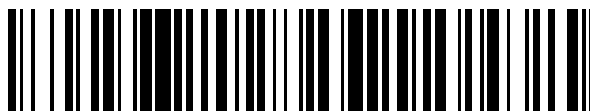


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 426**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2007** **E 07010506 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016** **EP 1995455**

54 Título: **Sistema de accionamiento para una aleta de pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la  
traducción de la patente:  
**20.04.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**STIESDAL, HENRIK**

74 Agente/Representante:

**LÓPEZ BRAVO, Joaquín Ramón**

ES 2 609 426 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).

**SISTEMA DE ACCIONAMIENTO PARA UNA ALETA DE PALA DE TURBINA EÓLICA**

**DESCRIPCIÓN**

5 La presente invención se refiere a un método de regulación de aleta de una pala de turbina eólica y una aleta que permite una regulación de este tipo.

10 Generalmente, en el contexto de palas de rotor de turbina eólica, se pretenden reducir las cargas sobre las palas de turbina eólica. Hasta ahora las palas de turbina eólica y estructuras de soporte se dimensionan habitualmente de modo que pueden resistir la carga dinámica que puede producirse en las condiciones para las que está certificada la turbina. Pero para turbinas eólicas grandes, el resultado de esta práctica son diseños muy pesados con enormes cargas operativas. Por consiguiente, se han desarrollado diversos métodos para una reducción activa de las cargas operativas.

15 Un método para una reducción activa de cargas operativas es el paso de pala cíclico como tal, por ejemplo el descrito en el documento US 4.298.313. En el paso de pala cíclico el ángulo de paso de la pala se varía durante un periodo rotacional del rotor. El paso de pala cíclico puede regularse por medios sencillos o avanzados, usando el sistema de cabeceo de pala normal. Por ejemplo, se describen sistemas de control de paso en el documento EP 1 666 723 A1 o en el documento US 2006/0145483 A1. Una desventaja de paso cíclico es el desgaste en sistemas de actuadores de paso y cojinetes de paso. Además, la velocidad de regulación está limitada, normalmente con tiempos de respuesta en el orden de segundos, porque el paso cíclico requiere el movimiento de grandes masas de inercia en cojinetes con grandes momentos de fricción.

25 Más recientemente, se han descrito diversas formas de regulación de aleta activa. En una regulación de aleta activa el ajuste de paso normalmente no se cambia. En su lugar, las características aerodinámicas de la pala se modifican mediante una acción de aleta, permitiendo así una respuesta deseada a la carga estructural. Se describe un método de control de carga aerodinámica de una turbina eólica mediante aletas en, por ejemplo, el documento US 2006/0145483 A1 o el documento JP 2004 248456 A. Una ventaja específica de la regulación de aleta activa es una velocidad de regulación más rápida que para el paso cíclico. Debido a la inercia limitada de una aleta la regulación alcanza tiempos de respuesta típicos en el orden de décimas de segundos. Las principales debilidades de aletas conocidas son los actuadores complejos requeridos, normalmente sistemas eléctricos que pueden ser altamente vulnerables a daños por rayos especialmente.

35 Es por tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un método ventajoso de accionamiento de una aleta de una pala de turbina eólica, que supera las desventajas mencionadas anteriormente. Un objetivo adicional es proporcionar un rotor de turbina eólica, lo que permite una regulación de aleta ventajosa.

40 Estos objetivos se resuelven mediante un rotor de turbina eólica, tal como se reivindica en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la invención.

De manera general, la presente invención da a conocer un método y un dispositivo para la reducción de carga sobre palas de turbina eólica. El método se basa en la regulación de aleta por medios no eléctricos.

45 En el método de accionamiento de una aleta en una pala de rotor de turbina eólica se usa un fluido para expandir de manera reversible un elemento de accionamiento que actúa sobre una parte móvil de la aleta variando la presión de fluido en el elemento de accionamiento. Cuando no se aplica ninguna presión al elemento de accionamiento, la aleta se restaura, por ejemplo, elásticamente, a su posición neutra. Cuando se aplica presión, el elemento de accionamiento se expande, deforma la aleta y por tanto la despliega en una dirección deseada. La aleta desplegada cambia las propiedades aerodinámicas del perfil de pala y por tanto las cargas aerodinámicas.

