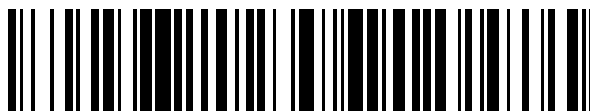


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 881**

51 Int. Cl.:

B64C 11/26 (2006.01)

B64C 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2014** E 14382565 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017** EP 3037344

54 Título: **Pala de hélice para motor de aeronave**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.04.2018

73 Titular/es:
AIRBUS OPERATIONS, S.L. (100.0%)
Av. John Lennon s/n
28906 GETAFE (Madrid), ES

72 Inventor/es:
TORAL VÀZQUEZ, JAVIER;
FOLCH CORTES, DIEGO;
MARTINO GONZÁLEZ, ESTEBAN;
GOYA ABAURREA, PABLO;
VOTSIOS, VASILLIS;
FOUINETAU, MICHEL y
ROUMEGAS, SYLVAIN

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 661 881 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

Pala de hélice para motor de aeronave

Objeto de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de hélice para un motor de aeronave, y también a una hélice para una aeronave.

Un objeto de la invención es proporcionar una pala de hélice para un motor de aeronave que minimice el peligro causado a la aeronave cuando se rompa o se desprenda por completo de su buje.

10 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de hélice para un motor de aeronave que cumpla con las normas y requisitos de seguridad exigidos por las autoridades de navegación aérea relativos a los impactos de aeronave.

Antecedentes de la invención

Históricamente, las palas de hélice se han fabricado con diferentes materiales y arquitecturas. Ambos conceptos han evolucionado desde las palas de madera hasta materiales compuestos con una creciente complejidad en sus configuraciones.

15 Una pala de la técnica anterior, que corresponde al preámbulo de la reivindicación 1, se proporciona por el documento US 2.657.754.

20 Como es sabido, las palas se montan en las hélices, que están situadas cerca de la estructura de la aeronave, de sistemas vitales para el buen funcionamiento de la aeronave, y también cerca de la hélice opuesta. Además de su ubicación comprometida, las palas de los motores de hélice no están cubiertas por un carenado o góndola. Ambas condiciones, al estar en un lugar potencialmente peligroso para una operación normal de la aeronave y al estar sin protección, han implicado que las autoridades de navegación aérea hayan considerado recientemente los impactos de las palas.

25 Las palas pueden romperse, en parte o en su totalidad, o desprenderse por completo del buje de la hélice. En casi todos estos casos, esto conduce a graves daños en la estructura de la aeronave y/o de sus sistemas debido al impacto, y a una consecuente situación de desequilibrio del motor causada por la pala rota o desprendida.

Por lo tanto, las autoridades de navegación aérea han solicitado a los fabricantes de aeronaves y a los proveedores de motores que consideren el escenario de impacto debido al desprendimiento de una pala, con el fin de poder soportar el impacto, especialmente cuando la aeronave esté en el aire. Es decir, debe minimizarse el riesgo de efectos catastróficos derivados del desprendimiento.

30 Por tanto, sería deseable proporcionar medios técnicos que cumplan con los requisitos de navegación aérea para asegurar la continuación de un vuelo seguro y el aterrizaje de una aeronave en la que se haya desprendido parcial o totalmente una pala.

Sumario de la invención

35 La presente invención supera los inconvenientes anteriormente mencionados proporcionando una pala de hélice, para un motor de aeronave, que minimice el daño causado a la aeronave en caso de impacto de la pala.

40 Un aspecto de la invención se refiere a una pala de hélice para un motor de aeronave, comprendiendo la pala una raíz en un extremo y una punta en su otro extremo, un borde de ataque y un borde de salida en lados opuestos y que se extienden entre la raíz y la punta, en la que dicha pala está cubierta por un revestimiento y comprende un larguero anular en su interior. De acuerdo con la invención, la pala comprende adicionalmente un sistema de bolsa de aire, un sistema de detección, un disparador, y una configuración de revestimiento de pala para permitir que la al menos una bolsa pase a través del mismo. El sistema de bolsa de aire está contenido dentro de la pala y comprende al menos una bolsa y al menos un generador de gas, en el que el al menos un generador de gas está en comunicación de fluido con al menos una bolsa para inflar la misma. El sistema de detección sirve para detectar una fractura de una parte de la pala. El disparador sirve para activar el al menos un generador de gas cuando el sistema de detección detecte una fractura. El revestimiento de la pala está configurado para permitir que la al menos una bolsa pase a través del mismo para expandirse fuera de la pala al inflar el generador de gas la misma.

45 La invención proporciona un sistema de bolsa de aire integrado en el interior de la pala para minimizar el daño causado a la aeronave cuando dicha pala se desprenda parcial o totalmente. Además del sistema de bolsa de aire, la pala de la invención está configurada para que la bolsa alcance un estado completamente abierto fuera de la pala, y está provista de medios para permitir una detección eficaz tanto en el caso de un desprendimiento parcial como total de la pala.

