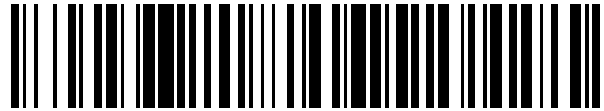


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 460**

51 Int. Cl.:

**F04D 29/38**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2011 PCT/EP2011/063047**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012 WO12041565**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2011 E 11749126 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2622227**

54 Título: **Hélice para ventilador cuya longitud de cuerda varía**

30 Prioridad:

**29.09.2010 FR 1057868**

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

**08.02.2021**

73 Titular/es:

**VALEO SYSTEMES THERMIQUES (100.0%)  
8, Rue Louis-Lormand, La Verrère  
78320 Le Mesnil Saint Denis, FR**

72 Inventor/es:

**HENNER, MANUEL;  
DEMORY, BRUNO y  
TANNOURY, ELIAS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 804 460 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**

Hélice para ventilador cuya longitud de cuerda varía

- 5 La invención se refiere a una hélice de ventilador que comprende un buje y unas palas que se extienden de manera radial hacia el exterior a partir del buje. Unas hélices de este tipo se conocen por los documentos US 5 906 179 A y KR 100 663 965 B1.
- 10 Unas hélices de este tipo se utilizan, en concreto, para el enfriamiento del motor de accionamiento de vehículos automóviles, produciendo la hélice un chorro de aire a través de un intercambiador de calor.
- 15 El buje de la hélice, también llamado "cubo", es adecuado para estar ajustado sobre el árbol de un motor, que puede ser un motor eléctrico pilotado por una electrónica de control. En el caso en que una hélice de este tipo se utiliza para el enfriamiento de un motor de vehículo automóvil, se encuentra colocada ya sea por delante ya sea por detrás del radiador que sirve para el enfriamiento del motor.
- 20 El diseño de estas hélices plantea unos numerosos problemas en la práctica cuando se busca mejorar sus prestaciones, tanto de aire como acústicas.
- 25 En efecto, hay que tener en cuenta unos criterios aerodinámicos que se conocen por la teoría de los perfiles (arrastre y sustentación) y por las reglas de equilibrio radial, ya que la presión total debe equilibrarse en ausencia de pérdidas de entropía.
- 30 Para respetar estos criterios, las palas están realizadas, de forma conocida, con un ángulo de ajuste que aumenta con el radio.
- 35 El ajuste está definido por el ángulo que existe entre la cuerda y el eje de rotación, estando la cuerda definida como el segmento de recta que conecta el borde de ataque y el borde de fuga de la pala sobre la sección transversal aplanada.
- 40 Se conocen, típicamente, unas hélices que presentan un ángulo de ajuste de 65 ° en el pie y que aumenta hasta 75 ° en la cabeza.
- 45 Siendo las palas de naturaleza tridimensional, se producen unos flujos secundarios, en concreto, en su pie y su cabeza. En estos lugares, la pala está unida respectivamente al buje y a la virola giratoria. Ahí, el flujo está perturbado y surgen unos desprendimientos aerodinámicos ahí.
- 50 Se ha intentado resolver estos problemas con la ayuda de hélices que presentan unas palas para las que el ángulo de ajuste disminuye localmente en la proximidad de la cabeza. Estas hélices aportan satisfacción al nivel de la cabeza, pero sin reducir los flujos secundarios en otros lugares.
- 55 La invención tiene como objetivo proponer una hélice de este tipo cuya forma permite limitar los flujos secundarios al nivel de la cabeza y del pie de la pala, pero, igualmente, de forma general, sobre toda la envergadura de la pala.
- 60 Para ello, la invención propone una hélice de ventilador, en concreto, para el enfriamiento del motor de accionamiento de un vehículo automóvil, que comprende un buje, una virola y unas palas que se extienden de manera radial entre el buje y la virola, incluyendo cada pala un pie en su confluencia con el buje y una cabeza en la confluencia con la virola, presentando cada pala un borde de ataque y un borde de fuga entre los que, en cada sección transversal aplanada, está definida una cuerda. Para cada pala, entre el pie y la cabeza, la longitud de la cuerda varía y la variación de la longitud de cuerda entre el pie y la cabeza presenta un punto de inflexión entre dos etapas.
- 65 De este modo, haciendo variar la longitud de cuerda, las perturbaciones inducidas por el cubo y por la virola se tienen en cuenta para los flujos secundarios y se limitan al pie y al nivel de la cabeza y sobre toda la envergadura de la pala los flujos secundarios.
- Según la invención, la variación de la longitud de cuerda presenta tres etapas con un punto de inflexión entre dos etapas consecutivas.
- Según la dirección radial, la longitud de la cuerda disminuye con el radio hasta una primera etapa, la longitud de cuerda aumenta con el radio hasta una segunda etapa y la longitud de cuerda disminuye de nuevo con el radio hasta una tercera etapa.
- Eventualmente, la longitud de cuerda aumenta bruscamente entre la tercera etapa y la cabeza de la pala.
- Según una variante del modo de realización, según la dirección radial, la longitud de la cuerda aumenta con el radio hasta una primera etapa, la longitud de cuerda disminuye con el radio hasta una segunda etapa y la longitud de cuerda

aumenta de nuevo con el radio hasta una tercera etapa.

Eventualmente, la longitud de cuerda disminuye bruscamente entre la tercera etapa y la cabeza.

- 5 En combinación con algunas de las características anteriores, entre el pie y la cabeza, el ángulo de ajuste varía y la variación del ángulo de ajuste entre el pie y la cabeza presenta un punto de inflexión entre una primera etapa y una segunda etapa.

- 10 Eventualmente, según la dirección radial que se extiende del pie hacia la cabeza, el ángulo de ajuste aumenta bruscamente con el radio hasta la primera etapa y el ángulo de ajuste aumenta de nuevo con el radio entre la primera etapa y la segunda etapa.

