

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 372**

51 Int. Cl.:

B64C 7/00 (2006.01)

B01J 13/18 (2006.01)

B29C 73/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2012 E 12176471 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2551189**

54 Título: **Escudo protector contra impactos de hielo en aeronaves**

30 Prioridad:

29.07.2011 ES 201131330

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS, S.L. (100.0%)
Avda. John Lennon s/n
28906 Getafe, Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**GUILLEMAUT, JULIEN;
BLANCO VARELA, TAMARA;
FOLCH CORTÉS, DIEGO;
GOYA ALBAURREA, PABLO;
MARTINO GONZÁLEZ, ESTEBAN y
VINUE SANTOLALLA, EDUARDO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 372 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

Escudo protector contra impactos de hielo en aeronaves

Objeto de la invención

5 Esta invención divulga un escudo protector contra impactos de hielo en aeronaves, especialmente en aeronaves con motores que disponen de hélices. Se incluye en el campo técnico de la industria aeronáutica.

Problema a resolver y estado de la técnica

10 Las aeronaves con motores que disponen de hélices son muy habituales como medio de transporte, tanto en aplicación civil como militar (para el uso de transporte de mercancías o pasajeros), para necesidades de transporte en distancias cortas y medias. En determinadas condiciones atmosféricas, las hélices pueden expeler fragmentos de hielo hacia el fuselaje de la aeronave; la invención divulga un escudo contra el impacto de hielo en el fuselaje de la aeronave empleando materiales auto-reparadores.

15 Los escudos para fuselajes de aeronaves se utilizan para proteger las estructuras de las aeronaves de los impactos de hielo u otros objetos sobre la superficie de la aeronave. Desgraciadamente, durante el vuelo se pueden producir varios impactos, dañando las características de protección de la aeronave; para garantizar las características de protección en vuelo, la presente invención divulga un escudo con material auto-reparador, que repara el material de protección en condiciones de vuelo (y también en tierra), aumentando la seguridad en vuelo.

20 El tamaño de los fragmentos de hielo y el número de impactos de hielo puede depender del tiempo que la aeronave pase en condiciones de formación de hielo. La mayoría de las aeronaves modernas disponen de sistemas antihielo, incluyendo dispositivos para deshelar las hélices, que disminuyen la gravedad de los impactos de hielo durante el vuelo nominal. Sin embargo, también debe considerarse el caso de un fallo del sistema anti-hielo durante condiciones de vuelo (a pesar de que la probabilidad de que esto ocurra sea baja). Ante dicho escenario, los impactos de hielo pueden ser más severos y la probabilidad de que se produzcan impactos repetitivos es real (ya que la aeronave puede permanecer mucho tiempo en condiciones de formación de hielo con los sistemas anti-hielo inoperativos).

25 A continuación se presenta una descripción de los diferentes escenarios que pueden darse para la formación de hielo en hélices.

30 Escenario 1: configuración nominal. Todos los motores están operativos, así como los sistemas anti-hielo. La aeronave entra en condiciones de formación de hielo. El piloto puede activar los sistemas anti-hielo en poco tiempo (unos minutos) y al cabo de unos pocos segundos los sistemas antihielo están funcionando. La aeronave no estará durante mucho tiempo en condiciones de formación de hielo con los sistemas anti-hielo inactivos (el tiempo máximo estimado es de unos pocos minutos). Se pueden formar fragmentos de hielo que las hélices expulsan, pero su tamaño no será muy grande. Estos impactos pueden calificarse como "impactos de baja energía" pero son "impactos muy probables" (se darán mucho ya que ésta es la configuración nominal). Por lo tanto, sobre la aeronave habrá muchos impactos de baja energía.

35 Escenario 2: configuración de fallo. Todos los motores están operativos y los sistemas anti-hielo fallan. En esta situación pueden darse varias alternativas.