5 Preferentemente, proporcionando al menos una línea frangible en el revestimiento de la pala para permitir que la bolsa pase a través de ella, la pala de la invención permite el paso de la bolsa a través del revestimiento de la pala. Por tanto, la línea frangible asegura una condición totalmente abierta de la bolsa. Además, la línea frangible ofrece la línea de ruptura más prometedora, y por lo tanto una ruta controlada para la salida y la ubicación de la bolsa. De esta manera, la invención permite proteger áreas seleccionadas de la pala, que se corresponderán preferentemente con las áreas más críticas de la pala, teniendo en cuenta un escenario de impacto. Dichas áreas críticas son las áreas más probables implicadas en un impacto contra el fuselaje de la aeronave. Las áreas críticas principales corresponden a la punta, el borde de ataque y el borde de salida de la pala. De este modo, los principales elementos cortantes de la pala pueden estar cubiertos por una o varias bolsas.

10 Adicionalmente, la bolsa inflada actúa como absorbente de energía, reduciendo la cantidad de energía que se transmitiría a la estructura de la aeronave. Por lo tanto, la bolsa actúa como un amortiguador en el impacto, lo que contribuye a la minimización de riesgos en el escenario de impacto.

15 Además, al inflarse, la bolsa actúa como un freno aerodinámico, logrando una reducción de la velocidad. Inflar la bolsa aumenta la resistencia al avance soportada por la pala, reduciendo la velocidad de impacto, y por lo tanto la energía del impacto.

20 Adicionalmente, la pala de la invención comprende medios para activar el inflado de la bolsa cuando se detecte una fractura. Para ello, la pala comprende un sistema de detección para detectar una fractura, ya sea de una parte o de la totalidad de la pala, y de un disparador para activar el generador de gas cuando se detecte la fractura. De esta manera, la detección es efectuada por la propia pala, provocando la expansión de la bolsa, en caso necesario. Por lo tanto, la invención consigue una solución dedicada y rentable para una hélice de una aeronave, puesto que solo deberá reemplazarse la pala dañada.

25 La invención ofrece una solución integrada y compacta al disponer la solución en la pala. Por lo tanto, la invención evita llevar a cabo cualquier modificación en ninguna de las estructuras circundantes a la pala cuando está montada en una hélice de una aeronave. Por tanto, la invención se acopla perfectamente con el diseño de las aeronaves convencionales. Esto facilita la instalación de la pala, y limita el coste implicado por la invención.

Adicionalmente, la invención proporciona una respuesta rápida en caso de desprendimiento de la pala. Por lo tanto, la invención consigue proteger la aeronave antes de que la pala impacte contra la aeronave, minimizando así los daños causados por el desprendimiento de la pala.

Breve descripción de los dibujos

30 Para una mejor comprensión de la invención, se proporcionan los siguientes dibujos con fines ilustrativos y no limitativos, en los que:

La Figura 1 muestra una vista esquemática de una pala de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Figura 3 muestra una vista esquemática de la realización de la Figura 2 con las bolsas totalmente expandidas.

35 La Figura 4 muestra una vista esquemática de una pala de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Figura 5a-5e muestra las diferentes etapas de la expansión de una bolsa contenida en la pala mostrada en la Figura 4.

La Figura 6 muestra una vista esquemática de una hélice de una aeronave que comprende al menos dos palas de acuerdo con la invención.

Realización preferida de la invención

40 La Figura 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de una pala 1 de acuerdo con la invención. Convencionalmente, la pala 1 comprende dos extremos, una raíz 2 y una punta 3, y dos bordes opuestos, un borde 4 de ataque y un borde 5 de salida que se extienden entre los mismos. Además, la pala 1 está cubierta por un revestimiento 6 y comprende un larguero 7 anular en el interior del mismo, siendo dicho larguero 7 el componente estructural de la pala 1, y estando lleno de espuma en su interior. Adicionalmente, la pala 1 de la invención comprende un sistema de bolsa de aire, al menos una línea 11 frangible en su revestimiento 6 para permitir su expansión fuera de la pala, un sistema de detección, y un disparador 10.

50 Como se muestra, el sistema de bolsa de aire está integrado dentro de la pala 1 y comprende al menos una bolsa 8 y al menos un generador 9 de gas para su inflado. El sistema de detección está en comunicación con el disparador 10 para generar una respuesta a la detección, en el que el disparador 10 está a su vez en comunicación con al menos un generador 9 de gas para llevar a cabo el inflado de la bolsa 8.

El sistema de bolsa de aire de la realización mostrada en la Figura 1 comprende un generador 9 de gas y una bolsa 8. El generador 9 de gas está en comunicación de fluido con la bolsa 8 para permitir su inflado. Esta comunicación de fluido puede proporcionarse por medio de unos tubos 17.

5 De acuerdo con una realización preferida, el generador 9 de gas se coloca dentro del larguero 7. Por lo tanto, la invención se aprovecha de la configuración del larguero 7, puesto que la localización del generador 9 de gas en el interior del larguero 7 evita la necesidad de proporcionar espacio para su colocación.

Tal como se muestra en la Figura 1 y de acuerdo con otra realización preferida, la bolsa 8 está contenida dentro de la punta 3 de la pala 1. De este modo, la bolsa 8 cubrirá y protegerá la punta 3 en el caso de un desprendimiento de la pala.

