

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 151**

51 Int. Cl.:

F04D 29/38 (2006.01)

F04D 29/32 (2006.01)

F04D 29/68 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2006** **E 06003819 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013** **EP 1801422**

54 Título: **Ventilador y pala de ventilador**

30 Prioridad:

22.12.2005 EP 05028264

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

29.10.2013

73 Titular/es:

ZIEHL-ABEGG AG (100.0%)
HEINZ-ZIEHL-STRASSE
74653 KÜNZELSAU, DE

72 Inventor/es:

NEUMEIER, RALF

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 427 151 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

Ventilador y pala de ventilador

5 La invención se refiere a un ventilador y una pala de ventilador.

10 En ventiladores o impulsores modernos, las palas de ventilador conformadas favorablemente desde el punto de vista de la mecánica de fluidos posibilitan una eficacia alta por ejemplo con respecto al volumen de flujo circulado alcanzado o la presión de flujo de salida. Sin embargo a este respecto es problemática con frecuencia una fuerte generación de ruido en el funcionamiento del ventilador.

El documento DE 199 480 75 utiliza para reducir el ruido de marcha un ventilador axial con palas que presentan un borde de pala en forma de S adelantado con una esquina exterior sobresaliente.

15 El documento EP 887 558 B1 propone palas de ventilador con un borde de entrada de flujo en forma de S y un borde de salida de flujo reflejado respecto al borde de entrada de flujo.

20 El documento US 3 416 725 muestra una forma de pala con un borde de entrada de flujo curvado dos veces en forma de media luna y un borde de salida de flujo ligeramente curvado una vez en forma de media luna.

El documento DE 103 26 637 B3 describe un ventilador con sentido de giro alterno, que presenta palas con bordes de entrada de flujo en forma de S que decrecen fuertemente hacia el exterior.

25 El documento WO 1998005868 da a conocer un método numérico para la optimización aeroacústica de un ventilador axial o de su geometría de hoja.

El documento US 2 649 921 pone a disposición un ventilador con palas muy cortas y anchas y bordes de entrada y de salida de flujo curvados tres veces.

30 El documento FR 27 280 28 representa palas con zonas de borde convexas con grandes puntas alares.

Finalmente el documento US 5 533 865 da a conocer un rotor para una turbina eólica cuyas palas presentan un borde trasero en forma de dientes de sierra.

35 Frente a estos antecedentes técnicos, la invención se ocupa del problema de poner a disposición un ventilador o pala de ventilador que funcione con poco ruido.

40 La invención soluciona este problema con un ventilador según las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes contienen configuraciones ventajosas.

45 Antes de que se describa la invención en más detalle, se explican algunos términos para facilitar la comprensión. A este respecto se considera un ventilador con generalmente varias palas de ventilador dispuestas en forma de estrella por medio de dispositivos de fijación en un cubo (un ventilador según la invención utiliza para ello palas de ventilador según la invención, tal como se describirán a continuación) para mover la materia que rodea al ventilador, como por ejemplo aire u otro gas. El cubo constituye el punto medio del ventilador.

Para cada pala de ventilador se define un haz radial que discurre como recta desde el punto medio del cubo por en medio a través del pie de pala respectivo de la pala de ventilador hacia el exterior.

50 Cada pala de ventilador presenta un borde de entrada de flujo que se adelanta en el funcionamiento en el sentido de movimiento normal, y un borde de salida de flujo que se atrasa en el funcionamiento en el sentido de movimiento normal. Preferiblemente también es posible un funcionamiento del dispositivo descrito en el sentido de marcha opuesto. Sin embargo generalmente los bordes de entrada y salida de flujo sólo están conformados de manera óptima para un sentido de marcha; el funcionamiento en sentido contrario no puede proporcionar un rendimiento óptimo.

60 “Interior” es, en un ventilador descrito, el cubo, “exterior” la carcasa o la caja (en caso de que esté disponible, lo que sin embargo generalmente es el caso). Por tanto el borde exterior de la pala de ventilador es el borde que se encuentra más alejado del cubo; suele ser más corto que los bordes de entrada y salida de flujo.

Además la hoja de pala de ventilador tiene un lado de aspiración, que en el funcionamiento aspira el aire de entrada de flujo, etc., así como un lado de presión opuesto, sobre el que se acumula la presión para expulsar el aire, etc.

65 Un ventilador según la invención se distingue ahora frente a un ventilador convencional comparable por un funcionamiento con ruido reducido. Como ya se mencionó anteriormente, un ventilador según la invención utiliza al menos una pala de ventilador según la invención que se dispone(n) (en el caso de varias palas de ventilador

preferiblemente a distancias iguales) alrededor de un cubo. Para fijar la al menos una pala, el ventilador comprende correspondientes dispositivos de fijación; por ejemplo un dispositivo en el cubo aloja una pieza complementaria dispuesta en la pala. Según su naturaleza el ventilador dispone de un motor controlable que se encarga de su funcionamiento, es decir la rotación de la al menos una pala de ventilador alrededor de un eje imaginario a través del punto medio del cubo. Generalmente el ventilador se encuentra en una caja o carcasa. Para el experto en la técnica son conocidos otros detalles de la estructura y función de los componentes convencionales de un ventilador, tal como accionamiento o control, sobre los que no se entrará en más detalle en el presente documento.