40 Escenario 2.1. Si se detecta el fallo en los sistemas anti-hielo, el piloto puede cambiar el plan de vuelo para reducir el tiempo que se está en condiciones de formación de hielo. Se estima que el orden de magnitud del tiempo máximo que se puede estar en condiciones de formación de hielo es alrededor de 15 minutos. Entonces en las hélices se pueden formar fragmentos de hielo más grandes que en la configuración nominal. Sin embargo, la probabilidad de que esto ocurra es mucho menor. El orden de magnitud de la probabilidad es 10^{-5} por hora de vuelo.

5

Escenario 2.2. Si no se detecta el fallo en los sistemas anti-hielo, el piloto no cambiará el plan de vuelo y la aeronave permanecerá más tiempo en condiciones de formación de hielo. El tiempo máximo que se pasa en condiciones de formación de hielo es mayor que en el escenario 2.1, pero el tamaño de los fragmentos no es mayor. El escenario 2.2 es idéntico al escenario 2.1 excepto en que pueden ocurrir más impactos. La probabilidad del escenario 2.2 es incluso menor que la probabilidad del escenario 2.1 (de hecho habitualmente hay una segregación entre los sistemas anti-hielo y los sistemas de detección de fallos). El orden de magnitud de la probabilidad es 10^{-7} por hora de vuelo.

10

Por lo tanto, las hélices pueden expeler fragmentos de hielo que impacten sobre el fuselaje de la aeronave u otra parte relevante del avión (por ejemplo, estabilizadores de cola vertical y horizontal). Como consecuencia, se requiere un escudo de protección que minimice el daño en vuelo de dichas partes de la aeronave. Dado que el impacto de hielo puede ocurrir con frecuencia (incluso durante el mismo vuelo), es necesario definir una protección robusta contra esa clase de amenazas con idea de reducir el coste de operación de la compañía. Éste es el objetivo de la invención.

15

Otros daños pueden producirse cuando la aeronave está en tierra, por ejemplo, durante el mantenimiento o en operaciones de revisión. Si al escudo de protección no le ocurre ningún accidente severo durante las operaciones de mantenimiento, las características auto-reparadoras hacen innecesarias más acciones de reparación.

20

El estado de la técnica presenta diversas propuestas de materiales auto-reparadores y materiales de protección de impactos para uso aeronáutico. El documento WO 2007/003879 A1 divulga una estructura auto-reparadora que comprende un material de fibra sólida embebido en una matriz de resina, que proporciona facilidades de reparación mediante el uso de compuestos adhesivos curables en dos partes en algunas de las fibras de la estructura. El documento GB 2 288 441 A muestra una hélice que comprende una pala con un diseño de múltiples capas de fibras unidas y un contorno protector colocado a lo largo de la pala. Sin embargo, no se han encontrado evidencias sobre un escudo para fuselajes de aeronaves que emplee materiales auto-reparadores según la presente invención.

25

También se conoce el documento US 2009/0365568 que describe un material autoreparador que comprende una matriz embebida con micro-cavidades de un agente reparador liberable por una grieta en la matriz. El agente reparador es capaz de unirse a la matriz para reparar la grieta. El agente reparador está contenido en microcápsulas. Embebido en la matriz hay un catalizador correspondiente para el agente reparador y contenido en una pluralidad de microcápsulas como una emulsión. La emulsión comprende un aceite, un disolvente perfluorado, un líquido iónico hidrófobo o mezclas de los mismos. También describe un método para fabricar el material autoreparador que comprende las etapas de identificar un rango de temperatura de funcionamiento del material, proporcionar al menos una sustancia como agente reparador, sustancia que permanece sustancialmente en estado líquido dentro del rango de temperatura de funcionamiento, identificar una tasa de evaporación operacional del agente reparador y proporcionar a la sustancia un tiempo de curado según la tasa de evaporación.

30

Sumario de la invención

35

Para alcanzar los objetivos y resolver los inconvenientes previamente mencionados, la invención ha desarrollado un escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves según lo divulgado en la reivindicación 1. Este escudo comprende telas de material compuesto que tienen microcápsulas, conteniendo cada microcápsula un agente reparador. Las microcápsulas están hechas de urea formaldehído o de alcohol polivinílico.