10 Para permitir el inflado y la extensión total de la bolsa 8 fuera de la pala 1, la punta 3 puede estar provista de una línea 11 frangible en el revestimiento 6 de pala para permitir su ruptura. Como alternativa, la punta 3 puede montarse de forma desmontable en la pala 1, proporcionando una línea 11 frangible alrededor de su superficie de montaje/desmontaje en el resto de la pala 1. En este caso, también se proporciona una salida para una bolsa 8, puesto que la bolsa 8 pasará a través de la abertura que dejó la punta 3 tras su desprendimiento.

15 Adicionalmente, la Figura 1 muestra un sistema de detección de acuerdo con otra realización preferida. Dicho sistema de detección comprende un circuito 12 eléctrico cerrado que se extiende a lo largo de una parte de la envergadura de la pala, preferentemente, a lo largo de toda su envergadura. En esta realización, el disparador 10 está conectado eléctricamente al circuito 12 cerrado para activar el generador 9 de gas cuando se abra el circuito 12. Este sistema permite detectar un desprendimiento completo de la pala, y un desprendimiento parcial de la pala
20 siempre y cuando la extensión del circuito 12 alcance el área de desprendimiento.

De acuerdo con otra realización preferida, el generador 9 de gas se coloca a una distancia de la raíz 2 de la pala 1 de al menos tres cuartas partes de la envergadura de la pala. Por tanto, el generador 9 de gas se coloca más cerca de la punta 3 que de la raíz 2, ya que en la mayoría de los casos, la parte desprendida de la pala 1 es la punta 3. Al mismo tiempo, esta ubicación aprovecha el uso de la sección más amplia de la pala para ubicar el generador 9 de gas.
25

La Figura 2 muestra una vista esquemática en perspectiva de una pala 1 que comprende un sistema de bolsa de aire con tres bolsas 8 y dos generadores 9 de gas. De acuerdo con otra realización preferida, se coloca una de las bolsas 8 fuera del larguero 7, a lo largo del borde 4 de ataque de la pala 1, comprendiendo dicho borde 4 de ataque una línea 11 frangible.

30 Tal como se muestra en la Figura 3, la localización de la bolsa 8 en el borde 4 de ataque permite cubrir este borde en caso de que el sistema de detección detecte una fractura de al menos una parte de la pala 1. Por tanto, se reduce enormemente los daños potenciales causados por el impacto del borde 4 de ataque contra la aeronave.

Además, y de acuerdo con otra realización preferida, dos de las bolsas 8 representadas en la Figura 2 se colocan fuera del larguero 7, a lo largo del borde 5 de salida de la pala 1, comprendiendo dicho borde 5 de salida una línea 11 frangible.
35

Así mismo, tal como se muestra en la Figura 3, la localización de la bolsa 8 en el borde 5 de salida permite cubrir este borde en caso de que el sistema de detección detecte una fractura de la pala. De esta manera, se reduce enormemente el potencial daño causado por el impacto del borde 5 de salida contra la aeronave.

40 En ambos casos, las líneas frangibles 11 se realizan, respectivamente, en el borde de ataque 4 y de salida 5 para permitir que correspondientes bolsas 8 pasen a través del revestimiento 6 de pala, para su expansión total fuera de la pala 1 al inflar las mismas los generadores 9 de gas.

45 Tal como se muestra en la Figura 2, la pala 1 puede estar provista de dos generadores 9 de gas. También pueden utilizarse múltiples generadores 9 de gas para inflar bolsas diferentes en caso de que también se proporcionen múltiples bolsas 8, o con fines de redundancia para asegurar el inflado de la bolsa 8 en caso de un mal funcionamiento del generador 9 de gas.

50 La colocación del generador 9 de gas en el interior del larguero 7 y de la bolsa 8 fuera del larguero 7, ya sea en el borde 4 de ataque o en el borde 5 de salida, requiere que se proporcione una abertura 18 en la estructura del larguero 7 para permitir el inflado de la bolsa 8. En este escenario, y de acuerdo con otra realización preferida, la pala 1 comprende un tubo 17 que pasa a través del larguero 7 para permitir la comunicación de fluido entre el al menos un generador 9 de gas y la al menos una bolsa 8. Con respecto a la realización representada en la Figura 1, debe hacerse notar que se evita la abertura 18 al colocar la bolsa 8 en la punta 3 de la pala 1, puesto que, como muestra la Figura 1, el tubo 17 discurre a lo largo del larguero 7 hasta alcanzar la bolsa 8.

55 Adicionalmente, la Figura 2 muestra un sistema de detección de acuerdo con otra realización preferida. Dicho sistema de detección comprende al menos un acelerómetro 13 situado en una parte de la pala 1 para la detección de los datos de la aceleración de dicha parte de la pala 1. Además, el disparador 10 está en comunicación con el al

menos un acelerómetro 13 para activar el generador 9 de gas cuando los datos de aceleración excedan un umbral. De esta manera, el disparador 10 es capaz de supervisar los datos de aceleración detectados por los acelerómetros 13 y de activar el generador 9 de gas de acuerdo con un umbral predeterminado. La detección de desprendimiento total o parcial de la pala estará sometida al posicionamiento de los acelerómetros 13 y a la configuración del umbral. Preferentemente, los acelerómetros 13 estarán situados de manera diseminada a lo largo del revestimiento 6 de pala. Además, el umbral permite proporcionar diferentes grados de tolerancia en la detección.