- 15 Al nivel de la cabeza, se puede prever que el ángulo de ajuste disminuya bruscamente entre la segunda etapa y la cabeza de la pala.

- Según una variante de realización, según la dirección radial que se extiende del pie hacia la cabeza, el ángulo de ajuste disminuye bruscamente con el radio hasta la primera etapa y el ángulo de ajuste disminuye de nuevo con el radio entre la primera etapa y la segunda etapa.

- 20 Y eventualmente el ángulo de ajuste aumenta bruscamente entre la segunda etapa y la cabeza de la pala.

La hélice según la invención presenta solas o en combinación las siguientes características:

- 25 - al menos uno de los borde de ataque y borde de fuga presenta una ondulación cóncava y se prolonga por una ondulación convexa; y/o  
- la ondulación convexa está dispuesta entre dos ondulaciones cóncavas; y/o  
- la ondulación cóncava está dispuesta entre dos ondulaciones convexas; y/o  
- cada pala presenta una cara que se extiende entre el borde de ataque y el borde de fuga, que presenta un hueco y que se prolonga por una protuberancia; y/o  
30 - la protuberancia está dispuesta entre dos huecos.

Las características y ventajas de la invención surgirán de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo preferente, pero no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 35 - la figura 1 es una vista de frente de una hélice de la técnica anterior;  
- la figura 2 es una vista parcial en corte de la hélice de la figura 1 con una pala cortada según una sección transversal;  
- la figura 3 es una vista en corte de la pala de la hélice de la figura 2 según la sección transversal aplanada;  
- la figura 4 es una vista en perspectiva de la cara delantera de una hélice según la invención;  
40 - la figura 5 es una vista en perspectiva de la cara trasera de la hélice de la figura 4;  
- las figuras 6, 7 y 8 son unas vistas en perspectivas según tres ángulos diferentes de una pala según la invención;  
- las figuras 9 y 10 son unos grafos que muestran unas curvas que representan respectivamente la variación del ajuste y la variación de la longitud de la cuerda en función de la distancia al pie de la pala;  
- las figuras 11 y 12 son unos gráficos similares a los de las figuras 9 y 10 para una variante de pala.

- 45 La hélice 1 representada en las figuras comprende de forma convencional una pluralidad de palas 2 que se extienden, generalmente, de manera radial a partir del buje central 3 y conectadas entre sí, en la periferia de la hélice 1, por una virola 4. El buje 3, las palas 2 y la virola 4 están formados en una sola pieza por moldeo de materia plástica.

- 50 El buje 3 presenta una pared anular cilíndrica de revolución 5, a la que se unen los pies 6 de palas 2 y una pared frontal plana 7, girada hacia aguas arriba. Los términos aguas arriba y aguas abajo hacen referencia, en el presente documento, al sentido del chorro de aire producido por la rotación de la hélice 1. Las paredes frontal 7 y anular 5 están conectadas entre sí por un redondeo de perfil en arco de círculo.

- 55 En dirección del eje de la hélice, la pared frontal se une a un manguito central sobremoldeado sobre un inserto anular metálico 8 destinado a la conexión de la hélice 1 al árbol de un motor de accionamiento no representado. Unas nervaduras de refuerzo están previstas en el interior del buje 3.

- 60 La virola 4 presenta, igualmente, una pared anular cilíndrica de revolución 10, en la que se unen las cabezas 11 a los extremos de las palas 2 y que se prolonga, en el lado aguas arriba, por un abocardamiento redondeado.

- Para lo que sigue, se define la expresión "sección transversal aplanada 13" como la curva cerrada plana obtenida cortando la pala por una superficie cilíndrica de revolución alrededor del eje de la hélice 1 y desenrollando en plano esta superficie cilíndrica. La sección transversal 13 de la técnica anterior, representada en las figuras 2 y 3, posee una forma perfilada aerodinámicamente como un perfil de ala de avión.