50 El fluido usado puede ser, por ejemplo, aire, aire comprimido, agua con o sin un agente anticongelante o aceite hidráulico. La presión de fluido en el elemento de accionamiento puede regularse mediante un regulador que responde a cargas de la pala de turbina o la estructura de soporte.

55 El rotor de turbina eólica la invención con una pala de rotor se define en la reivindicación 1.

60 El dispositivo de ajuste de presión puede comprender un compresor o una bomba con el/la que el elemento de accionamiento están en conexión de flujo. Además, el dispositivo de ajuste de presión puede incluir o conectarlo a un controlador que actúa sobre el compresor o bomba de modo que presiona fluido al interior de o libera fluido del elemento de accionamiento según una presión ajustada por el controlador. En particular, el controlador puede comprender un regulador de presión de fluido que responde a cargas que actúan sobre la pala de turbina o la estructura de soporte. El fluido usado puede ser, por ejemplo, aire, aire comprimido, agua con o sin un agente anticongelante o aceite hidráulico.

65 Generalmente, el elemento de accionamiento puede ser una manguera de fluido, por ejemplo una manguera de aire comprimido. La manguera puede ser un producto convencional. Además, el elemento de accionamiento puede tener

una sección transversal plana en el estado desinflado, lo que permitiría un encaje más fácil en la aleta, o puede plegarse, lo que aumentaría el volumen que puede usarse del elemento de accionamiento sin aumentar significativamente el espacio requerido entre la parte fija de la aleta y la parte móvil de la aleta. Además, el elemento de accionamiento puede integrarse en la aleta como una cavidad interior, lo que permitiría que se formara junto con la aleta de modo que no es necesario ningún accesorio discreto para la aleta.

Además, la aleta de la invención puede montarse preferiblemente a lo largo de la longitud completa del borde de salida desde el reborde hasta el punto de punta. La dimensión con respecto a la cuerda de la aleta de la invención puede fijarse, independiente de la posición radial o la dimensión con respecto a la cuerda puede variar en función de la posición radial.

Generalmente, la aleta de la invención puede fabricarse como un perfil extruido. La aleta de la invención puede hacerse de plástico, madera, material termoplástico, material compuesto, material compuesto reforzado con fibra u otra materia prima.

La aleta puede componerse de manera continua o como una serie de elementos de aleta que se sitúan en diferentes posiciones radiales. Esto último permite una manipulación y encaje más fáciles de la aleta. Además, la aleta puede tener una protuberancia exterior que es beneficiosa para la deformación fácil tal como se desea a presión.

La ventaja general del método y el rotor de turbina eólica de la invención está en la sustitución de actuadores de sistemas de aleta conocidos, disposiciones normalmente complejas basadas en un subsistema eléctrico y actuadores y mecanismos electromecánicos. Estos actuadores de sistemas de aleta conocidos se sustituyen ahora con una combinación muy sencilla y económica de un cuerpo de accionamiento que cambia de forma y una estructura de aleta de forma adecuada. La solución descrita tiene la ventaja adicional de que elimina completamente la necesidad de pala de la raíz en sistemas eléctricos fuera borda. Todos los sistemas activos pueden situarse en el buje de rotor y el accionamiento se realiza por medios que no requieren servicio y no son vulnerables a impactos de rayos, en particular.

Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones junto con los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica en una vista desde arriba.

La figura 2 muestra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica en una vista en sección con una aleta en un estado neutro.

La figura 3 muestra esquemáticamente una aleta en un estado neutro en una vista en sección.

La figura 4 muestra esquemáticamente una aleta en un estado parcialmente desplegado en una vista en sección.

La figura 5 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta con una manguera de fluido plegada en un estado neutro.

La figura 6 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta con una manguera de fluido plegada en un estado parcialmente desplegado.

La figura 7 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta de la invención con actuador integrado en un estado neutro.

La figura 8 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta de la invención con actuador integrado en un estado parcialmente desplegado.