De acuerdo con otra realización preferida, el generador 9 de gas se coloca a una distancia de la raíz 2 de la pala 1 de al menos tres cuartas partes de la envergadura de la pala. Por lo tanto, el generador 9 de gas se coloca más cerca de la punta 3 que de la raíz 2, puesto que en la mayoría de los casos la parte desprendida de la pala 1 es la punta 3. Al mismo tiempo, esta ubicación aprovecha el uso de la sección más amplia de la pala para ubicar el generador 9 de gas.

La Figura 4 muestra otra realización preferida en la que el generador 9 de gas se coloca más cerca de la punta 3 que de la raíz 2, preferentemente, a una distancia de al menos tres cuartas partes de la raíz 2 de la pala 1. La colocación del generador 9 de gas cerca de la punta 3, permite a la invención proteger la mayoría de los casos de desprendimiento de la pala. Además, en esta realización, la bolsa 8 está colocada de manera que se expanda alrededor de la superficie exterior de la parte separada de la pala 1, y la bolsa 8 tiene una longitud que permite cubrir completamente la superficie exterior de la parte separada de la pala 1 cuando la bolsa 8 esté totalmente expandida.

Las Figuras 5a y 5b muestran el despliegue de la bolsa 8 de acuerdo con la realización mostrada en la Figura 4, mientras que las Figuras 5c (o 5d) y 5e muestran dos tipos diferentes de bolsas desplegadas. Las Figuras 5c y 5d muestran, respectivamente, una vista en sección y una vista en perspectiva de una configuración preferida de la bolsa, y la Figura 5e muestra una vista en sección de otra configuración preferida de la bolsa. Preferentemente, la bolsa 8 es suficientemente larga para cubrir totalmente la superficie exterior de la pala 1.

Preferentemente, como se muestra en las Figuras 5c y 5d, la bolsa 8 tiene forma de cilindro cuando se expande, y el diámetro interior del cilindro es mayor que la sección más ancha de la pala 1. Preferentemente, la bolsa 8 es suficientemente larga para cubrir completamente la superficie exterior de la pala 1, preferentemente, dicha bolsa 8 sobresale más allá de la punta 3 de la pala 1. De esta manera, la bolsa 8 logra proteger la punta 3 de la pala 1 de una manera sencilla y eficaz.

Como se muestra en la Figura 5e y de acuerdo con otra realización preferida, la bolsa 8 comprende una primera parte, en forma de cilindro para contener la parte separada de la pala 1, y una segunda parte con una forma capaz de adquirir la forma de la superficie exterior de la pala 1, tal como pétalos, cubriendo la punta 3 de la pala 1.

De acuerdo con otra realización preferida, la línea 11 frangible consiste en una reducción del espesor del revestimiento 6 de pala. Como alternativa, la línea 11 frangible se compone de una pluralidad de perforaciones realizadas en el revestimiento 6 de pala.

De acuerdo con otra realización preferida, el revestimiento 6 de pala se fabrica de material compuesto.

La Figura 6 muestra una hélice 14 de acuerdo con otro aspecto de la invención. La hélice 14 comprende al menos dos palas 1 de hélice, tal como se ha descrito anteriormente.