40

En un ejemplo de realización de la invención, el material compuesto del escudo también tiene otras microcápsulas que contienen partículas catalizadoras, y el agente reparador contenido en una microcápsula actúa cuando una grieta producida en el escudo alcanza:

- al menos una microcápsula con el agente reparador, y
- al menos una microcápsula con partículas catalizadoras.

Entonces, las partículas catalizadoras reaccionan con el agente reparador, convirtiéndose dicho agente reparador en un agente reparador polimerizado.

5 El agente reparador de acuerdo con un ejemplo de realización que no forma parte de la invención puede ser dicitopentadieno; para este agente reparador las partículas catalizadores que con él reaccionan son partículas de hexacloruro de tungsteno y cloruro de dietilaluminio (WCl₆-Et₂AlCl), o partículas de complejos de carbeno-rutenio, o partículas de complejos de carbeno-osmio. El agente reparador según la invención es cianoacrilato. Para este agente reparador las partículas catalizadores son partículas de agua.

10 En otra forma de realización de acuerdo con un ejemplo de realización que no forma parte de la invención, el agente reparador contenido en las microcápsulas es un polímero termoplástico, pero no hay otras microcápsulas con partículas catalizadoras. El agente reparador contenido en las microcápsulas se convierte en líquido al calentar los paneles del escudo, esparciéndose el agente reparador dentro de la grieta. Entonces, cuando la temperatura de los paneles del escudo disminuye el agente reparador vuelve a hacerse sólido, endureciendo la grieta. Los paneles del escudo están fabricados usando una resina epoxi, una resina bismaleimida (BMI), o una resina termoplástica (como resina PEEK (poli-éter-éter-cetona) o resina PEKK (poli-éter-cetona-cetona)).

15 La invención también divulga un escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves en la que el escudo tiene paneles del escudo que están montados sobre cuadernas verticales y horizontales que están unidas a la estructura de la aeronave. Esta estructura de aeronave puede ser una parte de la sección del fuselaje, un estabilizador vertical de cola, un estabilizador horizontal de cola, una góndola del motor o un pilón.

Para proporcionar una mejor comprensión de esta memoria, y siendo parte integral de la misma, se adjuntan una serie de figuras en las que el objeto de la invención ha sido representado de manera ilustrativa y no limitativa.

Descripción de las figuras

20 La invención se entenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción detallada tomada en conjunto con las figuras, en las que referencias numéricas similares se emplean para designar elementos similares y en las que:

La figura 1 ilustra el mecanismo de auto-reparación que ocurre cuando el material se daña (propagación de la grieta) en el caso de material auto-reparador con microcápsulas que contienen material reparador.

25 La figura 2 muestra una vista global de la sección central del fuselaje de una aeronave (dada como ejemplo de aplicación), con un escudo de protección contra el hielo.

La figura 3 es una vista detallada de cómo se integran los escudos; 3.1 describe las cuadernas de apoyo que están unidas al fuselaje, y la figura 3.2 muestra una vista detallada de los escudos que están adjuntas a las cuadernas previamente mencionadas.

30 La figura 4 es otro ejemplo de aeronave con motores montados en su parte posterior, con distintas ubicaciones posibles del escudo. En la figura 4.1 el escudo se sitúa en los paneles del fuselaje (exterior). En la figura 4.2 el escudo se encuentra sobre el estabilizador vertical de cola o el estabilizador horizontal de cola. En la figura 4.3, el escudo se ubica sobre la estructura del pilón.

35 A continuación se da una lista de las referencias numéricas empleadas en las figuras: 1 = material compuesto; 2 = microcápsulas; 3 = partículas catalizadoras; 4 = grieta; 5 = agente reparador; 6 = agente reparador polimerizado; 7 = fuselaje principal; 8 = cuadernas; 9 = paneles del escudo; 10 = fuselaje posterior; 11 = pilón; 12 = estabilizador vertical de cola; 13 = estabilizador horizontal de cola; 14 = motor; 15 = góndola del motor.