- 65

- 5 La cuerda 15 está definida, entonces, como el segmento de recta que conecta el borde de ataque 16 y el borde de fuga 17 sobre la sección transversal aplanada. La hélice 1 gira en un sentido definido por el sentido "borde de fuga hacia borde de ataque". El ajuste  $\alpha$ , o ángulo de ajuste, está definido por el ángulo que existe entre la cuerda 15 y el eje de rotación 9. Como se ve esto en la figura 3, se ha representado el ángulo de ajuste  $\alpha$  entre la cuerda 15 y un eje 20 paralelo al eje de rotación 9 de la hélice 1.
- 10 Con referencia a las figuras 4 a 8, se describe la hélice según un modo de realización de la invención para la que se conservan las mismas referencias que para la hélice de la técnica anterior representada en las figuras 1 a 3.
- La hélice 1 difiere de la hélice de la técnica anterior por la forma de las palas 2.
- En este momento, se describen las palas 2 de la hélice 1. Esta incluye siete palas 2 idénticas que se extienden del buje 3 a la virola 4 y están repartidas angularmente de forma regular alrededor del buje 3.
- 15 Cada pala 2 presenta una cara aguas arriba 22 y una cara aguas abajo 23, estando las caras aguas arriba 22 visibles en la figura 4, mientras que las caras aguas abajo 23 están visibles en la figura 5.
- Siendo las palas 2 idénticas entre sí, no se describe más que una de ellas, con referencia a las figuras 4 a 10.
- 20 De forma general, la forma de la pala 2 se obtiene haciendo variar del pie 6 hacia la cabeza 11, la longitud de cuerda 15, por una parte, y el ángulo de ajuste  $a$ . La variación de la longitud de cuerda 15 tiene un efecto sobre la anchura de la pala 2. Se traduce por una presencia de ondulaciones sobre el borde, en el presente documento, de ataque. La variación del ajuste  $\alpha$  tiene un efecto sobre el relieve de la pala 2 creando unas protuberancias y unos huecos.
- 25 La pala 2 presenta un borde de ataque 16 que se ondula. Partiendo del pie 6, el borde 16 comienza por una ondulación o curva cóncava 25. La curva cóncava 25 se prolonga por una curva convexa 26 que, ella misma, se prolonga por una curva cóncava 27. La curva 27 presenta su extremo opuesto al pie 6 al nivel de la cabeza 11 en la confluencia entre la pala 2 y la virola 4.
- 30 Se definen tres puntos determinados 30, 31, 32 sobre el borde de ataque 16 de la pala 2. El punto 30 está situado en la proximidad del pie 6. El punto 31 está situado en una zona a media distancia de la pala entre el pie 6 y la cabeza 11. El punto 32 está situado, él, en la proximidad de la cabeza 11.
- 35 El punto 30 está situado sobre la cúspide de la curva cóncava 25; el punto 31 está situado sobre la cúspide de la curva 26; el punto 32 está situado sobre la cúspide de la curva 27.
- El borde de fuga 17 presenta, él, una curva que presenta una sola concavidad, más plana, es decir, que presenta una etapa central ancha 28 más o menos plana.
- 40 En este momento, se hace referencia a la figura 10 que muestra la evolución de la longitud de la cuerda 15 con respecto a la envergadura de la pala 2, es decir, con respecto a la distancia al pie 6. En esta figura se han trasladado los valores L30, L31 y L32 que corresponden a la distancia de los puntos 30, 31 y 32 al pie 6 de la pala 2.
- 45 El grafo muestra que entre el pie 6 y el punto 30, es decir, sobre la longitud L30, la longitud de la cuerda disminuye. Alcanza en este punto 30 un primer mínimo. Y alrededor de este punto 30, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 33 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona. En el presente documento y en lo que sigue, se considera que la longitud casi no evoluciona cuando sobre un rango de un 10 % de la envergadura de la pala, la longitud de cuerda no evoluciona más de un 5 %. Según una variante, se puede prever una etapa para la que la evolución de cuerda no es más que de un 3 %.
- 50 Sobre la longitud L31 quitada de la longitud L30 y, por lo tanto, entre los puntos 30 y 31, la longitud de cuerda aumenta. Esta longitud de cuerda alcanza un máximo en el punto 31. Y alrededor de este punto 31, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 34 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona.
- 55 Entre las dos etapas 33, 34 y, por lo tanto, entre el mínimo correspondiente al punto 30 y el máximo correspondiente al punto 31, la curva de la evolución de la cuerda presenta un primer punto de inflexión 36.
- 60 Sobre la longitud L32 quitada de la longitud L31, es decir, entre los puntos 31 y 32 de la pala, la longitud de cuerda disminuye de nuevo para alcanzar un segundo mínimo. Y alrededor de este punto 32, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 35 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona.
- Entre las dos etapas 34, 35 y, por lo tanto, entre el máximo correspondiente al punto 31 y el segundo mínimo correspondiente al punto 32, la curva de la evolución de la cuerda presenta un segundo punto de inflexión 37.
- 65 Sobre el resto de la longitud de pala 2, es decir, entre el punto 32 y la cabeza 11 de la pala 2, la longitud de cuerda aumenta bruscamente. Por bruscamente, se entiende que la pendiente del aumento entre el punto 32 y la cabeza 11

es mucho más importante, en valor absoluto, que la pendiente de la disminución entre el punto 31 y el punto 32.

Estas variaciones de la longitud de cuerda traducen las ondulaciones del borde de ataque, tal como se ha descrito anteriormente.

5 Según una variante de realización no representada, entre el pie 6 y el punto 30, la longitud de la cuerda disminuye bruscamente. En el presente documento, también y como en lo que sigue, bruscamente significa que, en valor absoluto, la pendiente es mucho más importante sobre este segmento que sobre un segmento o la variación no se califica como brusca.

10 Como la longitud de cuerda 15, el valor del ángulo de ajuste  $\alpha$  varía entre el pie 6 y la cabeza 11. Esto se traduce, en concreto, por la presencia de relieves sobre las caras de la pala 12.

15 De este modo, como se ve esto en las figuras 6 a 8, la cara aguas arriba 22 de la pala 2 presenta en el lado del pie 6 un hueco 40. En medio de la cara 22, esta presenta una protuberancia 41. Y en el lado de la cabeza 11, la superficie presenta de nuevo un hueco 42, de modo que la cara 22 presenta una protuberancia 41 con, a cada lado, un hueco 40, 42. La protuberancia 41 y los huecos 40, 42 se extienden aproximadamente sobre toda la anchura de la cara 22, incluso si las cúspides o mínimos de estos huecos o protuberancia no se encuentran, en el presente documento, sobre los bordes 16, 17.

20 La cara aguas abajo presenta, ella, unos relieves opuestos.

25 En este momento, se hace referencia a la figura 9, que muestra la evolución del ángulo de ajuste  $\alpha$  con respecto a la envergadura de la pala 12, es decir, con respecto a la distancia al pie 6. En esta figura, se han trasladado, igualmente, los valores L30, L31 y L32.

30 El ajuste  $\alpha$  aumenta bruscamente del pie 6 sobre toda la longitud L30 y continúa aumentando fuertemente hasta una etapa 43 que se sitúa entre los puntos 30 y 31. En la zona de la etapa 43, el ajuste  $\alpha$  se mantiene en un valor constante, luego, aumenta de nuevo a partir del punto 31. El aumento se continúa y pasa por un punto de inflexión 45. Después del punto de inflexión 45, el ajuste  $\alpha$  aumenta también hasta una segunda etapa 44. La segunda etapa 44 está situada entre el punto 31 y el punto 32, un poco antes del punto 32. Después de la etapa 44 y más claramente después del punto 32, el ajuste  $\alpha$  disminuye bruscamente hasta la cabeza 11.

35 Según una variante no representada, después de la etapa 43, el valor del ajuste  $\alpha$  disminuye hasta un mínimo para aumentar, a continuación.