Teniendo en cuenta la hélice, y, específicamente, el al menos un eje 15 para el accionamiento de las palas, puede proporcionarse otro sistema de detección para las palas 1 de la invención. Por tanto, de acuerdo con otra realización preferida, el sistema de detección de cada pala 1 comprende al menos una célula 16 de carga colocada sobre el eje 15 para detectar el peso de la pala, y en el que el disparador 10 de cada pala 1 está en comunicación con la al menos una célula 16 de carga para activar el generador 9 de gas de la pala 1 cuando los datos de peso de la correspondiente pala 1 superen un umbral. En esta realización, el disparador 10 está configurado para motorizar los datos de peso detectados por la célula 16 de carga correspondiente a la pala 1, y para activar el generador 9 de gas cuando los datos detectados excedan el umbral. Esta realización es más apropiada para la detección del desprendimiento total de la pala, aunque puede detectarse un desprendimiento parcial de la pala proporcionando una detección sensible con umbrales de baja tolerancia, o células de carga precisas capaces de medir ligeras variaciones de peso.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pala (1) de hélice para un motor de aeronave, comprendiendo la pala (1) una raíz (2) en un extremo y una punta (3) en su otro extremo, un borde (4) de ataque y un borde (5) de salida situados en lados opuestos y que se extienden entre la raíz (2) y la punta (3), estando dicha pala (1) cubierta por un revestimiento (6) y comprendiendo un larguero (7) anular en su interior, **caracterizada porque** la pala (1) comprende adicionalmente:
- un sistema de bolsa de aire contenido dentro de la pala (1) y que comprende al menos una bolsa (8) y al menos un generador (9) de gas en comunicación de fluido con al menos una bolsa (8) para inflar la misma,
 - un sistema de detección para detectar una fractura de una parte de la pala (1),
 - un disparador (10) para activar el al menos un generador (9) de gas cuando el sistema de detección detecte la fractura, y
 - estando el revestimiento (6) de pala configurado para permitir que la al menos una bolsa (8) pase a través del mismo para expandirse fuera de la pala (1) tras inflarse por el generador (9) de gas.
- 10 2. La pala (1) de hélice de acuerdo con la reivindicación 1, en la que comprende al menos una línea (11) frangible en el revestimiento (6) de pala para permitir que la bolsa (8) pase a través del mismo.
- 15 3. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un generador (9) de gas está situado dentro del larguero (7).
4. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la al menos una bolsa (8) está contenida dentro de la punta (3) de la pala (1).
5. La pala (1) de hélice de acuerdo con la reivindicación 4, en la que la punta (3) comprende una línea (11) frangible.
- 20 6. La pala (1) de hélice de acuerdo con la reivindicación 4, en la que la punta (3) se monta de forma desmontable en la pala (1).
7. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la al menos una bolsa (8) está situada fuera del larguero (7) a lo largo del borde (4) de ataque de la pala (1), comprendiendo dicho borde (4) de ataque una línea (11) frangible.
- 25 8. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la al menos una bolsa (8) está colocada fuera del larguero (7) a lo largo del borde (5) de salida de la pala (1), comprendiendo dicho borde (5) de salida una línea (11) frangible.
- 30 9. La pala (1) de hélice de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 7 u 8, en la que comprende un tubo (17) que pasa a través del larguero (7) para permitir la comunicación de fluido entre el al menos un generador (9) de gas y la al menos una bolsa (8).
10. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la al menos una bolsa (8) tiene forma de cilindro cuando se expande, de forma que la que el diámetro interior del cilindro es mayor que la sección más ancha de la pala (1).
- 35 11. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el al menos un generador (9) de gas está situado a una distancia de la raíz (2) de la pala (1) de al menos tres cuartas partes de la envergadura de la pala.
- 40 12. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el sistema de detección comprende un circuito (12) eléctrico cerrado que se extiende a lo largo de una parte de la envergadura de la pala, y el disparador (10) está conectado eléctricamente a dicho circuito (12) cerrado para activar el generador (9) de gas cuando se abre el circuito (12).
13. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en la que el sistema de detección comprende al menos un acelerómetro (13) situado en una parte de la pala (1) para la detección de los datos de aceleración de dicha parte de la pala (1), y el disparador (10) está en comunicación con el al menos un acelerómetro (13) para activar el generador (9) de gas cuando los datos de aceleración excedan un umbral.
- 45 14. La pala (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2, 5, 7, 8, en la que la línea (11) frangible consiste en una reducción del espesor del revestimiento (6) de pala, o la línea (11) frangible consiste en una pluralidad de perforaciones efectuadas en el revestimiento (6) de pala.
- 50 15. Una hélice (14) para una aeronave que comprende al menos dos palas (1) de hélice de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11 y 14, en la que la hélice (14) comprende un eje (15) para el accionamiento de las palas (1), en la que el sistema de detección de cada pala (1) comprende al menos una célula (16) de carga situada sobre dicho eje (15) para la detección del peso de la pala, y en la que el disparador (10) de cada pala (1) está en comunicación con la al menos una célula (16) de carga para activar el generador (9) de gas de la pala (1) cuando los datos de peso de la correspondiente pala (1) superen un umbral.

