más que un único hilo, aunque las máquinas que producen este tipo de puntos tengan actualmente un menor rendimiento para realizar costuras.

30 En esta solución aplicada a la invención el único hilo de una costura del pespunte conductor es de hecho un hilo conductor, y ese debe comprender en la descripción de la invención que el hilo superior sobre la cara superior de la pieza y el hilo inferior sobre la cara inferior de la pieza son un solo hilo cuya designación ha cambiado en función de la cara observada.

Se comprenderá igualmente que las líneas de costura representadas sustancialmente rectilíneas en las figuras pueden tener cualquier forma y, en particular, presentar curvaturas adaptadas a las formas de la pieza.

35 Mediante la realización de la invención, optimizando en todo punto de la superficie de la pieza la densidad superficial del pespunte conductor y sus diferentes características, es de este modo posible obtener características de conducción eléctrica optimizadas en cada punto de la pieza y, por lo tanto, reducir el peso total dedicado a las necesidades de conducción y en relación con la metalización convencional mediante una malla conductora en la superficie de la pieza, así como de las piezas de material compuesto capaces para garantizar el retorno de la corriente de los equipos eléctricos o electrónicos de un vehículo.

40

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una pieza (10) de material compuesto que tiene características de conducción eléctrica mejorada, que comprende fibras de resistividad eléctrica o superior a $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$, repartidas según capas (21) apiladas en un grosor **E** de la pieza (10) y mantenidas, en la pieza fabricada, en una matriz de resina orgánica caracterizado por que un pespunte conductor (30) que comprende hilos superiores (31) e hilos inferiores (32), cruzando un hilo superior un hilo inferior al nivel de una puntada (33), se realiza sobre una preforma (20), que constituye en todo o en parte capas (21) situadas unas con respecto a las otras en un orden y siguiendo orientaciones que dichas capas deben tener en la pieza fabricada, estando dicho pespunte conductor realizado durante una etapa (200) del procedimiento durante la cual la preforma no está impregnada con resina, o la resina de la matriz no está dura, y utilizando por lo menos uno de los hilos superiores (31) o inferiores (32) del pespunte conductor un hilo eléctricamente conductor realizado en un material de resistividad eléctrica inferior a $10^{-7} \Omega \cdot m$ y en el que el pespunte conductor (30) se realiza de acuerdo con líneas de costura (34) sustancialmente paralelas en una primera dirección principal y siguiendo líneas de costura (34) sustancialmente paralelas en al menos una segunda dirección diferente de la dirección principal, de modo que los hilos eléctricamente conductores del pespunte conductor (30) se cruzan y forman sobre al menos una cara de la preforma una red de hilos eléctricamente conductores en continuidad eléctrica al nivel de sus intersecciones.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que al nivel de cada puntada (33) del pespunte conductor que atraviesa la preforma (20), el hilo superior (31) y el hilo inferior (32) se cruzan en una parte media del grosor de la preforma.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que al nivel de cada puntada (33) del pespunte conductor que atraviesa la preforma (20), el hilo superior (31) y el hilo inferior (32) se cruzan al nivel de una cara inferior de la preforma, del lado de la cual la cara inferior se encuentra el hilo inferior.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el pespunte conductor (30) se realiza utilizando hilos superiores (31) eléctricamente conductores e hilos inferiores (32) eléctricamente conductores.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el pespunte conductor (30) está realizado utilizando hilos superiores (31) eléctricamente conductores e hilos inferiores (32) eléctricamente no conductores de resistividad superior $10^{10} \Omega \cdot m$ o utilizando hilos superiores (31) eléctricamente no conductores de resistividad superior a $10^{10} \Omega \cdot m$ e hilos inferiores (32) eléctricamente conductores.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los hilos superiores e inferiores eléctricamente conductores están constituidos por un conjunto de hebras metálicas.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las distancias **D** entre líneas de costura (34) vecinas sustancialmente paralelas se determinan para obtener una densidad superficial de metalización de la preforma (20) comprendida entre 30 g/m^2 y 500 g/m^2 .
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las longitudes **P** entre puntadas (33) sucesivas de una línea de costura (34) se determinan para obtener, al menos localmente, una sección eléctricamente conductora de los hilos del pespunte eléctricamente conductor que atraviesa la preforma según su grosor comprendido entre 1.000 mm^2 y 50.000 mm^2 por m^2 de superficie de la pieza (10).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el pespunte conductor (30) se realiza sobre una preforma seca.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el pespunte conductor (30) se realiza sobre una preforma en la que las fibras de las capas (21) están preimpregnadas con una resina no endurecida.
11. Pieza (10) de material compuesto que comprende fibras de resistividad eléctrica igual o superior a $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega$, mantenidas en una matriz orgánica dura, en la que dichas fibras están dispuestas en capas (21) superpuestas según el grosor **E** de la pieza entre una cara superior (11) y una cara inferior (12) de la pieza, caracterizada por que hilos superiores (31) en el lado de la cara superior (11) e hilos inferiores (32) en el lado de la cara inferior (12), dispuestas en líneas de costura (34) en al menos dos direcciones secantes, atraviesan en todo o en parte las capas (21) al nivel de las puntadas (33), y por que los hilos superiores (31) y/o los hilos inferiores (32) son conductores de la electricidad realizados en un material de resistividad eléctrica inferior a $10^{-7} \Omega \cdot m$ y determinan en la superficie de la pieza (10) en al menos una cara correspondiente, superior (11) respectivamente inferior (12), una red de hilos conductores de la electricidad y en contacto al nivel de las intersecciones entre los hilos eléctricamente conductores.
12. Pieza según la reivindicación 11, en la que solo los hilos superiores (31) o solo los hilos inferiores (32) son eléctricamente conductores, atravesando dichos hilos eléctricamente conductores solo una parte del grosor **E** de la pieza (10) a nivel de las puntadas (33).