Estas variaciones del ángulo de ajuste son una traducción de la forma de la pala 2 con sus huecos y protuberancia, tal como se ha descrito anteriormente.

40 Según una variante representada en las figuras 11 y 12, descritas en lo que sigue en detalles, las evoluciones de longitud de cuerda y de ajuste  $\alpha$  están invertidas con respecto a lo que se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 9 y 10.

45 En este momento, se hace referencia a la figura 12 que muestra la evolución de la longitud de la cuerda 15 con respecto a la envergadura de la pala 12, es decir, con respecto a la distancia al pie 6. En esta figura se han trasladado los valores L30, L31 y L32 que corresponden a la distancia de los puntos 30, 31 y 32 al pie 6 de la pala 2.

50 El grafo muestra que entre el pie 6 y el punto 30, es decir, sobre la longitud L30, la longitud de la cuerda aumenta. Alcanza en este punto 30 un primer máximo. Y alrededor de este punto 30, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 53 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona.

55 Sobre la longitud L31 quitada de la longitud L30 y, por lo tanto, entre los puntos 30 y 31, la longitud de cuerda aumenta. Esta longitud de cuerda alcanza un máximo. Y alrededor de este punto 31, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 54 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona.

Entre las dos etapas 53, 54 y, por lo tanto, entre el máximo correspondiente al punto 30 y el mínimo correspondiente al punto 31, la curva de la evolución de la cuerda presenta un primer punto de inflexión 56.

60 Sobre la longitud L32 quitada de la longitud L31, es decir, entre los puntos 31 y 32 de la pala, la longitud de cuerda aumenta de nuevo para alcanzar un segundo máximo. Y alrededor de este punto 32, la evolución de la longitud de cuerda se hace sobre una etapa 55 donde la longitud de cuerda casi no evoluciona.

Entre las dos etapas 54, 55 y, por lo tanto, entre el mínimo correspondiente al punto 31 y el segundo máximo correspondiente al punto 32, la curva de la evolución de la cuerda presenta un segundo punto de inflexión 57.

65 Sobre el resto de la longitud de pala 2, es decir, entre el punto 32 y la cabeza 11 de la pala 2, la longitud de cuerda

disminuye bruscamente.

Según una variante de realización no representada, entre el pie 6 y el punto 30, la longitud de la cuerda aumenta bruscamente.

5 Aunque no se haya representado la pala 2 según esta variante, por analogía, el borde de ataque 16 se ondula hacia y alejado del borde de ataque 17. Partiendo del pie 6, el borde 16 comienza por una ondulación o curva convexa. La curva convexa se prolonga por una curva cóncava que, ella misma, se prolonga por una curva cóncava. La curva presenta su extremo opuesto al pie 6 al nivel de la cabeza 11 en la confluencia entre la pala 2 y la pared 5 del buje 3.

10 Como la longitud de cuerda 15, el valor del ángulo de ajuste  $\alpha$  varía entre el pie 6 y la cabeza 11. Esto se traduce, en concreto, por la presencia de relieve sobre las caras de la pala 12.

15 De este modo, aunque no se haya representado en perspectiva la pala 2 de la que se han sacado los grafos de las figuras 11 y 12, esta presenta en el lado del pie 6 una protuberancia. En medio de envergadura de cara 22, esta presenta un hueco. Y en el lado de la cabeza 11, la superficie presenta de nuevo una protuberancia, de modo que la cara 22 presenta un hueco con, a cada lado, una protuberancia. El hueco y las protuberancias se extienden aproximadamente sobre toda la anchura de la cara 22. La cara aguas abajo presenta, ella, unos relieves opuestos.

20 En este momento, se hace referencia a la figura 11, que muestra la evolución del ángulo de ajuste  $\alpha$  con respecto a la envergadura de la pala 12, es decir, con respecto a la distancia al pie 6. En esta figura, se han trasladado, igualmente, los valores L30, L31 y L32.

25 El ajuste  $\alpha$  disminuye bruscamente del pie 6 sobre toda la longitud L30 y continúa disminuyendo fuertemente hasta una etapa 63 que se sitúa entre los puntos 30 y 31. En la zona de la etapa 63, el ajuste  $\alpha$  se mantiene en un valor constante, luego, disminuye de nuevo a partir del punto 31. La disminución se continúa y pasa por un punto de inflexión 65. Después del punto de inflexión 65, el ajuste  $\alpha$  disminuye todavía hasta una segunda etapa 64. La segunda etapa 64 está situada entre el punto 31 y el punto 32, un poco antes del punto 32. Después de la etapa 64 y más claramente después del punto 32, el ajuste  $\alpha$  aumenta bruscamente hasta la cabeza 11.

30 Se han representado las palas 2 con unos relieves que traducen la variación del ángulo de ajuste. Permaneciendo en el marco de la invención, se pueden prever unas palas que no presentan estos relieves, sino solamente las variaciones de longitud de cuerda.