La al menos una pala de ventilador según la invención utilizada por un ventilador según la invención consigue en el funcionamiento, debido a una forma de borde especial, una formación de ruido reducida frente a ventiladores convencionales comparables. Concretamente el borde de entrada de flujo de una pala según la invención está configurado en forma de S en el plano de hoja de pala, es decir presenta dos arcos con un punto de inflexión. El punto de inflexión preferiblemente se encuentra aproximadamente en el centro del borde de entrada de flujo; el arco situado hacia el exterior desde el punto de inflexión se arquea preferiblemente de manera cóncava hacia dentro de la superficie de pala, es decir en dirección al haz radial, mientras que el arco situado hacia el interior desde el punto de inflexión se arquea preferiblemente de manera convexa alejándose del haz. La designación “en el plano de hoja de pala” sólo aclara a este respecto que la forma de S del borde de entrada de flujo causa una combadura hacia dentro o hacia fuera de la superficie de pala y no por ejemplo un arqueado perpendicular a ésta. Sin embargo hay que señalar que en la mayoría de configuraciones los puntos individuales de la hoja de pala no están situados sobre un plano en el sentido geométrico; generalmente tampoco se encuentran los puntos individuales del borde de entrada de flujo sobre una recta. En este sentido sólo está presente un “plano de hoja de pala”, desde un punto de vista estrictamente geométrico, en los casos menos frecuentes.

La forma de S descrita del borde de entrada de flujo lleva durante el funcionamiento del ventilador a una formación de ruido reducida, porque los puntos individuales del borde de entrada de flujo se encuentran en diferentes instantes de tiempo con un frente de onda (por ejemplo provocado por una perturbación) que llega a los mismos por ejemplo en sentido contrario al de su movimiento. Por eso se originan dentro de un intervalo de tiempo determinado, por el encuentro desplazado en el tiempo de los puntos individuales del borde de entrada de flujo con el frente de onda, una detrás de otra muchas ondas acústicas (débiles), mientras que en el caso de palas de ventilador no curvadas el encuentro casi simultáneo de todos los puntos del borde de entrada de flujo con el frente de onda provoca una única onda acústica (fuerte). En el caso de las palas de ventilador según la invención se obtiene por consiguiente, en contraposición con palas de ventilador no curvadas, que causan un pico de ruido alto y corto en una banda de frecuencia estrecha, un ruido de menor amplitud, de duración en parte algo más prolongada pero de banda ancha y menos perceptible.

Sin embargo un ventilador según la invención evita determinadas restricciones que pueden aparecer debido a una forma de borde curvada de las palas de ventilador.

En los ventiladores se intenta concretamente minimizar el flujo de aire desde el lado de presión hacia el lado de aspiración de las palas de ventilador a través de su borde exterior. A este respecto se prevé con frecuencia preferiblemente sólo un intersticio lo más estrecho posible entre el borde exterior de una pala de ventilador y una carcasa. Por otro lado debe seguir garantizándose la posibilidad de ajustar el ángulo de ataque de hoja (ángulo entre el aire que entra y la cuerda del perfil, siendo la cuerda del perfil la recta imaginaria entre el punto de remanso en el extremo delantero de la pala, donde se dividen los flujos de aire, y su extremo trasero) de la pala de ventilador a las condiciones externas o a los deseos del usuario, es decir girar la pala de ventilador alrededor del haz radial como eje de giro. La adaptación se produce generalmente antes de la puesta en funcionamiento del ventilador, cuando se regula el perfil de rendimiento de la instalación a la aplicación especial. Alternativamente el ventilador está equipado con una unidad de control y sensores o un panel de usuario así como con actuadores. Entonces la unidad de control puede por ejemplo ajustar permanentemente, con la ayuda de los actuadores, un ángulo de ataque óptimo en función de las señales de sensor o entradas de usuario.

Ahora bien, cuanto más estrecho se elija el intersticio entre el borde exterior de la pala y la carcasa o caja, más pequeño será el intervalo de ajuste de pala ajustable, en el que la pala no choque con la pared de carcasa. En este caso debe encontrarse un compromiso en la anchura de intersticio que no conlleve desventajas demasiado grandes desde el punto de vista de la mecánica de fluidos, pero que permita sin embargo un intervalo de giro mínimo para el ángulo de ataque de la pala de ventilador.

Sin embargo, en el caso de formas de pala conocidas con borde de entrada de flujo en forma de S no hay, por razones geométricas, ninguna posibilidad de ajuste del ángulo de ataque.

Investigaciones costosas desde el punto de vista de la mecánica de fluidos han dado como resultado que sigue garantizándose la posibilidad de ajuste del ángulo de ataque en palas de ventilador con borde de entrada de flujo en forma de S, en las que el punto medio del borde exterior de la pala está situado en las proximidades del eje de giro o del haz radial, en el caso ideal sobre el haz radial. Con “punto medio” se designa a este respecto por ejemplo el punto de corte, situado sobre el borde exterior, de dos líneas que discurren sobre el borde exterior. Una de estas líneas (línea media) se define porque discurre desde el extremo de entrada de flujo delantero del borde exterior (es

decir allí donde el borde de entrada de flujo y el borde exterior se encuentran) hasta el extremo de salida de flujo trasero (en el que se encuentran el borde exterior y el borde de salida de flujo) y a este respecto mantiene en cada punto la misma distancia respecto a un borde lateral largo del borde exterior (en el que se encuentran el lado de aspiración o lado de presión de la hoja de pala y el borde exterior) que respecto al otro. La otra línea se define porque une como línea recta los centros de los bordes laterales largos del borde exterior entre sí. La distancia admisible máxima del punto medio con respecto al haz radial depende a este respecto en particular del intervalo de giro alcanzable del ángulo de ataque y de la anchura de intersticio tolerable entre el borde exterior y la pared interior de carcasa. Generalmente se admite en dirección longitudinal del borde exterior una distancia más pequeña respecto al punto medio que en dirección perpendicular a éste. De forma ideal el punto de corte del haz radial con el borde exterior está situado tan próximo como sea posible al punto medio.

