

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 658**

51 Int. Cl.:

B64D 15/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2015** **E 15382482 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 3153409**

54 Título: **Dispositivo y método de protección contra el hielo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.09.2018

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE, S.A. (100.0%)
Av. John Lennon s/n
28906 Getafe (Madrid) , ES

72 Inventor/es:

REDONDO CARRACEDO, FRANCISCO JOSÉ;
MALDONADO-FRIEDMAN, DANIEL y
VILLAR ITURBE, IRMA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 681 658 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

Dispositivo y método de protección contra el hielo

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere al calentamiento de paneles compuestos por medio de inducción electromagnética. Su uso está destinado a la protección contra el hielo de las superficies aerodinámicas de aeronaves afectadas por la formación de hielo, como, ala, góndola, HTP, hélice, pala de rotor, cúpula, etc.

Antecedentes de la invención

10 La formación de hielo puede ocurrir en varias superficies aerodinámicas de una aeronave cuando se expone a condiciones de hielo. La acumulación de hielo sobre una superficie aerodinámica puede modificar el campo aerodinámico a su alrededor, que podría dar lugar a efectos adversos en el rendimiento de la aeronave, o puede golpear y dañar otras partes de la aeronave después de desprenderse.

Con el fin de prevenir o reducir la formación de hielo, se han desarrollado varios dispositivos y métodos de protección contra el hielo. Existen dos enfoques diferentes cuando se trata de sistemas de protección contra el hielo: permitir la formación de hielo hasta un cierto límite y eliminarlo posteriormente (deshielo) o evitar en primer lugar que se produzca cualquier formación de hielo (antihielo).

15 Los sistemas antihielo más comunes son los basados en el calentamiento de la cara interior de la superficie aerodinámica con aire caliente sangrado del compresor del motor, que tiene la superficie externa calentada por conducción a través del material. Estos tipos de sistemas tienen una eficiencia global baja. En aeronaves modernas, donde el uso de materiales compuestos está aumentando, este sistema demuestra ser de muy baja eficiencia cuando calienta superficies aerodinámicas de fibra de carbono de polímero reforzado (CFRP) debido a la mala conductividad térmica del material. Por otra parte, los laminados de CFRP están limitados a temperaturas mucho más bajas que aquellos para materiales metálicos.

20 Existen alternativas a la protección de hielo de las superficies aerodinámicas de una aeronave. Los sistemas pueden estar basados en la modificación de las propiedades de la superficie externa para evitar la formación de hielo, ya sea en las piezas metálicas por modificación de la rugosidad nanométrica o mediante el depósito de diferentes productos impregnados en adhesivos. Otro grupo utiliza el calentamiento directo de superficies aerodinámicas por medio de sistemas de aire o similar, pero una gran parte de las nuevas contribuciones utilizan variantes de calentamiento por efecto Joule en combinación con sistemas más o menos convencionales, con corriente alterna o continua en función de las necesidades, por medio de los efectos electrotérmicos o incluso con el uso de nanotubos de carbono.

30 Otra alternativa es calentar las superficies aerodinámicas por inducción electromagnética: se forman corrientes parásitas en materiales eléctricamente conductores que luego calientan el material por efecto Joule. Este método ha sido estudiado por su uso en partes metálicas de las turbinas, así como en materiales compuestos.

35 La cuestión de la utilización de inducción electromagnética es que, con el fin de generar las corrientes parásitas, se necesita una capa delgada de un material eléctricamente conductor (por ejemplo, metal), que no es una característica de los laminados CFRP. Por otra parte, se necesita una distribución del devanado específica para inducir las corrientes en la capa conductora de tal manera que se propagan uniformemente y el nivel de calor se alcanza en cada área.

El objetivo de los sistemas de protección de hielo sobre la base de calentamiento es aumentar la temperatura de la capa externa de la superficie aerodinámica a una temperatura que impide la formación de hielo.