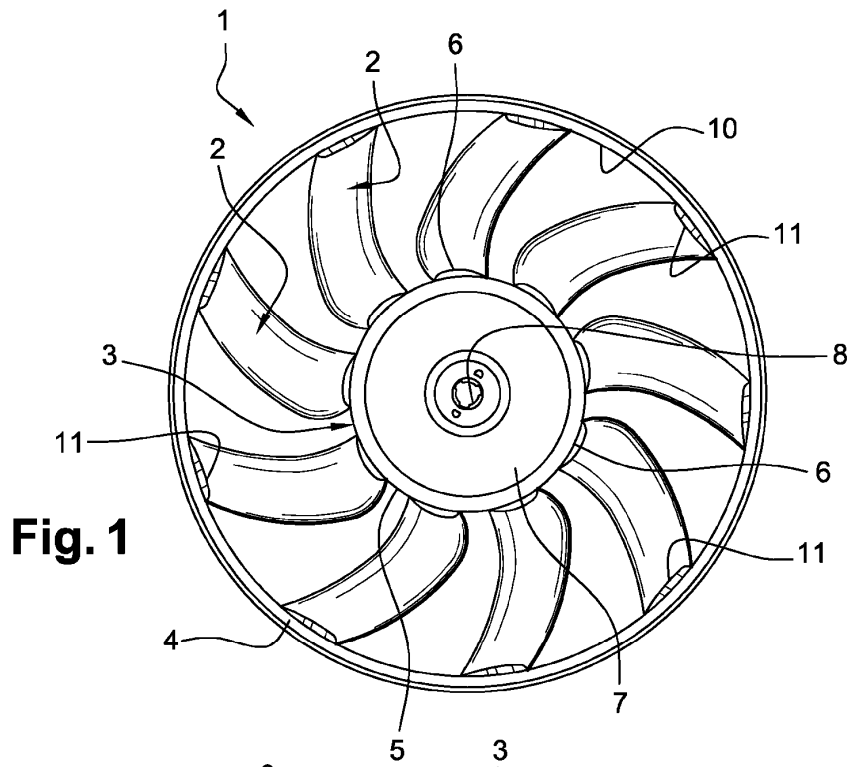
35 Según una variante de realización, el borde de fuga presenta, igualmente, un perfil con dos curvas cóncavas que rodean una curva convexa o de manera inversa en función del perfil del borde de ataque. En esta variante, el borde de ataque presenta o no un perfil equivalente.

40 Según otro modo de realización no representado, no se hace variar del pie a la cabeza más que la longitud de cuerda, mientras que el ángulo de ajuste  $\alpha$  no varía. Esto se traduce por una orientación constante de la sección transversal y, por lo tanto, una ausencia de relieves (huecos y protuberancias consecutivamente).

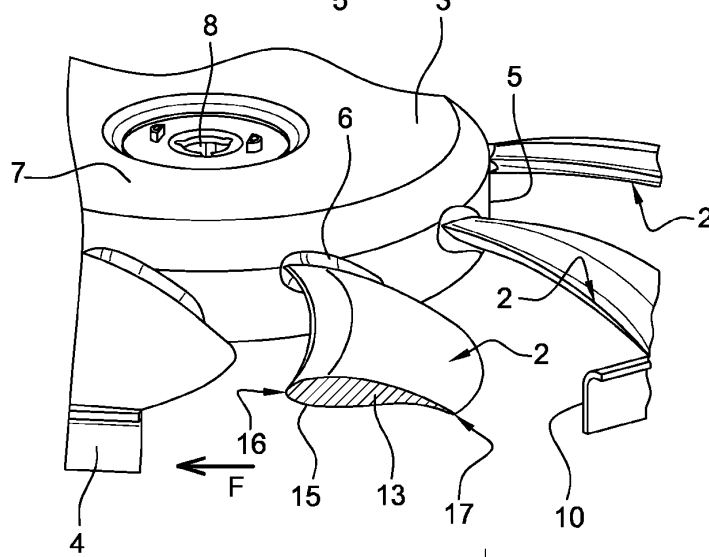
La presente invención no está limitada al modo de realización descrito y representado, sino que abarca cualquier variante de ejecución, como se define por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

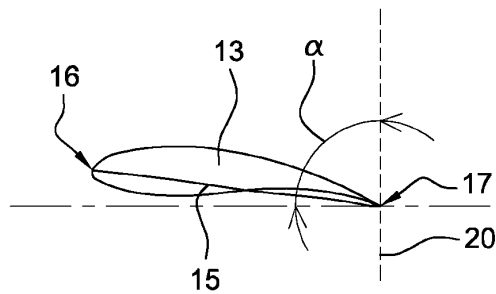
- 5 1. Hélice de ventilador, en concreto, para el enfriamiento del motor de accionamiento de un vehículo automóvil, que comprende un buje (3), una virola (4) y unas palas (2) que se extienden de manera radial entre el buje (3) y la virola (4), incluyendo cada pala (2) un pie (6) en su confluencia con el buje (3) y una cabeza (11) en la confluencia con la virola (4), presentando cada pala (2) un borde de ataque (16) y un borde de fuga (17) entre los que, en cada sección transversal aplanada, está definida una cuerda (15) y para cada pala (2), según la dirección radial del pie (6) hacia la cabeza (11), la longitud de la cuerda (15) varía, caracterizada por que la variación de la longitud de cuerda presenta tres etapas (33, 34, 35; 53, 54, 55) con un punto de inflexión (36, 37; 56, 57) entre dos etapas consecutivas.
- 10 2. Hélice según la reivindicación 1, caracterizada por que, según la dirección radial, la longitud de la cuerda (15) disminuye con el radio hasta una primera etapa (33), la longitud de cuerda (15) aumenta con el radio hasta una segunda etapa (34) y la longitud de cuerda (15) disminuye de nuevo con el radio hasta una tercera etapa (35).
- 15 3. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que, según la dirección radial, la longitud de cuerda (15) aumenta bruscamente entre la tercera etapa (35) y la cabeza (11) de la pala (2).
- 20 4. Hélice según la reivindicación 1, caracterizada por que, según la dirección radial, la longitud de la cuerda (15) aumenta con el radio hasta una primera etapa (53), la longitud de cuerda (15) disminuye con el radio hasta una segunda etapa (54) y la longitud de cuerda (15) aumenta de nuevo con el radio hasta una tercera etapa (55).
- 25 5. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 4, caracterizada por que la longitud de cuerda (15) disminuye bruscamente entre la tercera etapa (55) y la cabeza (11).
- 30 6. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que entre el pie (6) y la cabeza (11), el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) varía y por que la variación del ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) entre el pie (6) y la cabeza (11) presenta un punto de inflexión (45; 65) entre una primera etapa (43; 63) y una segunda etapa (44; 64).
- 35 7. Hélice según la reivindicación 6, caracterizada por que, según la dirección radial, el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) aumenta bruscamente con el radio hasta la primera etapa (43) y el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) aumenta de nuevo con el radio entre la primera etapa (43) y la segunda etapa (44).
- 40 8. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizada por que al nivel de la cabeza (11), el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) disminuye bruscamente entre la segunda etapa (44) y la cabeza (11).
- 45 9. Hélice según la reivindicación 6, caracterizada por que, según la dirección radial, hacia la cabeza (7), el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) disminuye bruscamente con el radio hasta la primera etapa (63) y el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) disminuye de nuevo con el radio entre la primera etapa (63) y la segunda etapa (64).
- 50 10. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 9, caracterizada por que el ángulo de ajuste ( $\alpha$ ) aumenta bruscamente entre la segunda etapa (64) y la cabeza (11).
- 55 11. Hélice según la reivindicación 1 a 10, caracterizada por que al menos uno de los borde de ataque (16) y borde de fuga (17) presenta una ondulación cóncava (25, 27) y se prolonga por una ondulación convexa (26).
12. Hélice según la reivindicación 11, caracterizada por que la ondulación convexa (26) está dispuesta entre dos ondulaciones cóncavas (25, 27).
13. Hélice según la reivindicación 11, caracterizada por que la ondulación cóncava está dispuesta entre dos ondulaciones convexas.
14. Hélice según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que cada pala (2) presenta una cara (22) que se extiende entre el borde de ataque (16) y el borde de fuga (17), que presenta un hueco (40, 42) y que se prolonga por una protuberancia (41).
15. Hélice según la reivindicación 14, caracterizada por que la protuberancia (41) está dispuesta entre dos huecos (40, 42).