13. Pieza según la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en la que los hilos eléctricamente conductores (31, 32) son hilos metálicos, en particular a base de cobre, de aluminio o de un acero, formados por una hebra o por un conjunto de múltiples hebras.
- 5 14. Pieza según la reivindicación 13, en la que los hilos eléctricamente conductores (31, 32) tienen secciones conductoras comprendidas entre $0,05 \text{ mm}^2$ y $0,50 \text{ mm}^2$ y comprenden entre 1 y 50 hebras.
15. Pieza según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en la que las distancias **D** entre líneas de costura (34) adyacentes determinan sobre la cara considerada de la pieza (10) una metalización comprendida entre 30 g/m^2 y 500 g/m^2 .
- 10 16. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 15, en la que la densidad de las puntadas (33) del respunte conductor (30) en la superficie de la pieza (10) está comprendida localmente entre 2.500 y 250.000 puntadas por m^2 .
17. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 16, en la que una densidad superficial de hilos eléctricamente conductores y/o una densidad de puntadas (33) del respunte conductor (30) son variables según ubicaciones en la superficie de la pieza (10).
- 15 18. Pieza según la reivindicación 17, en la que la densidad superficial del hilo eléctricamente conductor y/o la densidad de puntadas (33) del respunte conductor (30) se incrementan en las zonas (13) correspondientes a superficies de ensamblaje entre la pieza de la (10) y una o varias piezas adicionales (10a) eléctricamente conductoras.
- 20 19. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 18, destinada a una estructura de avión y que comprende sobre al menos una de sus caras una metalización realizada por medio de hilos de respunte eléctricamente conductores, destinada a garantizar un retorno de corriente de los equipos eléctricos o electrónicos del avión.
- 20 20. Pieza según una de las reivindicaciones 11 a 19, destinada a una estructura de avión y que comprende sobre al menos una de sus caras una metalización realizada por medio de hilos de respunte eléctricamente conductores, destinada a proteger la pieza de material compuesto contra los efectos de un impacto de rayo.