Ahora, se describirá una primera realización con referencia a las figuras 1 a 4. La figura 1 muestra esquemáticamente una típica pala 1 de rotor de turbina eólica en una vista desde arriba. En la figura 1, pueden observarse las características geométricas particulares de una pala de turbina que son la raíz 3 de pala, el reborde 4, el punto 2 de punta, el borde 7 de ataque, el borde 6 de salida, la línea 5 de envergadura y la cuerda 8 de referencia. En la raíz 3 de pala la pala de rotor se monta en un buje de rotor. El punto 2 de punta caracteriza la posición radial máxima de la pala, medida desde la raíz 3 de pala a lo largo de la envergadura 5.

La línea 5 de envergadura conecta la raíz 3 de pala con el punto 2 de punta. La cuerda 8 de referencia indica la dirección perpendicular a la línea 5 de envergadura. La cuerda significa la máxima anchura de la pala de turbina perpendicular a la envergadura 5. El reborde 4 significa la posición radial, medida desde la raíz 3 de pala, en la que la cuerda tiene su valor máximo. El borde 6 de salida es el borde aguas abajo de la pala y se extiende desde la raíz 3 de pala a lo largo del reborde 4 hasta el punto 2 de punta. El borde 7 de ataque es el borde aguas arriba que se extiende desde la raíz 3 de pala hasta el punto 2 de punta.

La figura 2 muestra esquemáticamente una pala de rotor de turbina eólica en una vista en sección a lo largo de la cuerda 8 de referencia con una aleta en un estado neutro. En la figura 2, pueden observarse la cuerda 8 de referencia, el borde 7 de ataque, el borde 6 de salida y la aleta 9 que está situada en el borde 6 de salida. La aleta 9 se monta a lo largo de la longitud completa del borde 6 de salida desde el reborde 4 hasta el punto 2 de punta. Además, la dimensión con respecto a la cuerda de la aleta 9 es fija, independiente de la posición radial. Además, en la figura 2 pueden observarse el lado 10 de presión cóncavo que se extiende desde el borde 7 de ataque hasta el borde 6 de salida y el lado 11 de aspiración convexo que se extiende desde el borde 7 de ataque hasta el borde 6 de salida.

La figura 3 muestra esquemáticamente una aleta 9 en un estado neutro en una vista en sección. La aleta 9 comprende una parte 12 fija por la que se fija a la pala 1 de rotor, una parte 13 móvil, una articulación 14, una cavidad 15 y una manguera 16 de fluido. La parte 12 fija se monta firmemente en el borde 6 de salida de la pala 1. La parte 13 móvil se conecta a la parte 12 fija mediante una articulación 14 que, en la presente realización, se realiza mediante una sección fina de material de aleta. Una cavidad 15 está formada entre la parte 12 fija de la aleta y la articulación 14. En la presente realización la cavidad 15 tiene una abertura 20 que está situada opuesta a la articulación 14 entre la parte 12 fija y la parte 13 móvil. La abertura 20 permite un movimiento de la parte 13 móvil en relación con la parte 12 fija en la articulación 14.

Una manguera 16 de fluido elástica, que es, en la presente realización, una manguera de aire comprimido se extiende a lo largo del borde de salida de la pala 1 a través de la cavidad 15. La manguera 16 forma un elemento de accionamiento que acciona la parte 13 móvil de la aleta para moverse en relación con la parte 12 fija. Está conectada a un compresor que, en la realización, permite que se presione aire comprimido dentro de la manguera 16 de fluido. Alternativamente al aire comprimido, también pueden usarse agua con o sin un agente anticongelante, aceite hidráulico o cualquier otro tipo de fluido.

En lugar de un compresor, también podría usarse una bomba. El uso de una bomba proporcionaría un dispositivo de ajuste de presión que no sólo puede presionar fluido dentro de, sino también aspirar fluido fuera de la manguera 16.

La aleta 9 preferiblemente se fabrica de material termoplástico. Alternativamente, puede estar hecha de plástico, madera, material compuesto, material compuesto reforzado con fibra u otra materia prima. Ventajosamente, la aleta se monta a lo largo de la longitud completa del borde 6 de salida desde el reborde 4 hasta el punto 2 de punta. Tal como se muestra en la figura 3, la aleta 9 se restaura elásticamente a su posición neutra cuando la manguera se desinfla debido a propiedades elásticas de la articulación 14. Si se usa una bomba en lugar de un compresor, puede ayudarse a la restauración aspirando el fluido fuera de la manguera 16. En su estado neutro la manguera 16 de fluido es plana.