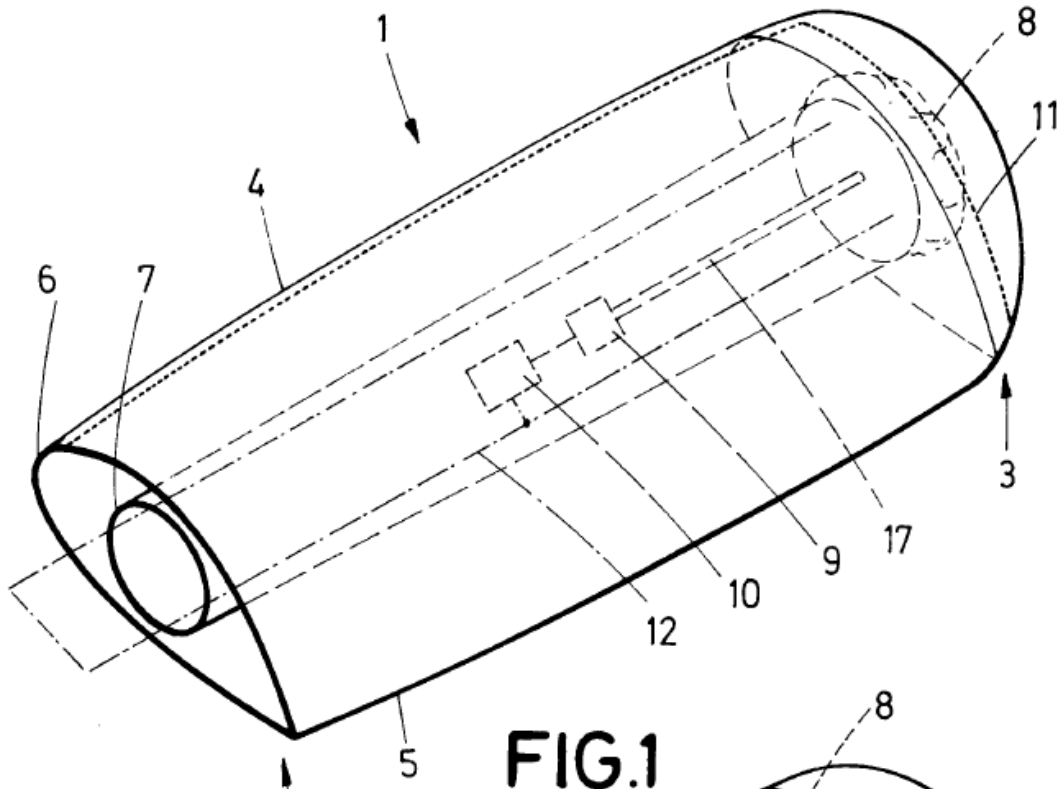


FIG.1

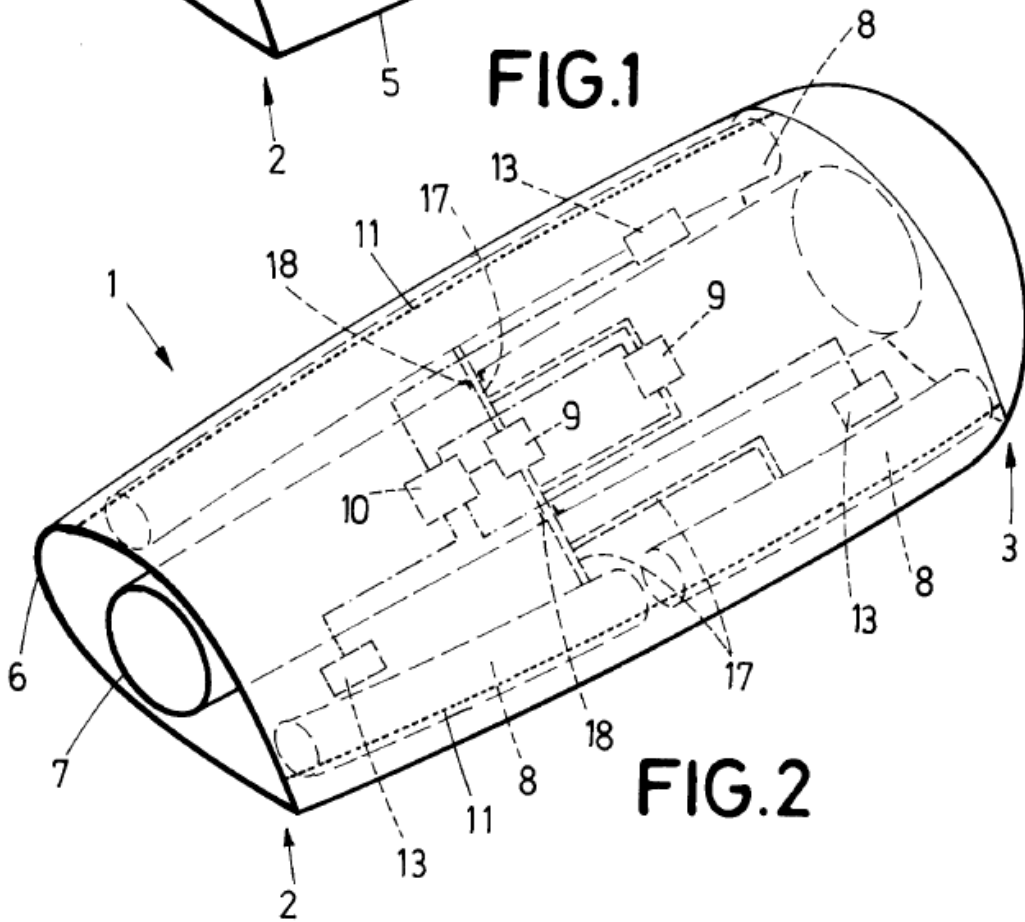


FIG.2