Descripción detallada de la invención

A continuación se hace una descripción de la invención basada en las figuras anteriormente citadas.

Hay dos ejemplos de realización principales relativas a materiales compuestos "auto-reparadores":

- Microcápsulas que contienen un material adhesivo añadido a la resina del material compuesto.
- Microcápsulas que contienen un polímero termoplástico añadido a la resina del material compuesto.

La figura 1 muestra una vista en sección de un material compuesto según el primer ejemplo de realización de "materiales auto-reparadores" que se presentan en esta invención. La figura 1.a) representa diversas telas de material compuesto (las telas no pueden representarse en esta escala) que tienen microcápsulas (2). Algunas microcápsulas (2) contienen un agente reparador (5) (habitualmente material adhesivo), y algunas microcápsulas (2) contienen partículas catalizadoras (3). En la figura 1, sólo se han representado con su referencia numérica las microcápsulas (2) conteniendo el agente reparador (5); por tanto, debe entenderse que las partículas catalizadoras (3) también están contenidas en su correspondiente microcápsula (2). La figura 1.a) también ilustra la situación cuando una grieta (4) comienza a progresar dentro del material compuesto (1). Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando un fragmento de hielo impacta contra el escudo. La figura 1.b) representa la situación cuando la grieta (4) alcanza la microcápsula (2). El agente reparador (5) se esparce dentro de la grieta (4). La figura 1.c) ilustra cómo actúa el agente reparador (5).

Cuando una grieta (4) crece dentro de un material compuesto (1), alcanza una cualquiera de las microcápsulas (2) ubicadas dentro del material compuesto (1) (véase la figura 1.b)). Según aumenta la grieta (4) su tamaño, también alcanza partículas catalizadoras (3) distribuidas por todo el material compuesto (1). Cuando la grieta es lo suficientemente grande, hace que las partículas catalizadoras (3) entren en contacto con el agente reparador (5) que está dentro de la microcápsula (2) (véase la figura 1.c)). Este agente reparador (5) es un agente reparador monómero que reacciona en presencia de las partículas catalizadoras (3), rellenando la grieta (4) con un agente reparador polimerizado (6) que se genera debido a la reacción del agente reparador (5) con las partículas catalizadoras (3).

El agente reparador (5) puede ser, según un ejemplo de realización que no forma parte de la invención, dicitopentadieno (DCPD) o, de acuerdo con un ejemplo de realización que forma parte de la invención, cianoacrilato. Las microcápsulas (2) pueden estar hechas de componentes de urea formaldehído (UF) o de alcohol polivinílico (PVA). Las partículas catalizadoras (3) también están contenidas en microcápsulas que tienen características similares a las microcápsulas (2) que contienen el agente reparador (5). Hay diversas opciones para escoger partículas catalizadoras (3).

Cuando se emplea dicitopentadieno (DCPD) como agente reparador (5), las partículas catalizadores (3) pueden ser: a) un sistema catalizador basado en hexacloruro de tungsteno y cloruro de dietilaluminio (WCl_6-Et_2AlCl), o b) un sistema catalizador basado en complejos de carbeno-rutenio, o c) un sistema catalizador basado en complejos de carbeno-osmio. El agente reparador (5) y las partículas catalizadores (3), que están contenidas en las microcápsulas (2), están operativos cuando se encuentran líquidos. Si el agente catalizador (5) y las partículas catalizadoras (3) se mantienen líquidos cuando se produce la grieta, el proceso reparador se realizará inmediatamente según las explicaciones dadas. Si el agente catalizador (5) y las partículas catalizadores (3) no se mantienen líquidos cuando se produce la grieta, el proceso reparador permanecerá en estado de espera hasta que se recuperen las condiciones (temperatura y presión).

Cuando se utiliza cianoacrilato como agente reparador (5), las partículas catalizadoras (3) pueden ser de agua (específicamente iones hidróxidos). Según esta configuración, las microcápsulas (2) que contienen las partículas catalizadoras (3) se llenan, por ejemplo, con agua líquida o con vapor de agua.