Se presiona aire comprimido dentro de la manguera 16 de fluido para desplegar la parte 13 móvil de la aleta. La figura 4 muestra esquemáticamente la aleta 9 de la figura 3 en un estado parcialmente desplegado en una vista en sección. En la figura 4, puede observarse el volumen inflado y expandido de la manguera 16 de fluido que presiona contra la articulación 14 y acciona así la parte 13 móvil de la aleta 9.

El ajuste de la aleta 9 puede regularse mediante la presión del aire comprimido. Esta regulación puede lograrse mediante un regulador que responde a cargas de la pala de turbina o la estructura de soporte y aplicando una magnitud específica de presión a la manguera de fluido.

Se describirá una segunda realización con referencia a las figuras 5 y 6. Todos los elementos que corresponden a elementos de la primera realización se designan mediante los mismos números de referencia que en las figuras 3 y 4 y no se describirán otra vez. La figura 5 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta 9 con una manguera 17 de fluido plegada en un estado neutro. De nuevo, pueden verse la parte 12 fija, la parte 13 móvil, la articulación 14 y la cavidad 15 entre la parte 12 fija de la aleta y la articulación 14, tal como ya se describió en la primera realización.

Al presionar aire comprimido o cualquier otro fluido mencionado dentro de la manguera 17 de fluido plegada la manguera se expande mediante un desplegado de los pliegues de la manguera de fluido. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 6 en la que una aleta 9 de la invención con una manguera 17 de fluido plegada en un estado parcialmente desplegado se dibuja en una vista en sección. La manguera 17 de fluido plegada proporciona un volumen aumentado de la manguera de fluido inflada en comparación con la primera realización y por tanto permite un despliegue más eficaz de la aleta 9.

Ahora, se describirá una tercera realización con referencia a las figuras 7 y 8. Todos los elementos que corresponden a elementos de la primera realización se designan mediante los mismos números de referencia que en las figuras 3 y 4 y no se describirán otra vez. La figura 7 muestra esquemáticamente, en una vista en sección, una aleta 9 de la invención con un elemento de accionamiento integrado en un estado neutro. En la figura 7, aparte de la articulación 14, parte 12 fija y parte 13 móvil de la aleta 9 ya descritas, pueden observarse una cavidad 19 interior que se sitúa entre la articulación 14 y dos secciones 21, 22 de pared, una de las cuales pertenece a la parte fija de la aleta y la otra a la parte móvil, y un elemento 18 flexible. La cavidad 19 interior, que tiene una abertura 20

que se sitúa opuesta a la articulación 14 se sella mediante el elemento 18 flexible. El elemento 18 flexible se extiende sobre la abertura 20 y conecta las dos secciones 21, 22 de pared de la aleta para cerrar la cavidad 19 interior. Preferiblemente, la articulación 14 está diseñada para doblarse más fácilmente en la dirección hacia el espacio interior de la cavidad 19 interior que alejándose del espacio interior.

5 En esta realización la cavidad 19 interior es el elemento de accionamiento que acciona la parte 13 móvil de la aleta. En el estado neutro de la aleta, cuando no se aplica ninguna presión, la abertura 20 está cerrada o casi cerrada. Cuando se presiona aire comprimido o cualquier otro fluido mencionado dentro de la cavidad 19 interior el volumen de la cavidad tiende a aumentar. Como consecuencia, las secciones 21, 22 de pared se presionan alejándose entre  
10 sí de modo que aumenta la abertura 20. Como la sección 21 de pared de la parte 12 fija está fijada al borde de salida de la pala no puede moverse con respecto a la pala 1. Por tanto, todo el movimiento se lleva a cabo por la sección 22 de pared de la parte 13 móvil. Este movimiento ejerce una fuerza sobre la parte móvil que intenta mover la parte 13 móvil lejos de la parte 12 fija. Sin embargo, como la parte 13 móvil está conectada a la parte 12 fija mediante la articulación 14, que evita que la parte 13 móvil se mueva lejos de la parte 12 fija, este movimiento “lejos”  
15 de la parte fija se convierte en un movimiento rotacional alrededor de la articulación. Como consecuencia se despliega la aleta.