40 Cuando se trata de calentar estructuras de CFRP por inducción electromagnética, las escasas propiedades eléctricas de las fibras de carbono y la matriz de polímero no permiten la formación de fuertes corrientes parásitas en el interior del material; por lo tanto, se genera poco o nada de calor en absoluto en el material. Los documentos EP2919555, DE102008063409 ó US2008/0251642 están relacionados con dispositivos de protección contra el hielo mediante inducción electromagnética.

Descripción de la invención

5 El dispositivo de protección contra el hielo objeto de la invención es adecuado para una superficie de aeronave que tenga una capa de material compuesto. El dispositivo comprende una capa de material eléctricamente conductor configurado para estar situado en la cara exterior de la capa de material compuesto y adaptado para ser calentado por inducción electromagnética. Se considera que la cara exterior es la cara más cerca de la superficie exterior de la aeronave una vez que la capa de CFRP o panel ha sido localizado en su posición final.

El dispositivo comprende:

- un devanado monofásico perimetral configurado para calentar el borde que rodea un área delimitada de la capa eléctricamente conductora,

10 - un devanado interior monofásico o multifásico configurado para calentar el interior de la zona delimitada de la capa eléctricamente conductora definida por el devanado perimetral monofásico,

15 - una unidad de control, para controlar de forma independiente el devanado monofásico perimetral y el devanado interior monofásico o multifásico, dicha unidad de control estando configurada de tal manera que acciona continuamente el devanado monofásico perimetral para evitar la formación de hielo en el borde de la zona delimitada y tal que acciona el devanado interior monofásico o multifásico cuando el hielo formado en el área delimitada tiene que ser separado.

20 El objeto de esta invención es proporcionar una solución detallada para el calentamiento de una estructura de CFRP en base a: (a) la inclusión de una capa eléctricamente conductora en la superficie externa del panel CFRP (o cualquier otro tipo de material compuesto no conductor) con el fin de hacer que sea susceptible de calentamiento por inducción electromagnética, y (b) una cierta distribución del devanado que distribuye el calor de una manera controlada, permitiendo la creación de tiras calefactadas verticales y horizontales entre las zonas calentadas.

Por lo tanto, el devanado monofásico perimetral permite la definición de una zona delimitada en la que el borde está permanentemente calentado, de manera que en los límites circundantes de dicha área se evita la formación de hielo. Dichos límites circundantes se conocen como tiras. Por lo tanto se controla el tamaño de la pieza formada de hielo.

25 Cuando se forma hielo dentro de la zona delimitada, se acciona el devanado interior monofásico o multifásico y calienta la superficie de la aeronave con el fin de separar el pedazo de hielo.

30 Cuando un panel de CFRP que incluye dicha capa conductora en su cara exterior se somete a la inducción electromagnética, se forman corrientes parásitas en el material eléctricamente conductor, calentando directamente el panel en su cara externa. Una ventaja adicional de esta invención es que los devanados de inducción pueden colocarse en la cara interior del panel CFRP, mientras que el calor se genera en la superficie exterior; por lo tanto, no requiere ninguna transmisión de calor por conducción entre las partes interior y exterior del panel, lo que permite una alta eficiencia general.

35 Los devanados de inducción podría ser colocados en la parte interior de la capa de material compuesto en lugar de estar embebidos en la capa de material compuesto. La ventaja de esta configuración es que las tareas de mantenimiento son más sencillas debido a su ubicación en la parte interior de, por ejemplo, el borde de ataque, cuyo acceso se logra con sólo separar dicho borde de ataque ya que los devanados de inducción no se incrustan en el panel de CFRP.

40 Además, el dispositivo de protección contra el hielo puede ser configurado como un conjunto de diferentes módulos formados por un devanado monofásico perimetral y el grupo de devanados internos situados en el interior del devanado exterior. Esta configuración tiene también la ventaja de que el mantenimiento de las partes dañadas se podría realizar mediante la eliminación de sólo los módulos afectados.

Otra posibilidad sería la de dividir también el panel de CFRP en módulos y situar el devanado embebido en el panel de CFRP.