Según un ejemplo de realización que no forma parte de la invención, las microcápsulas (2) contienen materiales auto-reparadores (polímeros termoplásticos como parafina) que generan un proceso reparador cuando se calientan, pero dentro del material compuesto (1) no hay partículas catalizadoras (3). Este tipo de materiales tienen la misma función que el primer tipo de materiales auto-reparadores, pues la microcápsula (2) se rompe por el crecimiento de la grieta (4), pero el proceso de activación es diferente. De acuerdo con este segundo ejemplo de realización, el escudo debe calentarse hasta activar el proceso de reparación, y este proceso de calentamiento hace que el polímero termoplástico (como parafina) rellene la grieta (4). El polímero termoplástico (como parafina) que se utiliza normalmente funde entre 70 °C y 80 °C. Por lo tanto, la activación del proceso de reparación se hace en tierra, cuando la inspección posterior al vuelo haya detectado daños en el escudo. Para contribuir al adecuado relleno de la grieta (4), el agente reparador (5) debe fundir a una temperatura inferior a la temperatura de fusión de las microcápsulas (2). La temperatura de fusión del agente reparador (5) también debe ser inferior a la temperatura de transición vítrea (Tg) de la resina que integra el material compuesto (1).

Según un ejemplo de realización que no forma parte de esta invención, la reacción del agente reparador (5), un polímero termoplástico (como parafina), es un proceso de dos pasos. Primero, se calientan los paneles del escudo (9) y el agente reparador (5) se vuelve líquido, y esta fluidez hace el que agente reparador (5) se esparza dentro de la grieta (4). Después, cuando no hay proceso de calentamiento sobre los paneles del escudo (9) y su temperatura disminuye, el agente reparador (5) vuelve a hacerse sólido, endureciendo la grieta (4). Se puede entender que este segundo ejemplo de realización es un caso particular del primer ejemplo de realización, donde las partículas catalizadoras (3) se sustituyen por un flujo de calor.

Los escudos que se divulgan en esta invención pueden emplearse en diversos tipos de aeronaves, incluyendo aeronaves de alas rotatorias como helicópteros y también aeronaves de alas fijas. Estos escudos que protegen la superficie de la aeronave pueden tener diversas configuraciones; las figuras 2, 3 y 4 presentan algunas de estas configuraciones. El material compuesto (1) se ubica como un escudo sobre una estructura encima del fuselaje de la aeronave. Esta situación se muestra en la figura 2 que representa un fuselaje (7) de aeronave con paneles del escudo (9). Dichos paneles (9) se montan sobre cuadernas (8) verticales y horizontales (véase figura 3.1) que están unidas al fuselaje (7) de una forma convencional. Dependiendo del área del fuselaje (7) que se cubre con los paneles del escudo (9), dichos paneles (9) adoptan configuraciones geométricas diferentes (figura 3.2).

Los paneles del escudo (9) pueden tener otras configuraciones que se muestran en la figura 4. Aquí se presenta otro ejemplo de aeronave con motores en su cola, con diferentes localizaciones posibles para los paneles del escudo (9). En la figura 4.1, los paneles del escudo (9) se ubican en paneles del fuselaje posterior (10) (en su exterior). En la figura 4.2, los paneles del escudo (9) se localizan en el estabilizador vertical de cola (12), aunque también son posibles otras alternativas de ubicación sobre el estabilizador horizontal de cola (13). La figura 4.3 representa los paneles del escudo (9) ubicados en la estructura del pilón (11) y en la góndola (15) del motor.

Por lo tanto, existen diversas configuraciones a la hora de instalar los paneles del escudo (9). Los paneles del escudo (9) se montan sobre cuadernas horizontales y verticales que están unidas a la estructura de la aeronave. Dicha estructura de la aeronave puede ser una sección del fuselaje, como el fuselaje principal (7) o el fuselaje posterior (10) (figura 4.1). Los paneles del escudo (9) también pueden montarse en otros elementos estructurales de la aeronave, como son el pilón (11) del motor (figura 4.3), el estabilizador vertical de cola (12) y el estabilizador horizontal de cola (13) (figura 4.2), y la góndola (15) del motor. La protección dada por la góndola (15) del motor puede ser especialmente importante en algunos motores (14) con hélices, como los motores UDF (del inglés “unducted fan”) (véase la figure 4.3).