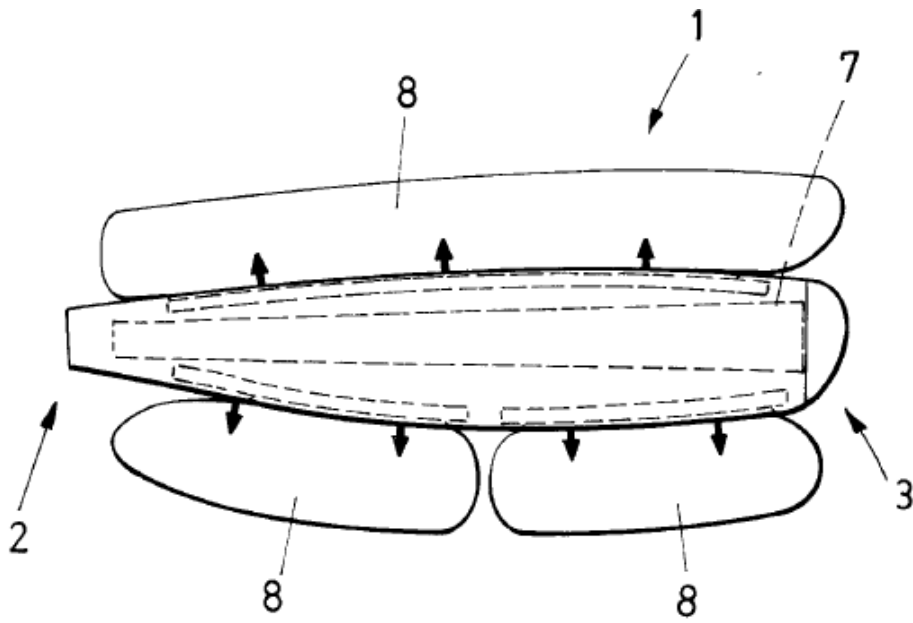


FIG. 3

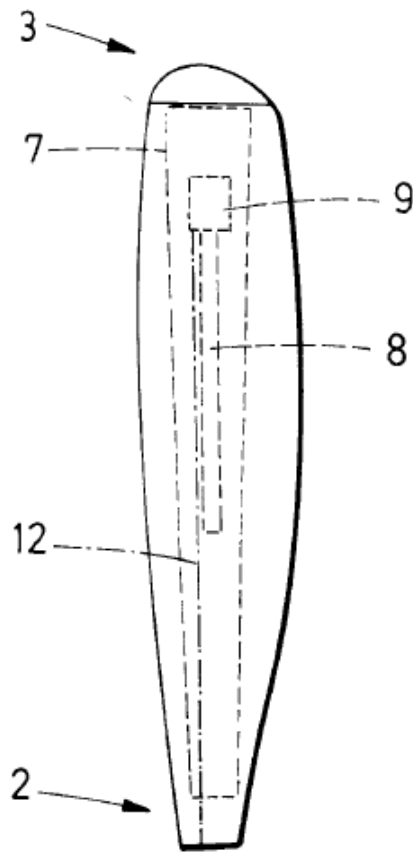
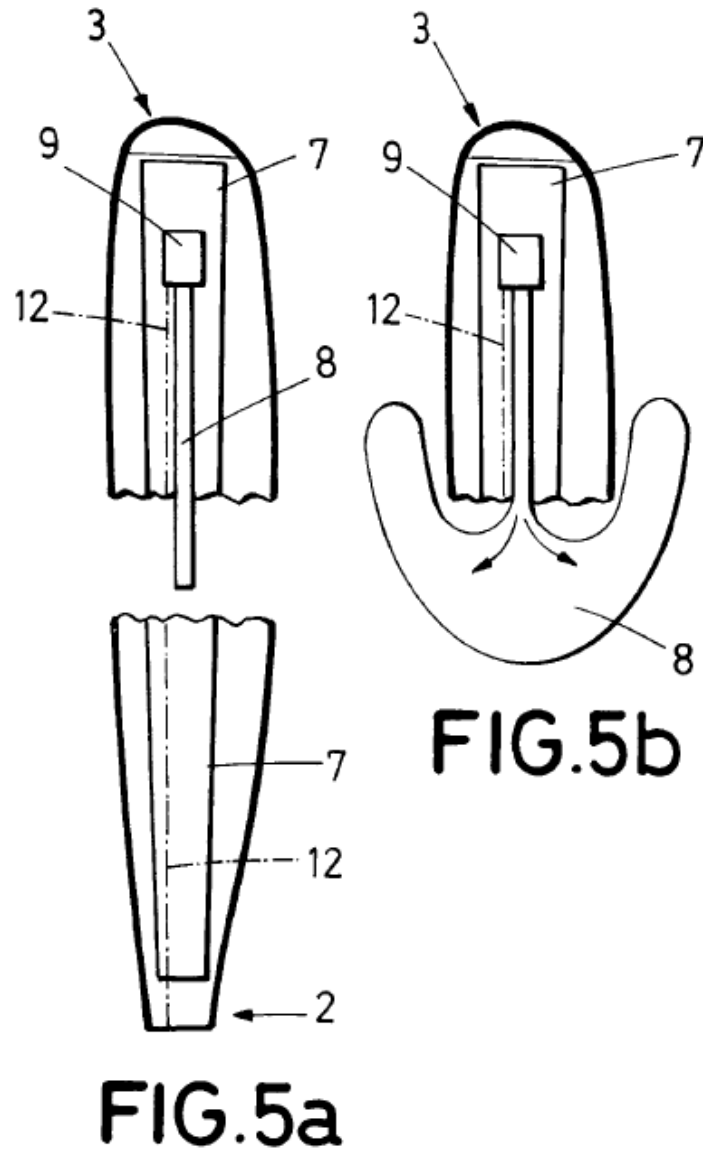