El estado desplegado de la aleta se dibuja en la figura 8, en la que se muestra esquemáticamente la aleta 9 con un actuador integrado en una vista en sección. En comparación con la figura 7, en la figura 8 puede observarse la forma  
20 cambiada del elemento 18 flexible. Cuando la presión en la cavidad interior se libera de nuevo, una fuerza elástica del elemento 18 flexible conduce a una contracción que a su vez tira de las secciones 21, 22 de pared una hacia la otra para cerrar el espacio 20. Mediante esta acción, la aleta vuelve a su estado neutro. En la realización descrita con respecto a las figuras 7 y 8, el actuador se fabrica como parte de la aleta y no es necesaria ninguna manguera de fluido adicional.  
25

**REIVINDICACIONES**

1. Rotor de turbina eólica con una pala (1) de rotor que comprende una aleta (9) y un sistema de accionamiento de aleta,
- 5 en el que
- la pala (1) de rotor comprende un lado (10) de presión y un lado (11) de aspiración,
- 10 - la aleta (9) comprende una parte (12) fija que se fija a la pala (1) de rotor y una parte (13) móvil que es móvil con respecto a la parte (12) fija,
- caracterizado porque
- 15 - la parte (12) fija de la aleta (9) se fija al lado (10) de presión de la pala (1) de rotor, y
- el sistema de accionamiento de aleta comprende un elemento de accionamiento, que está integrado en la aleta (9) como una cavidad (19) interior, con un volumen que puede cambiarse de manera reversible situada entre la parte (13) móvil de la aleta y la parte (12) fija de la aleta, un fluido dentro del elemento (19) de accionamiento cuya presión puede ajustarse y un dispositivo de ajuste de presión que está diseñado para presionar fluido dentro de o liberar fluido del elemento (19) de accionamiento para cambiar su volumen.
- 20
2. Rotor de turbina eólica, según la reivindicación 1,
- 25 caracterizado porque
- el fluido es aire, agua con o sin un agente anticongelante o aceite hidráulico.
- 30 3. Rotor de turbina eólica, según la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque
- 35 el elemento (16, 17, 19) de accionamiento tiene una sección plana o está plegado.
4. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- caracterizado porque
- 40 la aleta (9) se monta a lo largo de la longitud completa del borde (6) de salida de la pala (1) de rotor desde el reborde (4) hasta el punto (2) de punta.
5. Rotor de turbina eólica rotor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
- 45 caracterizado porque
- la dimensión de la aleta (9) es fija, independiente de la posición radial.
6. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
- 50 caracterizado porque
- la dimensión de la aleta (9) varía en función de la posición radial.
7. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
- 55 caracterizado porque
- 60 la aleta (9) está hecha de plástico, madera, material termoplástico, material compuesto, material compuesto reforzado con fibra u otra materia prima.
8. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,
- 65 caracterizado porque
- la aleta (9) tiene una protuberancia exterior.

9. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,

caracterizado porque

la aleta (9) se compone de manera continua o como una serie de elementos de aleta que se sitúan en diferentes posiciones radiales.

10. Rotor de turbina eólica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,

caracterizado porque

el sistema de accionamiento de aleta comprende un regulador de presión de fluido que responde a cargas de la pala de turbina o la estructura de soporte.