A la hora de desarrollar un ejemplo de realización preferente, se pueden utilizar diferentes tipos de materiales compuestos. La resina del material compuesto empleada es una resina epoxi, resina bismaleimida (BMI), resina termoplástica (como resina PEEK (poli-éter-éter-cetona) o resina PEKK (poli-éter-cetona-cetona)) u otras resinas similares. La fibra empleada puede ser una de las habitualmente conocidas para aplicaciones aeronáuticas, como fibra de vidrio, fibra de carbono o Kevlar®, empleando distintas configuraciones geométricas como fibras tejidas unidimensionales, bidimensionales o tridimensionales. Estos materiales pueden ser “pre-impregnados” (también llamados “prepreg”) o bien la resina puede introducirse por “infusión”.

Debe apreciarse que los ejemplos de realización mencionados son sólo ejemplos, y que no pretenden limitar la aplicabilidad, configuración o el alcance de la invención en forma alguna. Debe entenderse que pueden realizarse algunos cambios en la funcionalidad y disposición de los elementos descritos en los ejemplos de realización. La anterior memoria detallada proporcionará a los expertos en la materia una guía adecuada para la implementación de la forma de realización, sin salirse del alcance de la invención según se propone en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, el escudo comprendiendo telas de material compuesto (1) que tienen microcápsulas (2), conteniendo cada microcápsula (2) un agente reparador (5)

- el material compuesto (1) también tiene microcápsulas (2) que contienen partículas catalizadoras (3),

5 - el agente reparador (5) contenido en una microcápsula (2) actúa cuando una grieta (4) producida en el escudo alcanza:

- al menos una microcápsula (2) con el agente reparador (5), y

- al menos una microcápsula (2) con partículas catalizadoras (3),

10 - y las partículas catalizadoras (3) reaccionan con el agente reparador (5), convirtiéndose dicho agente reparador (5) en un agente reparador polimerizado (6),

caracterizado por que el agente reparador (5) es cianoacrilato y las partículas catalizadoras (3) son partículas de agua.

2.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según la reivindicación 1, caracterizado por que las microcápsulas (2) están hechas de urea formaldehído.

15 3.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que las microcápsulas (2) están hechas de alcohol polivinílico.

4.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el escudo tiene paneles del escudo (9) que están montados sobre cuadernas (8) verticales y horizontales que están unidas a la estructura de la aeronave.

20 5.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según la reivindicación 4, caracterizado por que los paneles del escudo (9) están fabricados usando una resina epoxi, una resina bismaleimida (BMI), o una resina termoplástica (como resina PEEK (poli-éter-éter-cetona) o resina PEKK (poli-éter-cetona-cetona)).

6.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado por que la estructura de la aeronave es una parte de la sección del fuselaje (7, 10).

25 7.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado por que la estructura de la aeronave es un estabilizador vertical de cola (12) o un estabilizador horizontal de cola (13).

8.- Escudo protector contra impactos de hielo en estructuras de aeronaves, según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado por que la estructura de la aeronave es una góndola de un motor (15) o un pilón (11).