**Fig. 1**

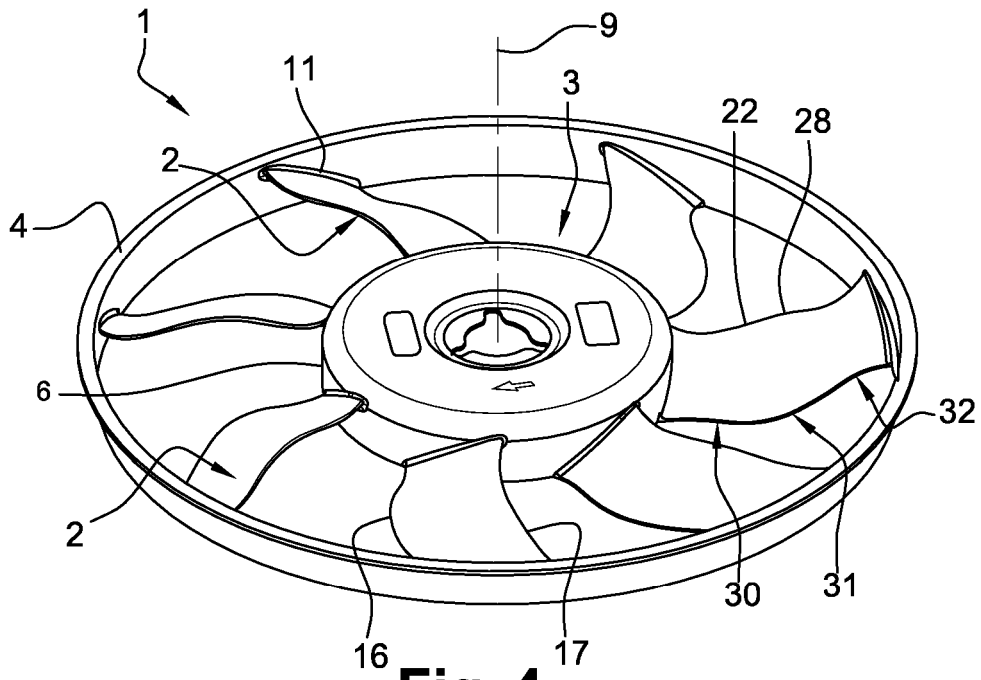


**Fig. 2**

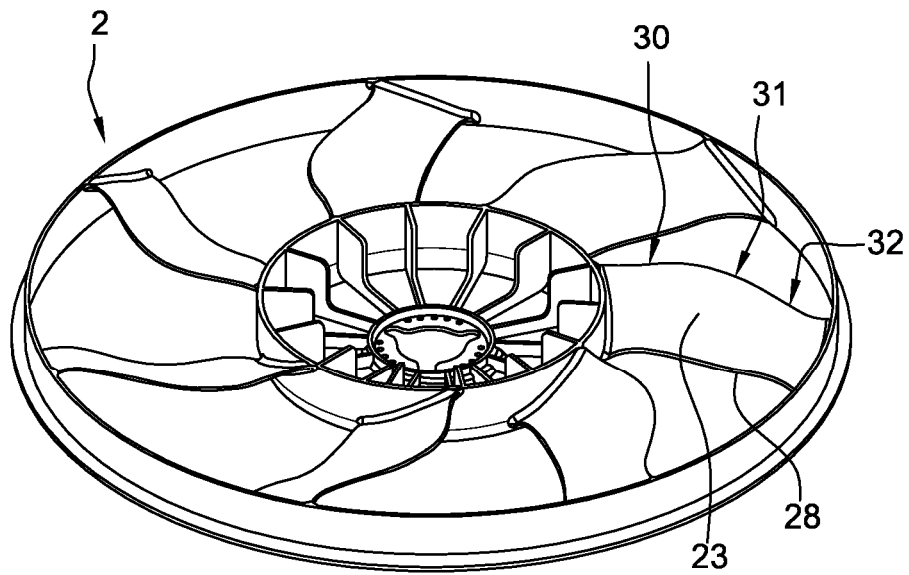


**Fig. 3**

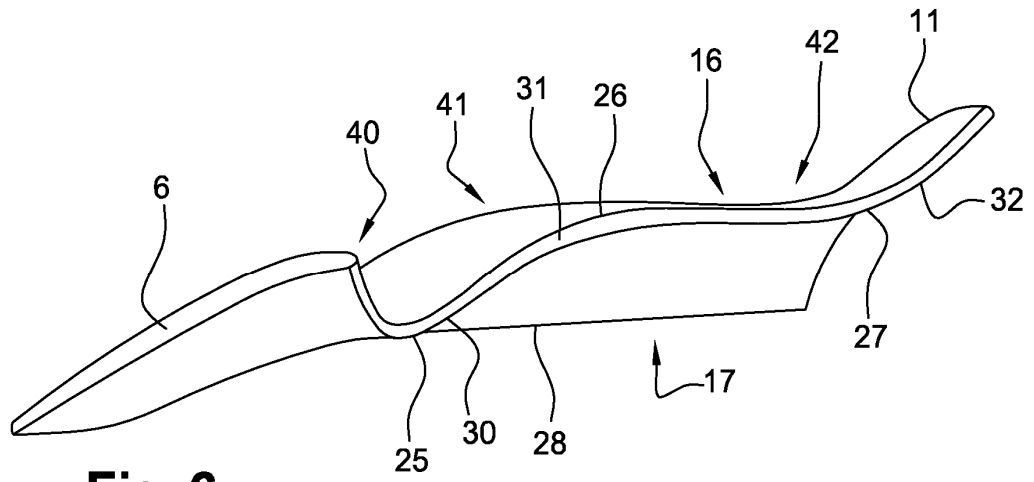