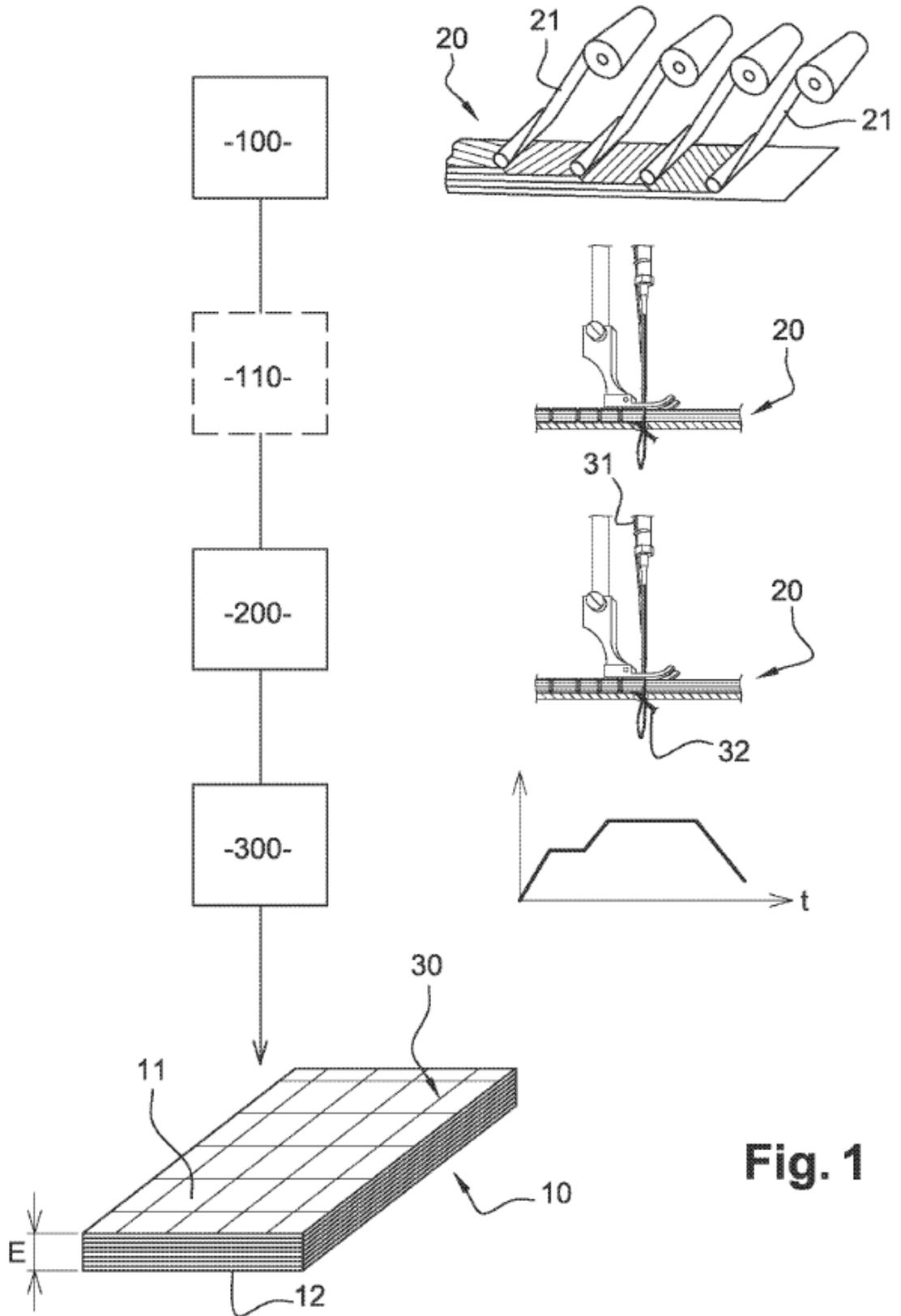


Fig. 1

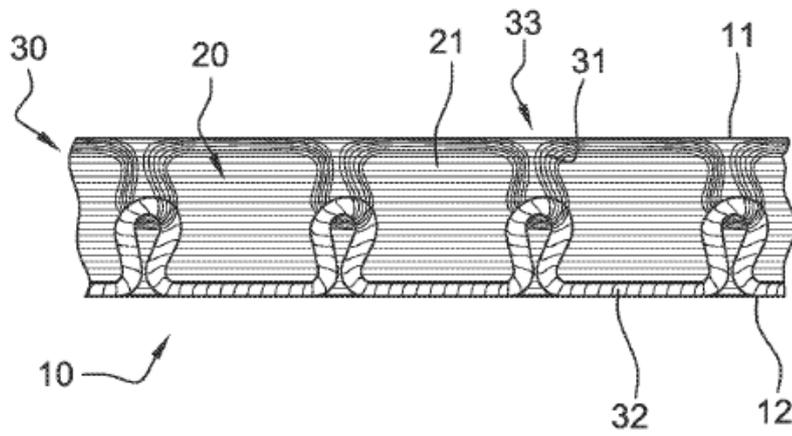