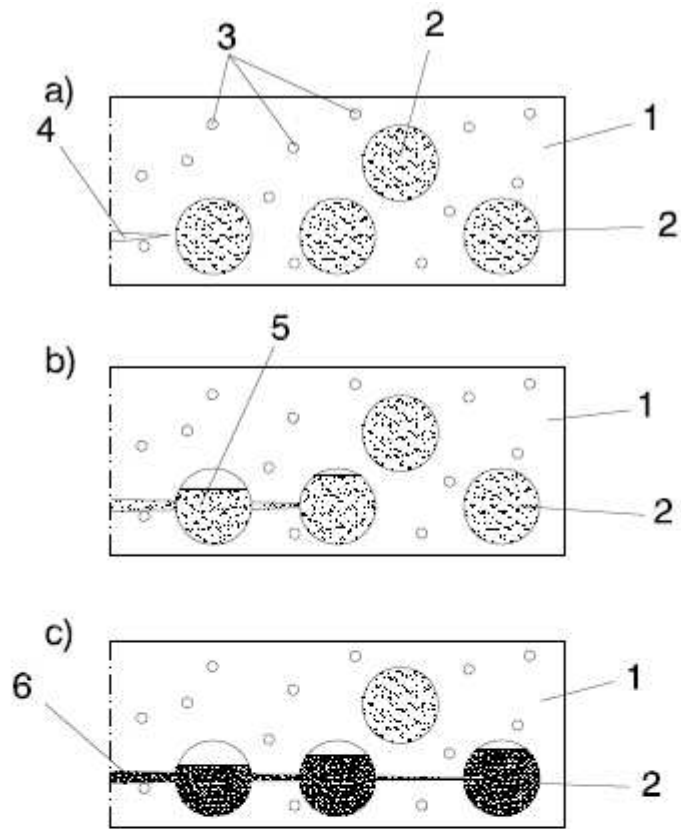


FIG. 1

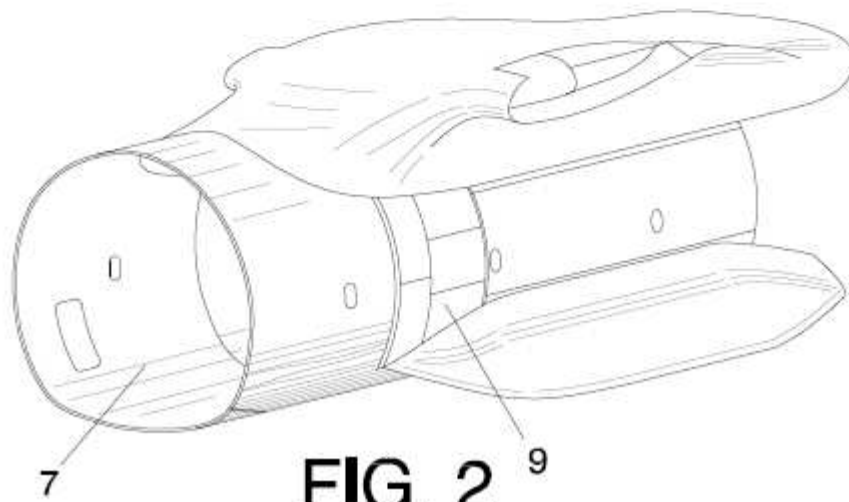


FIG. 2

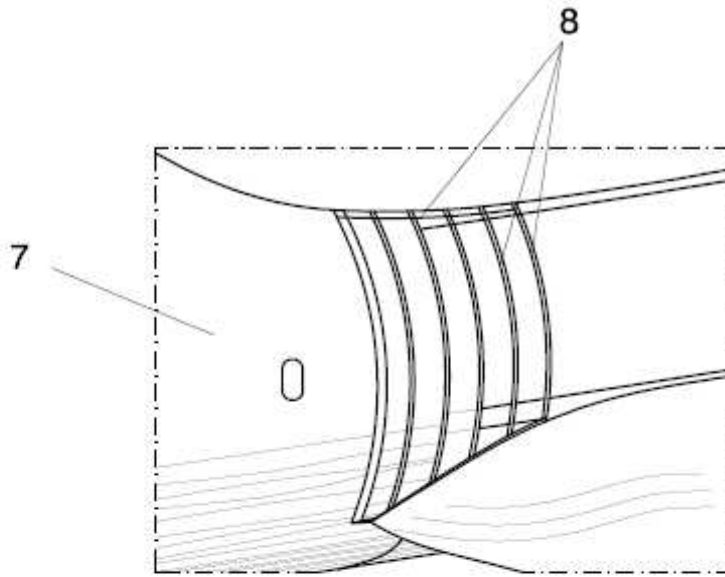


FIG. 3.1

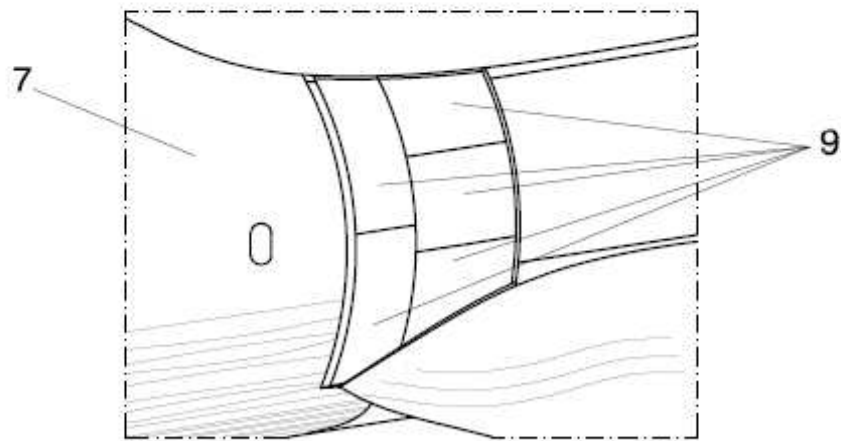