FIG 1

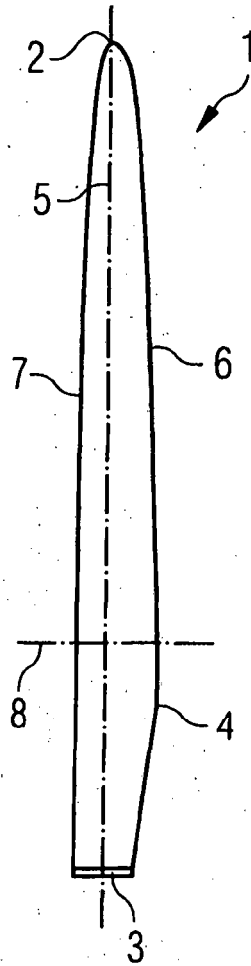


FIG 2

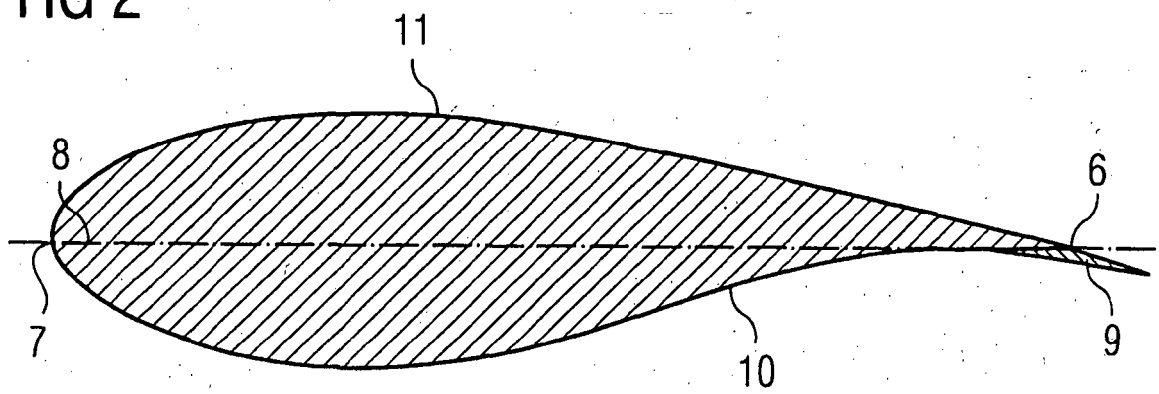




FIG 3

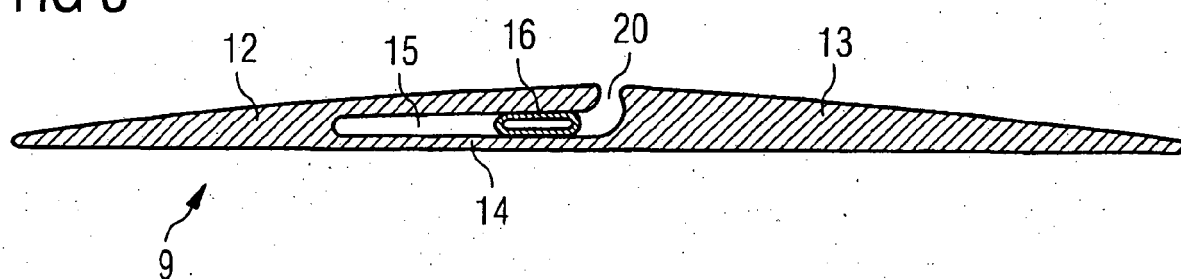


FIG 4