Dado que el punto medio del borde exterior está situado en las proximidades del haz radial, el ángulo de ataque de la pala de ventilador en el caso de igual anchura de intersticio sigue siendo ajustable con la misma anchura que en el caso de una pala correspondiente no curvada; por tanto un ventilador según la invención une la ventaja de la reducción de ruido con la ventaja de la posibilidad de ajuste variable.

Algunas configuraciones de la pala de ventilador consiguen una reducción de ruido adicional mediante un borde de salida de flujo al menos parcialmente a franjas. Una parte no despreciable de la emisión de ruido en el funcionamiento del ventilador concretamente se origina regularmente por una interacción del borde de salida de flujo con una capa límite turbulenta que se forma en la superficie de la pala: Por ejemplo el borde de salida de flujo dispersa y flecta el flujo que lo barre, con lo cual se genera ruido. Sobre todo en el régimen de funcionamiento no óptimo del ventilador, las franjas del borde de salida de flujo rompen por así decir los remolinos que barren el borde de salida de flujo y de este modo se encargan de una reducción de ruido considerable. En ensayos se midió por ejemplo para una pala con un borde de salida de flujo a franjas una formación de ruido de hasta 3 dB menor que para una pala idéntica a la primera pala salvo por la forma del borde de salida de flujo.

Según la configuración, la forma de franjas del borde de salida de flujo presenta entre dos y varias docenas hasta varios cientos de franjas. Las franjas están conformadas preferiblemente en forma de dientes y comprenden dos bordes que confluyen en un vértice. En una configuración particularmente ventajosa, el borde que está situado en el interior se sitúa aproximadamente en perpendicular al haz radial. Alternativamente el borde situado en el interior se desvía de la perpendicular, por ejemplo se abate hacia el interior con respecto a la normal sobre el haz radial. En otras formas de realización, el borde situado en el exterior se sitúa en perpendicular al haz radial o se abate hacia el exterior con respecto a la normal. Preferiblemente los dos bordes encierran un ángulo de entre 10 y 80 grados. Generalmente el vértice conformado por los dos bordes es redondeado. En algunas configuraciones las franjas tienen un contorno elipsoidal, circular o sinusoidal.

En una configuración las franjas individuales del borde de salida de flujo están configuradas de manera diferente. Por ejemplo, los vértices situados en el interior apuntan ligeramente hacia el interior, mientras que los vértices dispuestos más al exterior apuntan en una dirección perpendicular al haz radial o se dirigen hacia el exterior.

El tamaño de las franjas individuales depende en una configuración de la velocidad de entrada del fluido y/o de una frecuencia límite que se prefija, por encima de la cual se conseguirá la reducción de ruido. La velocidad de entrada para puntos individuales sobre el borde de salida de flujo de la pala de ventilador se calcula, entre otras cosas, mediante sus distancias respecto al cubo y la velocidad de giro del ventilador o se determina mediante mediciones con palas comparables (con o sin borde de salida de flujo a franjas). Dado que la velocidad de entrada para los puntos situados sobre el borde de salida de flujo aumenta hacia el exterior, las franjas se vuelven igualmente más grandes hacia el exterior. Para esta configuración pueden comprobarse en ensayos resultados especialmente buenos. En algunas configuraciones se determina para la posición de cada franja individual una velocidad de entrada, por ejemplo hallando el promedio de varias velocidades de entrada determinadas para distintos puntos de una franja. Alternativamente se determina sólo una velocidad de entrada media para varios o todos los dientes. Además la dependencia de los tamaños de franja con respecto a la velocidad de entrada puede ser diferente para cada franja individual o grupos de franjas. Las franjas del mismo grupo de franjas pueden también tener los mismos tamaños de franja, presentando entonces los grupos de franjas situados unos al lado de otros tamaños de franja considerablemente diferentes. Otras realizaciones comprenden franjas cuyo tamaño no depende de la velocidad de entrada y/o de la frecuencia límite. Por ejemplo se alternan franjas más cortas y más largas a lo largo del borde de salida de flujo.

Para la siguiente descripción se define un borde de salida de flujo sin forma de franjas. En algunas configuraciones las franjas están dispuestas prácticamente sobre este borde de salida de flujo sin forma de franjas o sobresalen al menos más allá del mismo ensanchando así las palas; en otras configuraciones las franjas no agregan nada a la anchura de la pala, sino que más bien se retira material de pala para configurar las franjas en comparación con las palas sin forma de franjas. En este caso el borde de salida de flujo sin forma de franjas define la ubicación de los vértices. Frecuentemente una sección del borde de salida de flujo cerca del borde interior y/o exterior tampoco tiene franjas. Es decir, el borde exterior e interior no se acorta con respecto a la pala sin forma de franjas. Otras configuraciones no presentan secciones de este tipo y pueden por ello en determinadas circunstancias acortar el borde exterior y/o interior. Además existen configuraciones con secciones sin franjas en el centro o en otros lugares

del borde de salida de flujo.

Para facilitar la fabricación, en una configuración de la pala de ventilador una de las transiciones de los bordes de franja es redondeada hacia el lado de presión y aspiración y la otra es angulosa.