FIG. 3.2

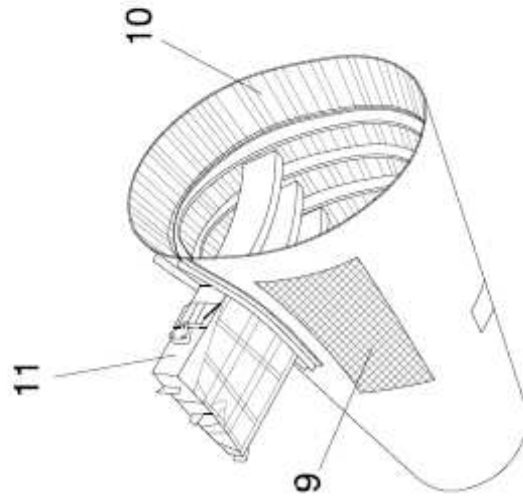


FIG. 4.1

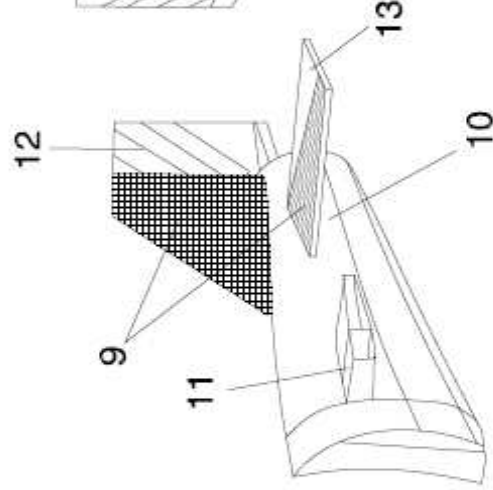


FIG. 4.2

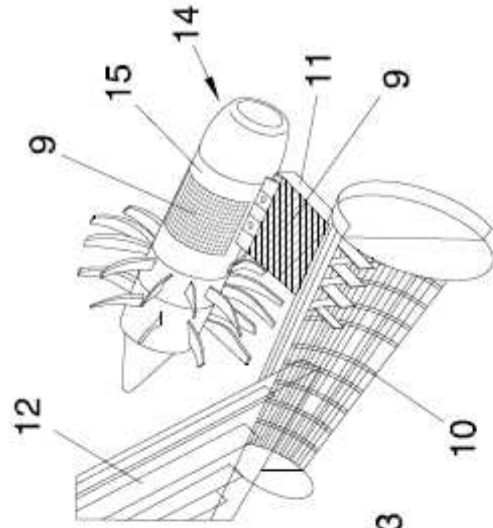


FIG. 4.3