Otra ventaja importante es que, mediante la combinación de un diseño de devanado específico y la lógica apropiada de control de corriente de corriente alterna, puede controlarse con precisión el calor generado y distribuido de manera eficiente a diferentes áreas objetivo.

5 Como tal, la invención puede probar una manera más eficaz y eficiente de proteger las superficies aerodinámicas de la formación de hielo que otras soluciones empleadas en la actualidad.

La invención permite minimizar el peso y la maximización de la resistencia equivalente del transformador eléctrico formado entre la capa metálica y los devanados de inducción.

También es un objeto de la invención, una superficie de aeronave que comprende una capa de material compuesto y el dispositivo descrito anteriormente.

10 Es un objeto adicional de la invención un método de protección contra el hielo para una superficie de aeronave que comprende una capa de material compuesto y una capa de material eléctricamente conductor configurado para estar situado en la superficie externa de la capa de material compuesto y adaptado para ser calentado por inducción electromagnética, caracterizado en que la superficie de la aeronave comprende:

15 - un devanado monofásico perimetral configurado para calentar el borde que rodea un área delimitada de la capa eléctricamente conductora,

- un devanado interior monofásico o multifásico configurado para calentar el interior de la zona delimitada definido por el devanado monofásico perimetral.

20 El método comprende además las etapas de operar continuamente el primer devanado monofásico por una unidad de control para evitar la formación de hielo en el borde de la zona delimitada y el segundo devanado monofásico o multifásico cuando se tiene que desprender el hielo formado en el área definido por el primer devanado.

Descripción de las figuras

Para completar la descripción y con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una pieza integral de la descripción e ilustran realizaciones preferidas de la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras.

25 La figura 1 muestra una representación esquemática de una sección transversal de las diferentes capas de la superficie de la aeronave que tienen el dispositivo de protección contra el hielo.

La figura 2 muestra una representación esquemática de un ejemplo de realización de un módulo de distribución de devanado, que tiene un devanado monofásico perimetral y dos devanados bifásicos interiores.

30 La figura 3 muestra una representación esquemática en perspectiva de un ejemplo de realización de la disposición general del devanado a lo largo de una superficie aerodinámica de una aeronave, cuatro módulos (cuatro devanados monofásicos perimétricos y cuatro conjuntos de devanados bifásicos interiores).

La figura 4 muestra una representación esquemática en perspectiva del ejemplo de realización mostrado en la Figura 3 cuando se accionan los devanados monofásicos perimétricos.

35 La figura 5 muestra una representación esquemática en perspectiva del ejemplo de realización mostrado en la Figura 3 cuando se accionan los conjuntos de devanados bifásicos interiores.

Descripción detallada de la invención

La Figura 2 muestra una realización del dispositivo de protección contra el hielo objeto de la invención. Más específicamente, se muestra la siguiente distribución del devanado:

5 - un devanado monofásico perimetral (1) configurado para calentar el borde que rodea un área delimitada de la capa eléctricamente conductora (12),

- un devanado interior bifásico (2, 3) que se encuentra dentro del área delimitada definida por el devanado exterior (1) y que tiene dos fases (2, 3) con una diferencia de fase entre sí.

10 La figura 2 divulga dos devanados bifásicos interiores (2, 3) que se localizan dentro del mismo devanado monofásico perimetral (1) y que tienen la misma diferencia de fase entre las dos fases (2, 3). La figura 3 divulga cuatro devanados monofásicos perimétricos (1), cada uno de los devanados monofásicos perimétricos (1) rodeando un conjunto de devanados bifásicos interiores (2, 3).

Las dos fases (2, 3) del devanado interior bifásico (2, 3) están geoméricamente y temporalmente desplazadas la una de la otra.

15 El devanado exterior (1) del ejemplo de realización divulgado comprende una forma cuadrada y las fases (2, 3) del conjunto de devanados bifásicos interiores comprende una forma alargada de manera que cubra el área dentro del devanado exterior (1). Podrían disponerse devanados bifásicos adicionales (2, 3) y se alcanzaría un calentamiento más uniforme.