En las siguientes configuraciones el borde de salida de flujo con o sin franjas está adaptado desde el punto de vista de la mecánica de fluidos favorablemente al borde de entrada de flujo en forma de S y a la posición fija del borde exterior. A este respecto, el borde de salida de flujo forma preferiblemente en el “plano de hoja de pala” igualmente al menos un arco, aunque en la mayoría de configuraciones dos o tres arcos, pero con frecuencia sólo un arco está tan curvado como en el borde de entrada de flujo. Generalmente el arco muy curvado está situado en el tercio exterior del borde de salida de flujo y presenta una curvatura paralela al arco exterior del borde de entrada de flujo. En la mitad interior del borde de salida de flujo están situados por ejemplo dos arcos aplanados con un punto de inflexión. Entonces el segundo arco se transforma, de manera muy aplanada y con otro punto de inflexión, en el arco exterior paralelo al borde de entrada de flujo. Preferiblemente, el lugar más ancho de la pala de ventilador, es decir el punto en el que los bordes de entrada y salida de flujo están situados más alejados entre sí, está situado en su quinto interior. Sin embargo, también es posible que el punto más interior del borde de entrada y el de salida de flujo marque el punto más ancho. En la mayoría de configuraciones el borde exterior representa el lugar más estrecho de la pala.

La forma de S según la invención del borde de entrada de flujo influye en el flujo en el funcionamiento del ventilador: por ejemplo varían las velocidades radiales y con ello la distribución de la carga de pala a lo largo del radio, etc. Para equilibrar ésta lo más posible, una configuración prevé una estructura especial de la pala de ventilador en la que la hoja de pala de ventilador presenta una curvatura longitudinal a lo largo del haz radial. Preferiblemente la pala se arquea de esta manera en su lado de aspiración de manera convexa y en el lado de presión de manera cóncava. Generalmente esta curvatura longitudinal está especialmente acentuada en la mitad exterior de la pala. Adicionalmente está presente en general otra curvatura transversal por la anchura de la pala, de modo que los puntos individuales del borde interior y exterior (considerados desde el interior o exterior) tampoco están situados en una línea recta. Por ejemplo la zona de pala en las proximidades del borde de entrada de flujo está curvada transversalmente por toda su longitud alejándose del aire aspirado, de modo que también el borde interior y exterior presentan una curvatura transversal en la dirección de su extremo de entrada de flujo. La curvatura transversal puede ser de diferente tamaño a lo largo de la pala. Una forma compleja de este tipo de la pala de ventilador ha resultado ser favorable desde el punto de vista de la mecánica de fluidos e impide o disminuye una caída de rendimiento provocada por la forma de media luna que de lo contrario podría originarse en determinadas circunstancias con respecto a palas convencionales con bordes más o menos rectos. Más bien pueden obtenerse para una pala de este tipo las mismas condiciones de entrada, salida y circulación de flujo que para una pala convencional comparable.

En la mayoría de configuraciones de la pala, el borde exterior está adaptado preferiblemente a la forma de la caja o carcasa generalmente redonda alrededor del ventilador (si se encuentra en una), al tener aproximadamente la misma curvatura que la pared interior de carcasa. Si se observa el borde exterior desde el exterior en dirección al haz radial, éste presenta generalmente una “forma de ala”: su extremo delantero, que se encuentra con el borde de entrada de flujo, y su extremo trasero, que se encuentra con el borde de salida de flujo, tienen preferiblemente una forma redondeada entre el lado de aspiración y el depresión, siendo el radio del redondeo en el extremo de entrada de flujo delantero más grande que en el extremo de salida de flujo trasero. Desde el extremo de entrada de flujo en dirección al extremo de salida de flujo, la anchura del borde exterior aumenta primero en la zona del primer tercio del borde exterior y entonces disminuye lentamente de nuevo. En la mayoría de formas de realización el aumento de la anchura del borde exterior se consigue principalmente por el abombamiento de un borde lateral largo del borde exterior (concretamente en general el que se encuentra con el lado de aspiración de la pala de ventilador). Esta forma de ala con arqueo convexo refuerza la diferencia de velocidad entre el lado de aspiración y presión y la magnitud de la deflexión del aire. También los perfiles de secciones de la pala paralelas al borde exterior presentan una forma de ala.

En una forma de realización está colocada una pieza transversal o punta alar por toda la longitud del borde exterior o incluso sobresaliendo del mismo. Una pieza transversal de este tipo ayuda a reducir o evitar los remolinos de aire que se forman con frecuencia en el extremo de la pala. Sobresale preferiblemente por ambos lados en perpendicular al haz radial, diferenciándose notablemente los dos ángulos con frecuencia de 90° con respecto a la superficie de pala en función de su curvatura a lo largo del haz radial, pero dando como resultado juntos aproximadamente 180°. Otra forma de realización prevé una pieza transversal oblicua hacia el exterior y que se opone al aire aspirado.

Por ejemplo la pieza transversal duplica o triplica la anchura del borde exterior, considerada desde el exterior. A este respecto la pieza transversal sobresale generalmente en ambos sentidos la misma anchura de la anchura del borde exterior. En una forma de realización, la anchura desde un punto de esquina del borde exterior hasta el otro varía, produciéndose un aumento hasta el centro del borde exterior y después una disminución de la anchura. Por consiguiente, en los extremos del borde exterior se presenta la mínima anchura de la pieza transversal, que sin embargo generalmente supera la anchura del borde exterior. Otra forma de realización no prevé ninguna superación de la anchura del borde exterior en sus extremos. Alternativamente se presenta una anchura constante por la

longitud del borde exterior, o una anchura constante con una terminación que disminuye lentamente en los extremos. Las variantes con anchura decreciente de la pieza transversal hacia los extremos del borde exterior han resultado ser a este respecto especialmente favorables para el intervalo de ajuste admisible del ángulo de ataque.