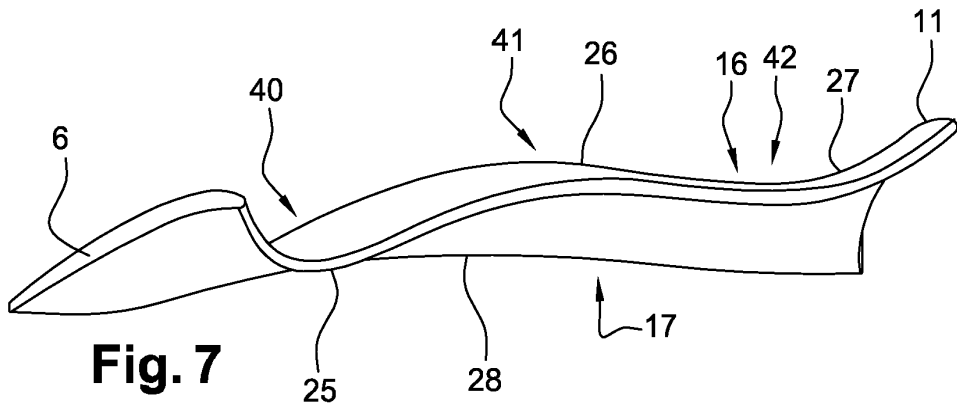
**Fig. 4**



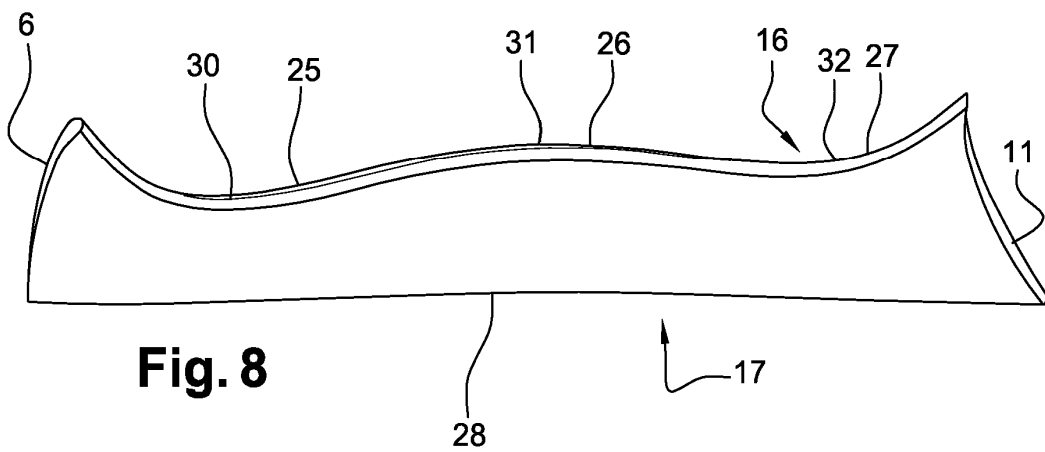
**Fig. 5**



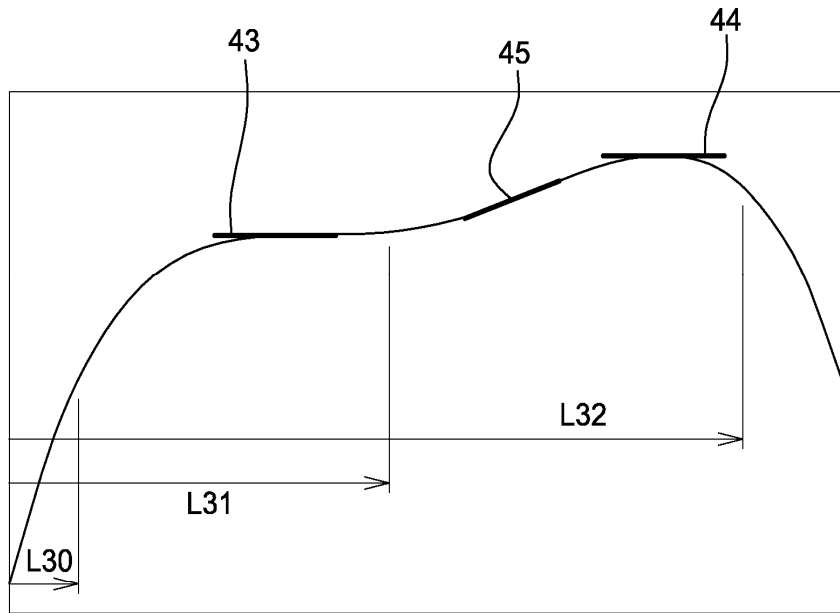
**Fig. 6**



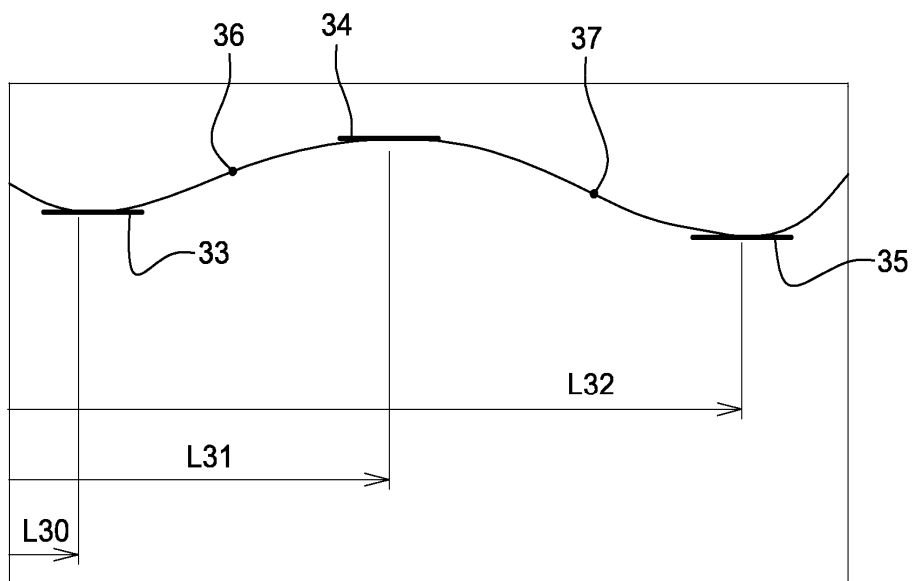