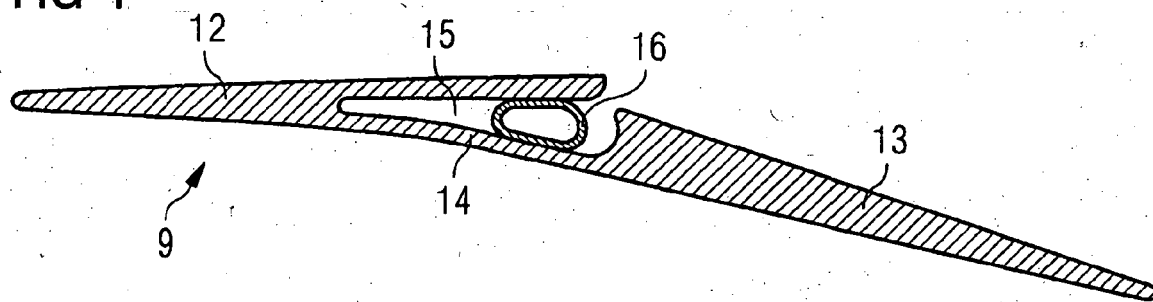


FIG 5

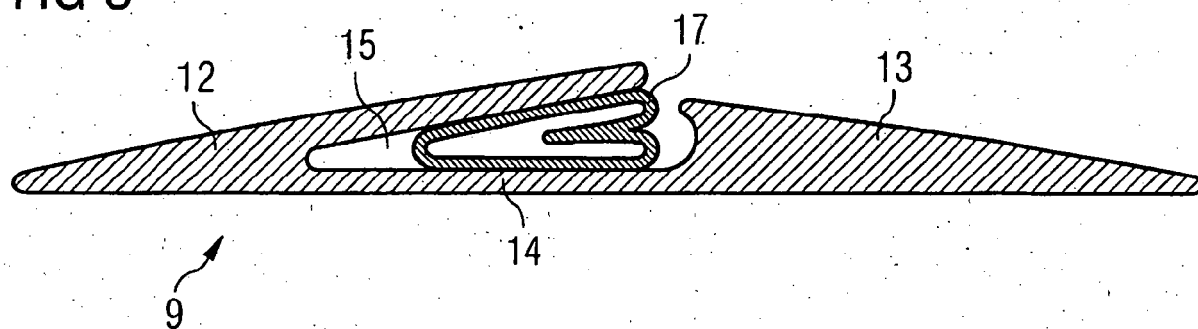


FIG 6

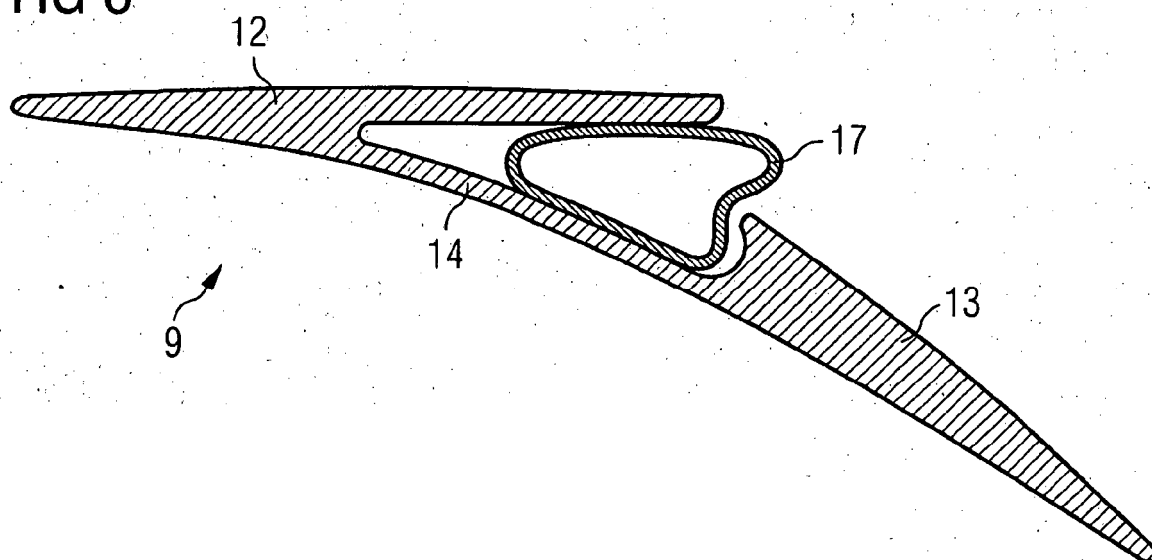


FIG 7

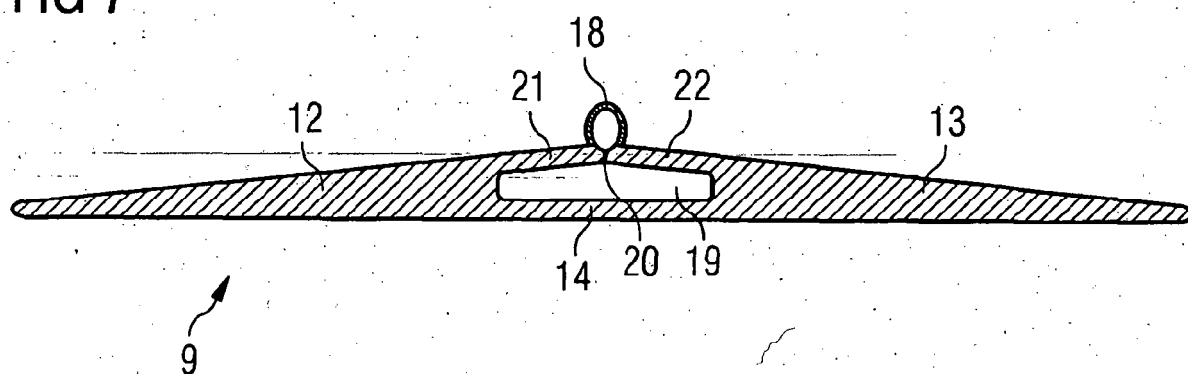


FIG 8