5 Una pala de ventilador mide en la longitud, por ejemplo, desde 1,5 hasta 4 veces más que su anchura máxima. A este respecto la anchura varía notablemente en algunas formas de realización; por ejemplo la anchura se diferencia en distintos lugares de la pala en el factor 2. El tamaño de pala absoluto se ajusta a escala en función del volumen desplazado deseado.

10 La invención se explica ahora en detalle mediante formas de realización junto con los dibujos adjuntos. En los dibujos muestran:

la figura 1, una vista sobre el lado de presión de una forma de realización de un ventilador según la invención;

15 la figura 2, una vista sobre el lado de presión de una forma de realización de una pala de ventilador según la invención;

la figura 3, una vista lateral sobre otra forma de realización de una pala de ventilador según la invención;

20 la figura 4, una vista sobre el lado de aspiración de otra forma de realización de una pala de ventilador según la invención;

la figura 5, una sección de la pala de ventilador de la figura 4;

25 la figura 6, una vista de otra forma de realización de una pala de ventilador según la invención desde el interior;

la figura 7, una vista sobre el lado de aspiración de otra forma de realización de una pala de ventilador según la invención;

30 la figura 8, una vista desde el exterior sobre el borde exterior de una forma de realización de una pala de ventilador según la invención; y

la figura 9, una vista sobre el lado de aspiración de otra forma de realización de una pala de ventilador según la invención.

35 La figura 1 muestra en el lado de presión una forma de realización de un ventilador 9. El ventilador 9 presenta cuatro palas de ventilador 1 dispuestas en forma de estrella alrededor del cubo 7, de las que conforme a la dirección de observación puede verse en cada caso el lado de presión. Para la fijación, dispositivos de fijación 8 dispuestos en el cubo alojan los pies de pala 5 de las palas de ventilador 1. Por ejemplo se ponen los pies de pala 5 en los
40 dispositivos de fijación 8 y entonces se giran alrededor del haz radial, hasta que alcancen la posición de torsión deseada. La fijación en la posición elegida se consigue por ejemplo mediante tornillos, dispositivos de ajuste por presión tales como resortes o mediante piezas intermedias ajustables o adaptadas (que no se muestran) insertadas entre el pie de pala de ventilador 5 y el dispositivo de fijación 8. En la elección de la forma de fijación deben considerarse las fuerzas centrífugas (en parte notables) que actúan sobre las palas de ventilador 1 en el
45 funcionamiento.

No representado en la figura está el motor que pone el ventilador 9 en un movimiento de rotación alrededor de un eje que sobresale del plano de la imagen a través del punto medio N del cubo 7. El sentido de movimiento normal del ventilador 9 lo indica la flecha B. La forma de la pala 1 está optimizada para este sentido de movimiento, en el
50 que los bordes de entrada de flujo 1 van por delante. Sin embargo también es posible en caso necesario un movimiento en el otro sentido.

En vez de cuatro palas 1, un ventilador 9 puede comprender cualquier otro número par o impar de palas de ventilador 1 que generalmente están dispuestas a la misma distancia unas de otras.

55 En la figura no se muestra la carcasa del ventilador 9. Normalmente existe un intersticio entre la pared interior de carcasa y el borde exterior 4 de la pala de ventilador 1, que por ejemplo mide un seis por mil del diámetro exterior del ventilador. Para esta anchura, el ángulo de ataque de la pala 1 del ventilador 9 mostrado es ajustable en aproximadamente de 10 a 12 grados.

60 En las figuras 2 a 7 están representadas distintas formas de realización de palas de ventilador 1.

A este respecto la figura 2 muestra el lado de presión de una forma de realización fiel a la escala de una pala de ventilador 1. El borde de entrada de flujo 2, que se adelanta en el funcionamiento, presenta una forma de S
65 aplanada, no encontrándose el punto de inflexión visto desde el interior justo en el centro del borde de entrada de flujo 2. El borde de salida de flujo 3 también está curvado. En el tercio exterior, éste discurre paralelo al borde de

entrada de flujo 3; en los dos tercios interiores éste muestra dos curvaturas pequeñas, poco acentuadas, con dos puntos de inflexión. Las esquinas del borde interior 6 están un poco retraídas hacia abajo respecto a los otros puntos de borde, de modo que el borde interior 6 en total describe una curvatura abierta hacia abajo en la imagen, que el pie de pala 5 interrumpe en el centro.

El pie de pala 5 está diseñado para unir la pala de ventilador 1 con el dispositivo de fijación 8 dispuesto en el cubo 7 (véase la figura 1) y para ajustar el ángulo de ataque deseado.

Los haces radiales x de las palas 1 individuales discurren en forma de estrella hacia el exterior desde el punto medio del cubo N del ventilador 9 por en medio a través del pie de pala 5 de la pala 1 respectiva. El punto medio M del borde exterior 4 de la pala de ventilador 1 se sitúa sobre el haz radial x como eje de giro para el ajuste de pala. Con ello los extremos del borde exterior 4, en el caso de un giro alrededor del eje de giro x, se mueven sobre un círculo con la distancia del extremo con respecto al punto medio M como radio. Como se ve, el borde exterior 4 presenta además una ligera curvatura, de modo que está adaptado a la forma de la carcasa (no mostrada).