FIG. 4



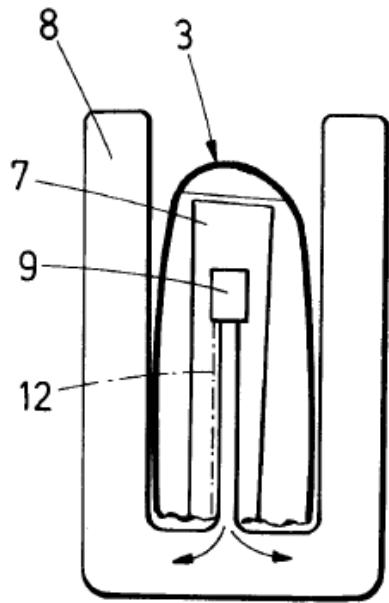


FIG. 5c

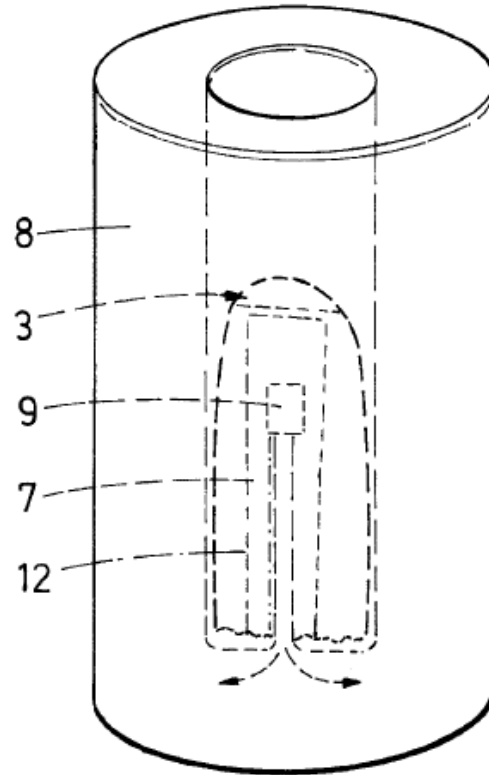


FIG. 5d

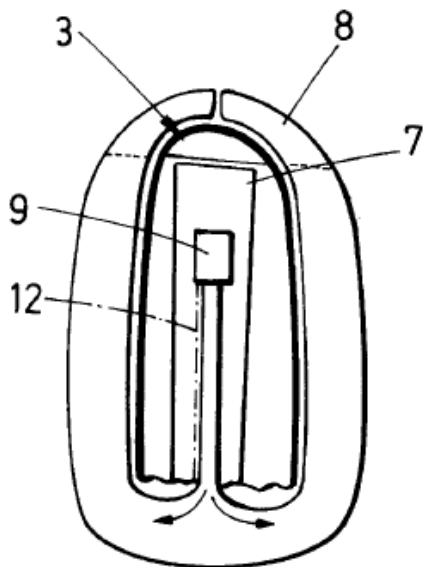


FIG. 5e

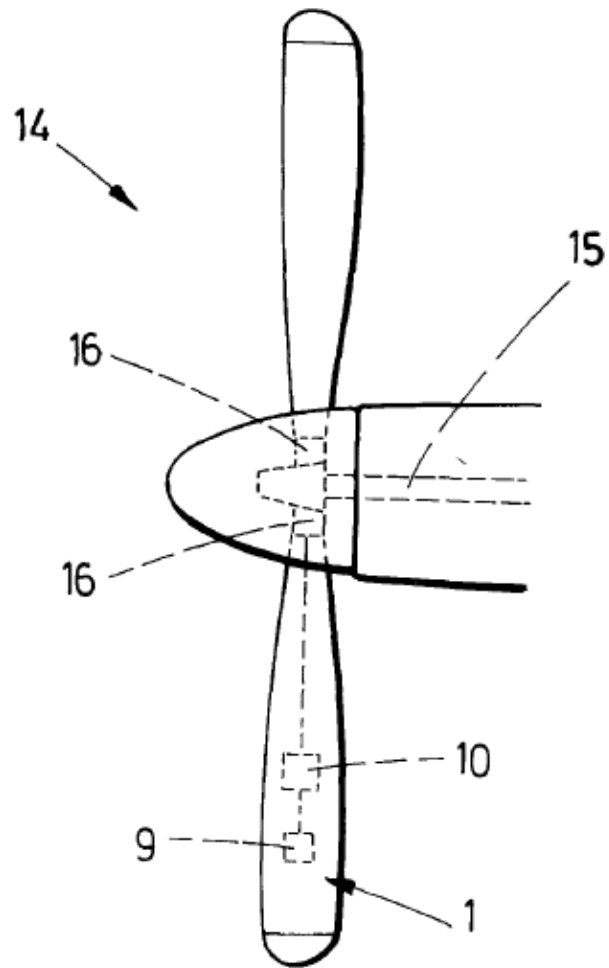


FIG.6