Además, ambas fases primera y segunda (2, 3) de cada bobinado interior bifásica se solapan de tal manera que la fase ascendente de la segunda fase (3) está situada entre las fases ascendentes y descendentes de la primera fase (2).

20 Además, la primera fase (2) y la segunda fase (3) están desplazadas temporalmente 90° , de tal manera que a 0° está la fase ascendente de la primera fase (2), a 90° la fase ascendente de la segunda fase (3), a 180° la fase descendente de la primera fase (2) y a 270° la fase descendente de la segunda fase (3).

Por último, la corriente que fluye a través de ambas primera y segunda fase tiene que ser igual. Todas las primeras fases (2) se alimentan a la vez y todas las segundas fases (3) también se alimentan a la vez.

25 Con el desplazamiento geométrico y temporal el campo magnético generado en el laminado CFRP es uniforme, así como la densidad de corriente y, consecuentemente, las pérdidas inducidas. Dicha distribución de devanados permite conseguir una distribución de calentamiento controlado y por lo tanto se propone una distribución del devanado modular.

30 Otra ventaja es que como la distribución anterior es modular, entendiendo por módulo, el conjunto formado por un devanado monofásico perimetral (1) y al menos un devanado interior monofásico o multifásico (2, 3) situado en el interior.

Cuando la fase del devanado interior (2, 3) está siendo accionada el hielo se separa de la superficie. Dado que la fase del devanado exterior (1) está funcionando de forma continua, se evita la formación de hielo en las tiras horizontales y verticales, por lo tanto, dividiendo la formación de hielo en segmentos y limitando su tamaño máximo.

35 Una ventaja adicional es que, dado que el devanado interno (2, 3) se acciona de una forma pulsante no es necesario tener todos los módulos alimentados a la vez y se pueden alimentar de forma secuencial, de modo que la potencia máxima requerida se reduce.

A fin de lograr la capa metálica (12) en el laminado CFRP, se pueden utilizar dos métodos diferentes:

- Inclusión de una malla u hoja metálica.
- Proyección de partículas metálicas.

El espesor de dicha capa (12), cuando se combina con la disposición de devanado propuesto, puede ser tan bajo como 0,01 mm.

- 5 Para la proyección de partículas metálicas, dependiendo del material metálico utilizado, puede ser necesario introducir una capa intermedia (11) entre el laminado CFRP (10) y la capa metálica. Esta capa intermedia (11) puede ser un adhesivo o un termoplástico proyectado sobre la superficie del laminado CFRP (10). La proyección de tanto el termoplástico (11) como de la capa metálica (12) se realiza normalmente mediante un revestimiento de combustible de oxígeno de alta velocidad (HVOF).
- 10 Puede ser necesaria una capa adhesiva adicional (13), dependiendo del material metálico utilizado y su espesor, en la parte superior de la capa metálica (12), como se muestra en la Figura 1.

Para la inclusión de una malla u hoja metálica tiene que ser incluida una capa adhesiva (11) entre el laminado CFRP (10) y la capa metálica (12).

Los materiales metálicos que pueden utilizarse para tal aplicación son:

- 15
- Aleaciones a base de hierro (por ejemplo AISI304, AISI316)
 - Níquel
 - Aluminio