A continuación se indicarán, para aclarar la configuración de pala de ventilador, datos de longitud de secciones de pala individuales que se refieren a una forma de realización determinada. Estos datos de longitud pueden ajustarse a escala correspondientemente en función del volumen desplazado o de otros parámetros del ventilador. Por supuesto, las relaciones de longitud indicadas no deben entenderse tampoco como limitativas.

La longitud de la pala de ventilador 1 mostrada en la figura 2 asciende, sin el pie de pala 5, por ejemplo a 13 cm. la anchura de la pala de ventilador disminuye en general hacia el exterior desde el interior hasta el borde exterior 4. El lugar de pala más ancho no se encuentra en el punto más interior, sino desplazado algo hacia fuera; mide aproximadamente 7 cm. En el lugar más estrecho la pala 1 tiene una anchura de aproximadamente 5,5 cm. Con ello la relación de la longitud de la pala de ventilador 1 respecto a su anchura se mueve en un orden de magnitud de desde 1,8 hasta 2,4. En otras formas de realización la relación de la longitud de pala respecto a la anchura de pala es, para toda la pala o por lugares, más pequeña que 1, entonces por ejemplo el borde exterior 4 es más largo que el borde de entrada de flujo 2 y el borde de salida de flujo 3.

La figura 3 representa otra forma de realización de una pala de ventilador 1 según la invención en una vista lateral sobre el borde de salida de flujo 3; en la imagen el lado de aspiración de la pala 1 está situado a la derecha.

Desde esta perspectiva la curvatura de la pala 1 es visible claramente a lo largo del haz radial x: el lado de aspiración de la pala se arquea de manera convexa y el lado de presión de manera cóncava. El borde interior 6 está considerablemente más curvado alejándose del aire aspirado en comparación con el borde exterior 4.

La pala 1 mostrada presenta además una pieza transversal (punta alar) 10. Ésta está dispuesta en el borde exterior 4 y sobresale de éste la misma anchura hacia el lado de aspiración y hacia el de presión. El ángulo entre la parte de pieza transversal que sobresale hacia el lado de presión y la hoja de pala asciende, debido a la curvatura de la pala, a considerablemente más de 90°, mientras que el ángulo entre la parte de pieza transversal que sobresale hacia el lado de aspiración y la hoja de pala está situado considerablemente por debajo.

La figura 4 muestra el lado de aspiración de otra forma de realización de una pala de ventilador 1 desde una perspectiva ligeramente lateral. Esta pala 1 también dispone de una pieza transversal 10 que, como se ve en esta figura, termina con la longitud del borde exterior 4 y no sobresale de éste. En esta figura también se muestra una hendidura 11 en el borde de entrada de flujo 2 que en caso necesario sirve para recibir peso.

La figura 5 presenta una sección de la pala 1 de la figura 4 a lo largo del eje A-A.

En esta forma de realización, el grosor del material permanece aproximadamente constante por la mayor parte de la longitud de pala. Sólo en el tercio exterior disminuye considerablemente, dado que allí actúan menores fuerzas que en la parte de pala interior. Preferiblemente, el grosor del material no es constante con respecto a otros perfiles de sección paralelos a la sección mostrada.

La perspectiva de la figura 6, que muestra una pala 1 vista desde el cubo hacia el exterior, aclara otra vez la estructura compleja de la pala 1. El borde de entrada de flujo 2 no sólo presenta una forma de S, sino que la pala 1 también está curvada en la dirección del haz radial x desde el interior hacia el exterior. Además la pala 1 también muestra una curvatura por su anchura, como se ve en el borde interior 6. El extremo del borde interior 6, que se encuentra con el borde de salida de flujo 3, sobresale algo en esta forma de realización.

La pieza transversal 10 discurre por toda la longitud del borde exterior 4, pero termina con el borde de entrada de flujo 2 y no sobresale de éste. Para conseguir una terminación favorable desde el punto de vista de la mecánica de fluidos, la anchura de la pieza transversal 10 retrocede lentamente hasta la anchura del borde de entrada de flujo. En el lugar de su anchura sobresaliente, la pieza transversal 10 multiplica la anchura del borde exterior, por ejemplo en el factor 3. En la forma de realización mostrada, la parte de pieza transversal que sobresale hacia el lado de aspiración está configurada más ancha que la parte de pieza transversal que sobresale hacia el lado de presión.

El pie de pala 5 presenta en esta forma de realización un anillo circular parcialmente interrumpido, en el que por ejemplo puede disponerse una pieza intermedia compatible (no mostrada). Un dispositivo de fijación 8 en el cubo 7 aloja de nuevo la pieza intermedia y se encarga por tanto de un apoyo firme de la pala 1. La elección o ajuste de la pieza intermedia prefija el ángulo de ataque de la pala 1.

La figura 7 muestra el lado de aspiración de otra forma de realización de una pala de ventilador. En este caso es bien visible de nuevo la curvatura de la pala 1 a lo largo del haz radial x, que es visible de manera convexa en el lado de aspiración. Esta forma de realización presenta también un pie de pala 5 descrito en referencia a la figura 6 y una pieza transversal 10.