Fig. 2a

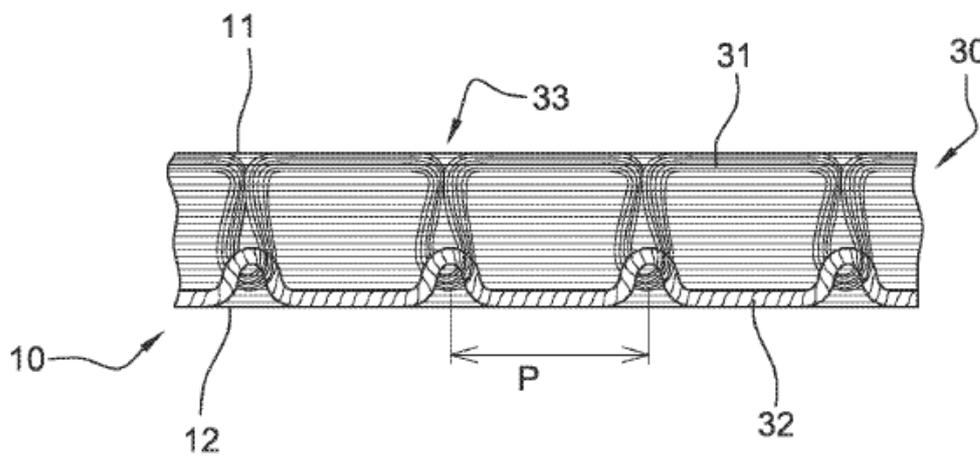


Fig. 2b