Se pueden añadir capas adicionales (13) de materiales no conductores en la parte superior de la capa metálica (12), tal como pintura, sin modificar la respuesta electromagnética del panel de material compuesto.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Dispositivo de protección contra el hielo para una superficie de aeronave que tenga una capa de material compuesto (10), comprendiendo el dispositivo una capa de material eléctricamente conductor (12) configurada para estar situada en la cara exterior de la capa de material compuesto (10) y adaptada para ser calentada por inducción electromagnética, caracterizado por que el dispositivo comprende además:
- un devanado monofásico perimetral (1) configurado para calentar el borde que rodea un área delimitada de la capa eléctricamente conductora (12),
 - un devanado interior monofásico o multifásico (2, 3) configurado para calentar el interior de la zona delimitada de la capa eléctricamente conductora (12) definido por el devanado monofásico perimetral (1),
 - 10 - una unidad de control, para controlar de forma independiente el devanado monofásico perimetral (1) y el devanado interior monofásico o multifásico (2, 3), dicha unidad de control estando configurada de tal manera que está adaptada para accionar continuamente el devanado perimetral monofásico (1) para evitar la formación de hielo en el borde de la zona delimitada y también está adaptado para el accionamiento del devanado interior monofásico o multifásico (2, 3) cuando el hielo formado dentro de la zona delimitada tiene que ser separado.
- 15 2.- Dispositivo de protección contra el hielo, según la reivindicación 1, donde el devanado monofásico perimetral (1) y los devanados interiores monofásicos o multifásicos (2, 3) están situados en la cara interior de la capa de material compuesto (10).
- 20 3.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una distribución modular, comprendiendo cada módulo un devanado perimetral monofásico (1) y al menos un devanado interior monofásico o multifásico (2, 3).
- 4.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fases (2, 3) del devanado interior multifásico (2, 3) están desplazadas geométricamente entre ellas.
- 25 5.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde las corrientes de alimentación de las fases (2, 3) del devanado interior multifásico (2, 3) están desplazadas temporalmente entre ellas.
- 6.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la corriente que fluye a través de las fases (2, 3) del devanado interior multifásico (2, 3) es igual para cada fase (2, 3).
- 7.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el devanado interior multifásico (2, 3) es bifásico.
- 30 8.- Dispositivo de protección contra el hielo, según la reivindicación 7, en el que la primera fase (2) y la segunda fase (3) del devanado bifásico (2, 3) están temporalmente desplazadas 90° una de la otra.
- 9.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa de material eléctricamente conductora (12) es una malla metálica.
- 35 10.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la capa de material eléctricamente conductora (12) está formada por partículas metálicas.
- 11.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que comprende una capa adhesiva (11) situada entre la capa de material compuesto (10) y la capa metálica (12).

12.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que comprende una capa adhesiva adicional (13) situada en la parte superior de la capa metálica (12).

13.- Dispositivo de protección contra el hielo, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una capa adicional de pintura en la parte superior de la capa metálica (12).

5 14.- Superficie de aeronave que comprende una capa de material compuesto (10) y el dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

10 15.- Método de protección contra el hielo para una superficie de aeronave que comprende una capa de material compuesto (10) y una capa (12) de material eléctricamente conductor configurado para estar situada en la superficie externa de la capa de material compuesto (10) y adaptada para ser calentada por inducción electromagnética, caracterizado por que la superficie de la aeronave comprende:

- un devanado monofásico perimetral (1) configurado para calentar el borde que rodea un área delimitada de la capa eléctricamente conductora (12),

- un devanado interior monofásico o multifásico (2, 3) configurado para calentar el interior de la zona delimitada definido por el devanado monofásico (1),

15 el método comprendiendo las etapas de accionamiento de forma continua del devanado monofásico perimetral (1) por una unidad de control para evitar la formación de hielo en el borde de la zona delimitada y accionar el devanado interior monofásico o multifásico (2, 3) cuando tiene que ser separado el hielo formado en el área definida por el devanado perimetral monofásico (1).