**Fig. 7**



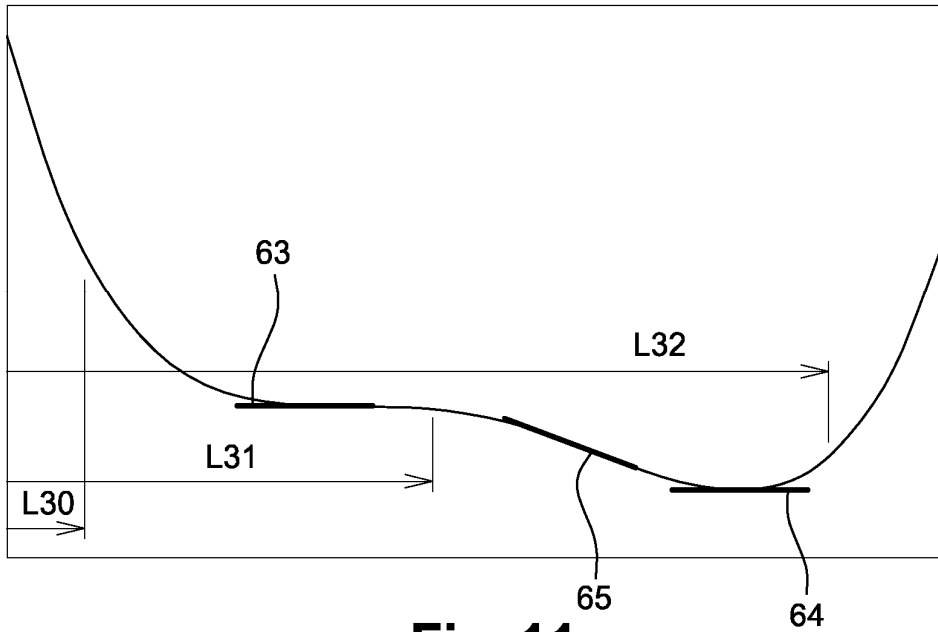
**Fig. 8**



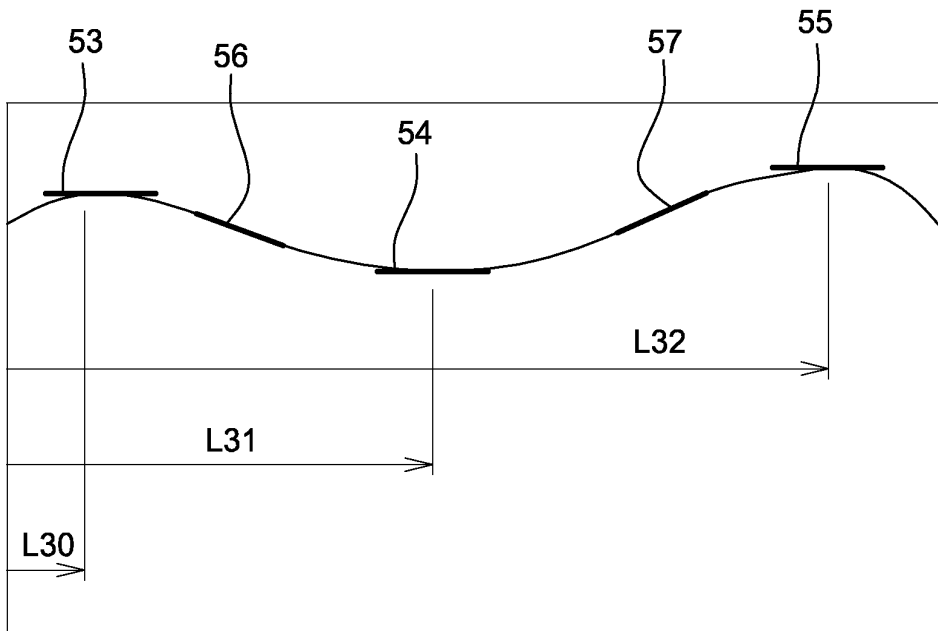
**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**