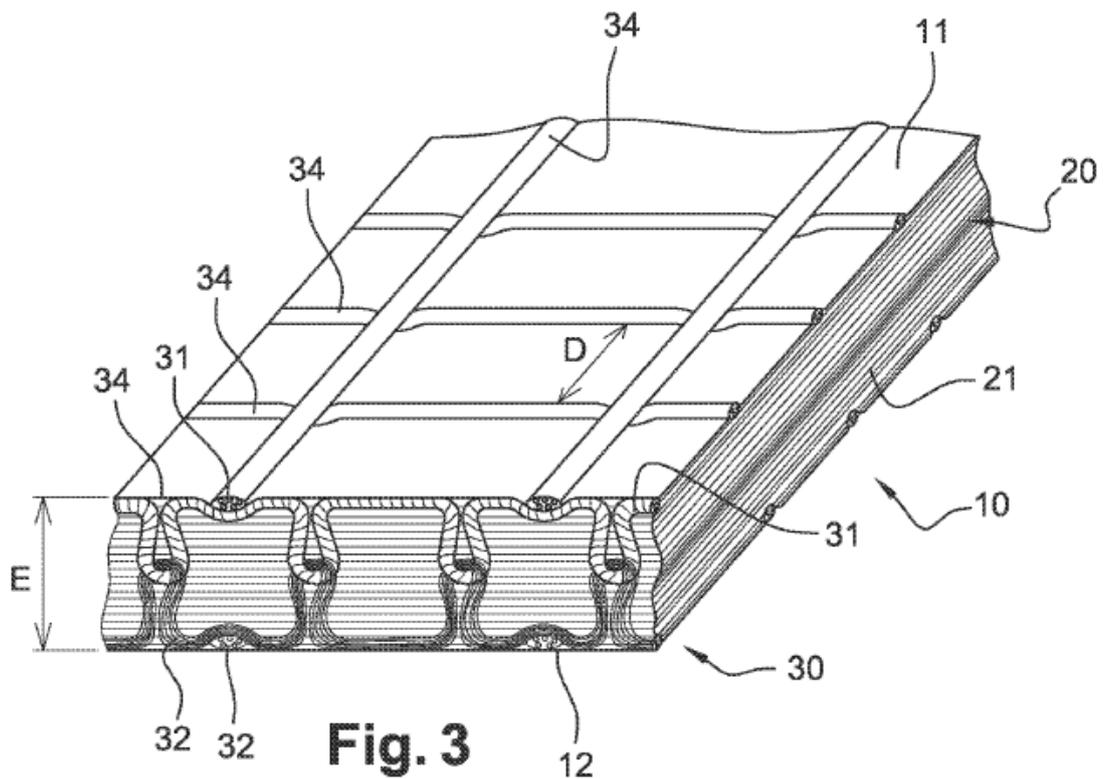


Fig. 3

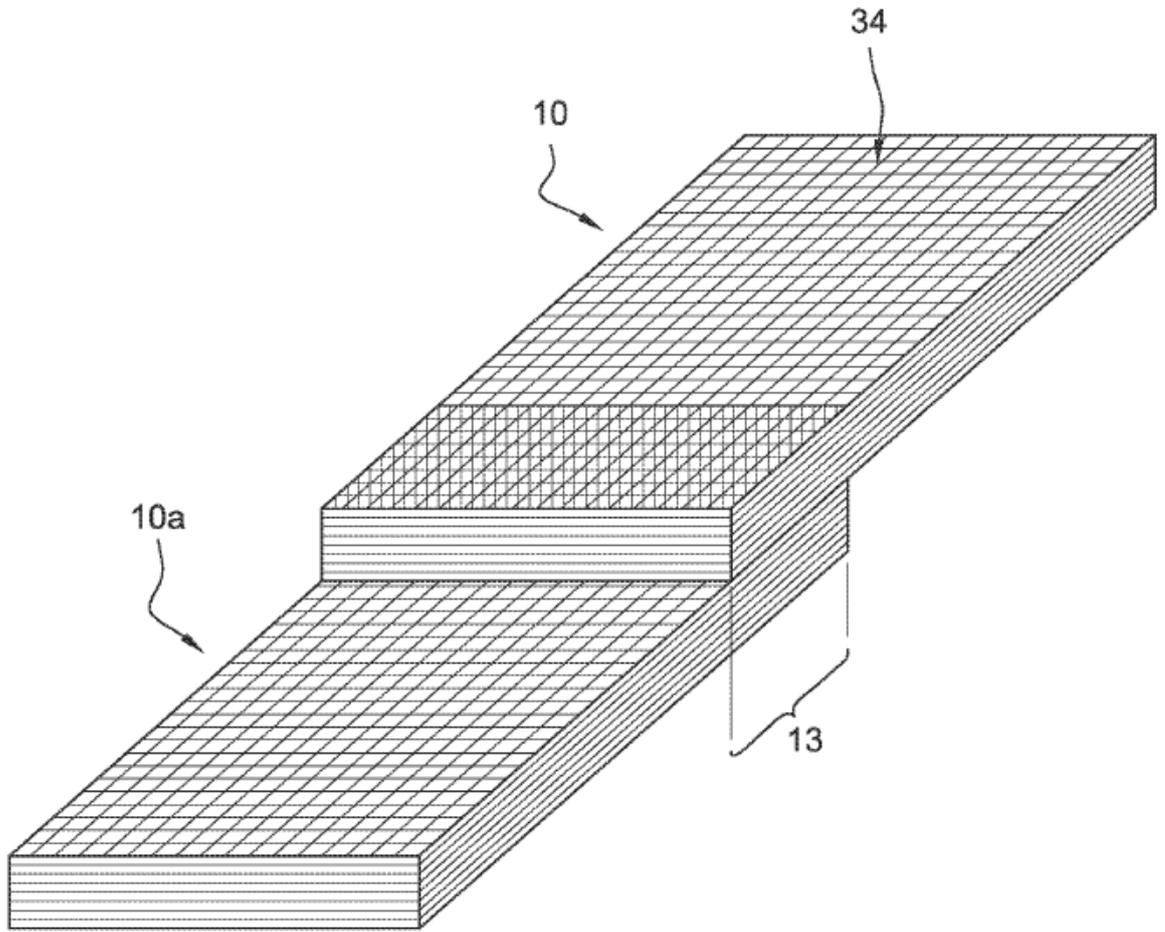


Fig. 4