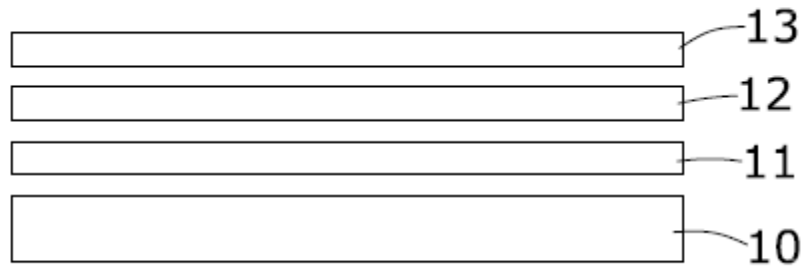


FIG. 1

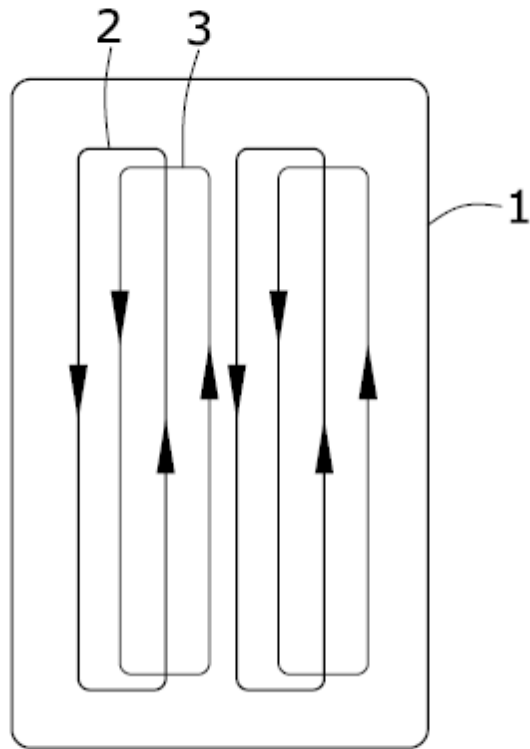


FIG. 2

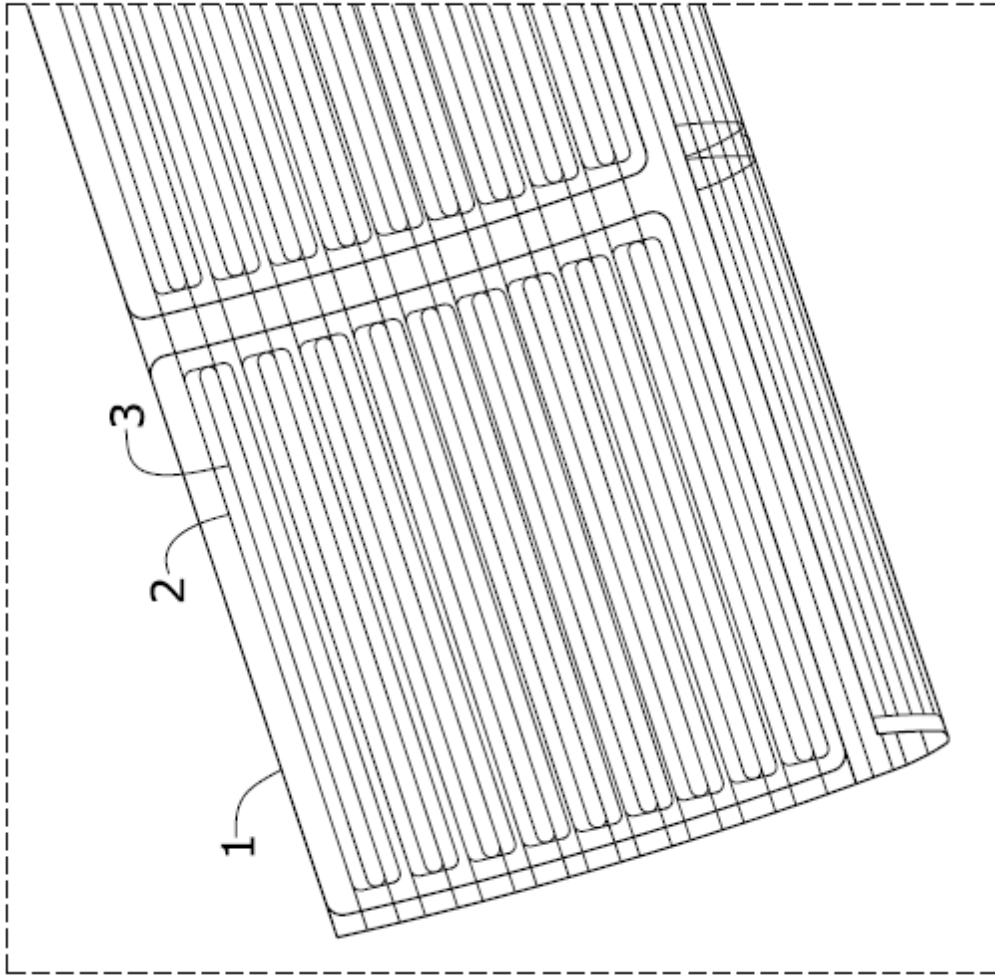


FIG.3

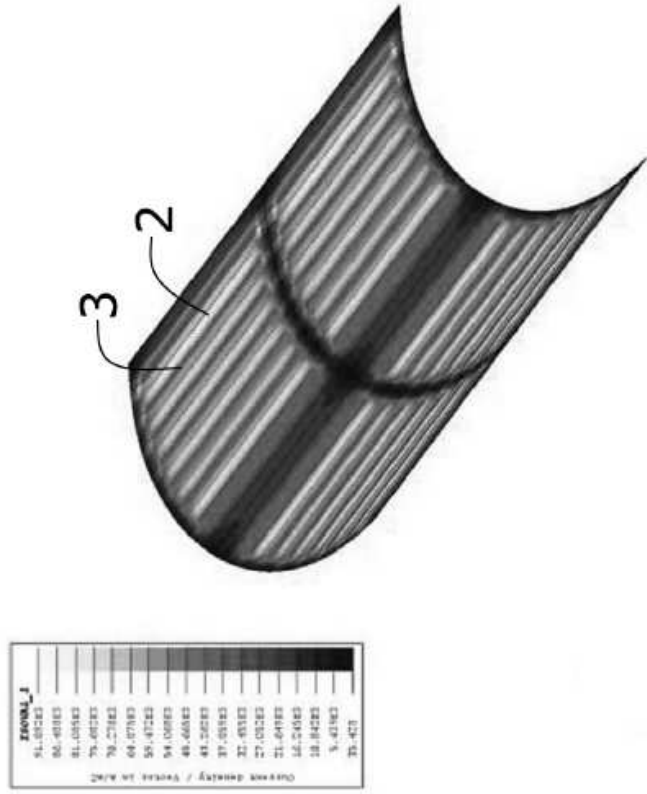


FIG.5

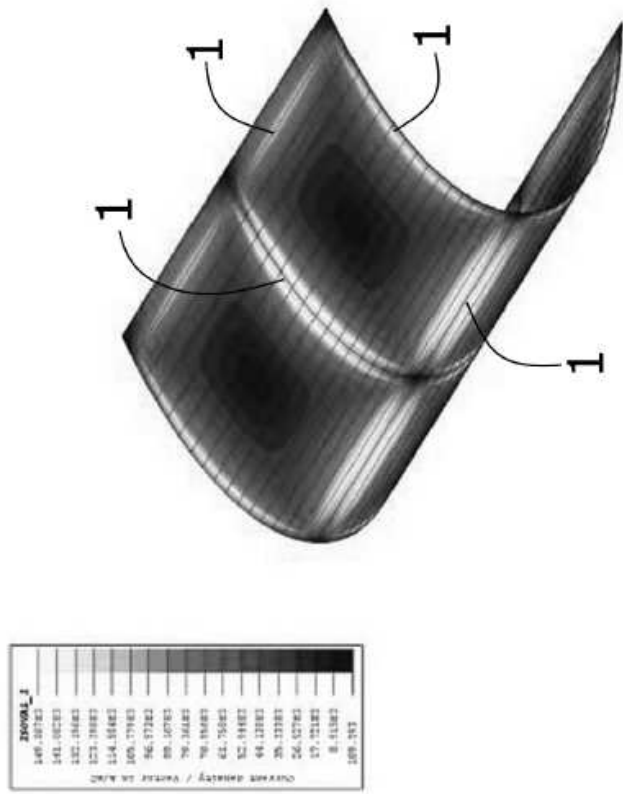


FIG.4