Con la dirección de perspectiva desde el exterior en dirección al haz radial, la figura 8 muestra el borde exterior 4 de una forma de realización de una pala de ventilador 1. Desde esta dirección de perspectiva se reconoce la forma de ala del borde exterior 4. El extremo de entrada de flujo 15 del borde exterior, en el que el borde de entrada de flujo se encuentra con del borde exterior, presenta, al igual que el extremo de salida de flujo 16 opuesto, una forma redondeada. El radio de curvatura del redondeo en el extremo de entrada de flujo 15 es considerablemente más grande que en el extremo de salida de flujo 16. En el borde lateral largo 18 se encuentran el lado de aspiración de la pala 1 y el borde exterior 4 y en el borde lateral 17, el lado de presión y el borde exterior 4. Debido a la forma de ala del borde exterior 4, el borde lateral 18 es más largo que el borde lateral 17. Debido al recorrido más largo a lo largo del borde lateral 18, en el funcionamiento del ventilador el aire que circula a lo largo del borde lateral 18 debe circular más rápido que el aire que circula a lo largo del borde lateral 17 más corto. De este modo se forma una depresión o succión en el lado de aspiración de la pala 1 que aspira aire del entorno del ventilador 9, y una presión en el lado de presión que distribuye el aire alejándolo del ventilador 9.

Igualmente está dibujado el punto medio M del borde exterior 4, que está formado por el punto de corte de dos líneas, uniendo la primera línea el extremo de entrada de flujo 15 con el extremo de salida de flujo 16 y la segunda línea, el centro de los dos bordes laterales largos 17 y 18 entre sí.

Por último la figura 9 representa una forma de realización de una pala de ventilador 1 cuyo borde de salida de flujo 3 está a franjas. Dos secciones del borde de salida de flujo 3 en las proximidades del borde exterior 4 y del borde interior 6 no están a franjas, de modo que el borde exterior e interior no están acortados con respecto a una pala sin forma de franjas. En total el borde de salida de flujo 3 presenta veintitrés franjas 25 en forma de dientes de distinto tamaño que en cada caso comprenden un borde 23 situado en el interior, un borde 21 situado en el exterior y un vértice 22. Desde el interior hacia el exterior, las cuatro franjas 25 más interiores, las siguientes siete, las siguientes seis y las seis que siguen a estas seis, forman en cada caso grupos con franjas del mismo tamaño. El tamaño de franja de un grupo aumenta desde el grupo más interior hacia el más exterior. Para esta forma de realización se

determina el tamaño h de las franjas individuales según la fórmula $f \gg \frac{w_{\infty}}{2\pi h}$ (véase Thomas Carolus: Ventilatoren - Aerodynamischer Entwurf, Schallvorhersage, Konstruktion). A este respecto f es una frecuencia límite, por encima de la cual aparece la reducción de ruido. Puede fijarse por el usuario (teniendo en cuenta otros parámetros de diseño). w_{∞} es la velocidad de entrada, que en esta forma de realización se calcula para cada franja 25 individualmente. Depende entre otras cosas de la distancia de la franja con respecto al cubo y de la velocidad de giro del ventilador.

Las franjas también se diferencian con respecto a su forma desde el interior hacia el exterior. Mientras que los bordes 23 situados en el interior de las franjas 25 situadas en el interior y en el exterior apuntan ligeramente hacia el interior con respecto a la normal y sobre el haz radial x, el borde situado en el interior 23 de las franjas 25 situadas en medio se sitúa en ángulo recto sobre el haz radial x, como hace evidente la normal y dibujada sobre el haz radial x. En este caso el borde 23 situado en el interior forma con el borde 21 situado en el exterior un ángulo de aproximadamente 45 grados. Este ángulo disminuye continuamente en las demás franjas 25 situadas más al exterior y al interior.

Todos los vértices 22 están situados sobre un borde de salida de flujo imaginario sin franjas, que en la figura 9 está representado mediante una línea discontinua 24. Como se ve, la forma de realización mostrada presenta ahorros de material con respecto a una pala sin franjas. En correspondencia a los bordes de salida de flujo 3 mostrados en las figuras anteriores, el borde de salida de flujo 24 sin franjas también tiene una forma favorable desde el punto de vista de la mecánica de fluidos.

REIVINDICACIONES

1. Ventilador (9) que comprende al menos una pala de ventilador (1) dispuesta alrededor de un cubo (7) accionado,
5 en el que puede ajustarse una posición de giro de la al menos una pala de ventilador (1) alrededor de un eje de giro (x) que discurre radialmente,
10 en el que la al menos una pala de ventilador (1) comprende:
un borde de entrada de flujo (2) y
un borde exterior (4) que comprende la superficie de perfil radialmente más exterior de la al menos una pala de ventilador (1) y que es más corto que el borde de entrada de flujo (2),
15 en el que el punto medio (M) del borde exterior (4) de la pala de ventilador (1) se sitúa sobre el eje de giro (x) del ajuste de pala, siendo el punto medio (M) el punto de corte, situado sobre el borde exterior (4), de dos líneas que discurren sobre el borde exterior (4), de las que una línea discurre desde el extremo de entrada de flujo delantero del borde exterior (4) hasta el extremo de salida de flujo trasero y a este respecto mantiene en cada punto la misma distancia respecto a un borde lateral largo del borde exterior (4) que respecto al otro borde lateral, y la otra línea une como línea recta los centros de los bordes laterales largos del borde exterior (4) entre sí,
20 estando el ventilador (9) dispuesto en una carcasa,
25 estando el ventilador **caracterizado porque** el borde de entrada de flujo está curvado en forma de S en el plano de hoja de pala.
2. Ventilador (9) según la reivindicación 1, en el que la al menos una pala de ventilador (1) presenta un borde de salida de flujo (3) al menos parcialmente a franjas.
3. Ventilador (9) según la reivindicación 2, en el que en la al menos una pala de ventilador (1) el tamaño de cada franja (25) del borde de salida de flujo (3) al menos parcialmente a franjas depende de la velocidad de entrada de un fluido que entra a la respectiva franja y/o de una frecuencia límite que se prefija, por encima de la cual se conseguirá una reducción de ruido.
- 35 4. Ventilador (9) según la reivindicación 2 ó 3, en el que en la al menos una pala de ventilador (1) cada franja (25) del borde de salida de flujo (3) al menos parcialmente a franjas presenta dos bordes (21, 23), de los que uno se sitúa perpendicular al haz radial (x).
- 40 5. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde de salida de flujo (3) de la al menos una pala de ventilador (1) está curvado en el plano de hoja de pala.
- 45 6. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en el borde exterior (4) de la al menos una pala de ventilador (1) está colocada una pieza transversal (10).
7. Ventilador (9) según la reivindicación 6, en el que la pieza transversal (10) de la al menos una pala de ventilador (1) discurre por toda la longitud del borde exterior (4) y sobresale por toda o una parte de la longitud hacia ambos lados de la anchura del borde exterior (4).
- 50 8. Ventilador (9) según la reivindicación 6 ó 7, en el que la pieza transversal (10) de la al menos una pala de ventilador (1) tiene la anchura del borde exterior (4) en los extremos del borde exterior (4).
9. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la hoja de pala de la al menos una pala de ventilador (1) está curvada a lo largo del haz radial (x).
- 55 10. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el perfil de sección paralelo al borde exterior de la al menos una pala de ventilador (1) presenta en cada punto forma de ala.
- 60 11. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde de entrada de flujo (2) y el borde de salida de flujo (3) de la al menos una pala de ventilador (1) discurren paralelos entre sí en la zona exterior de la pala (1).
- 65 12. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde de entrada de flujo (2) y el borde de salida de flujo (3) de la al menos una pala de ventilador (1) tienen en su respectivo punto más exterior la mínima distancia de uno a otro.

13. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde de salida de flujo (3) de la al menos una pala de ventilador (1) presenta en total tres curvaturas y dos puntos de inflexión.
- 5 14. Ventilador (9) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el borde exterior (4) de la al menos una pala de ventilador (1) presenta una curvatura que se adapta a la curvatura de la carcasa.

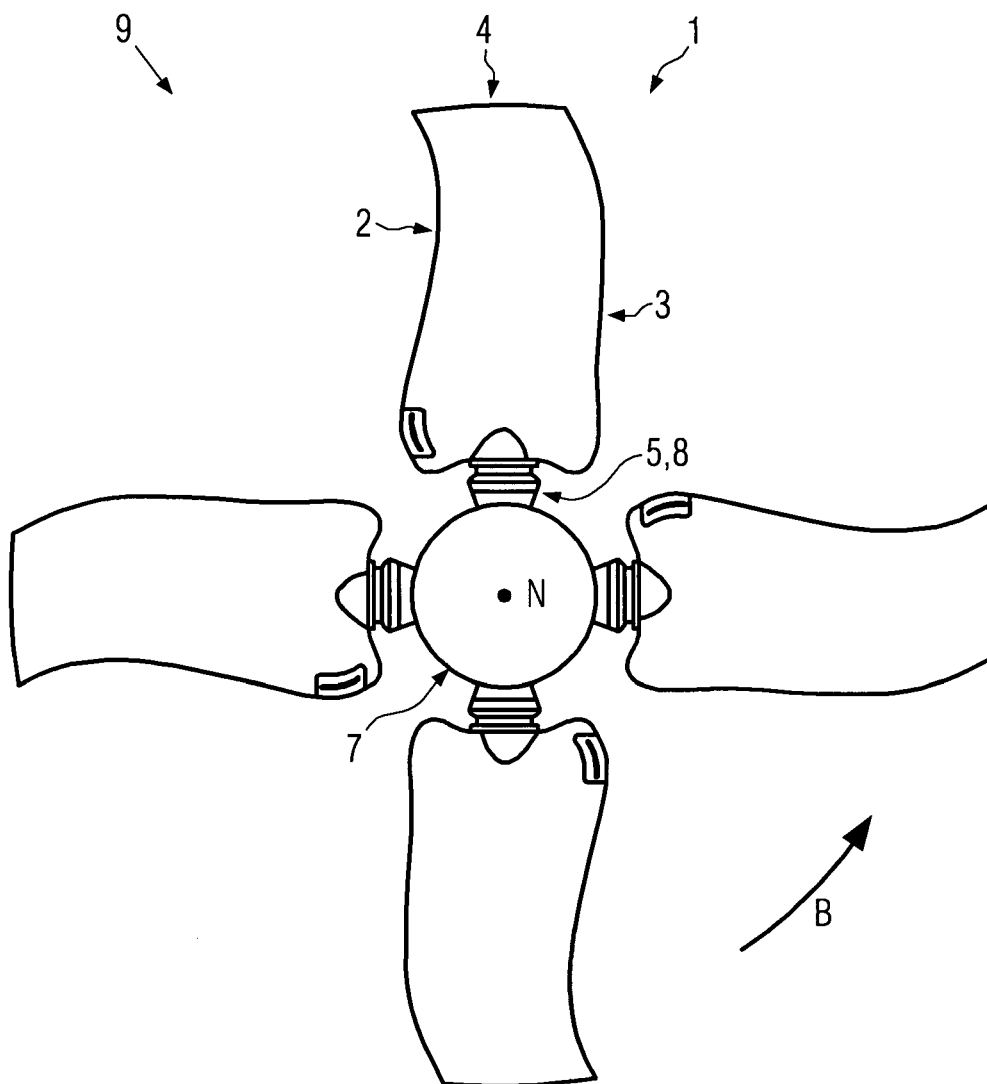


FIG. 1

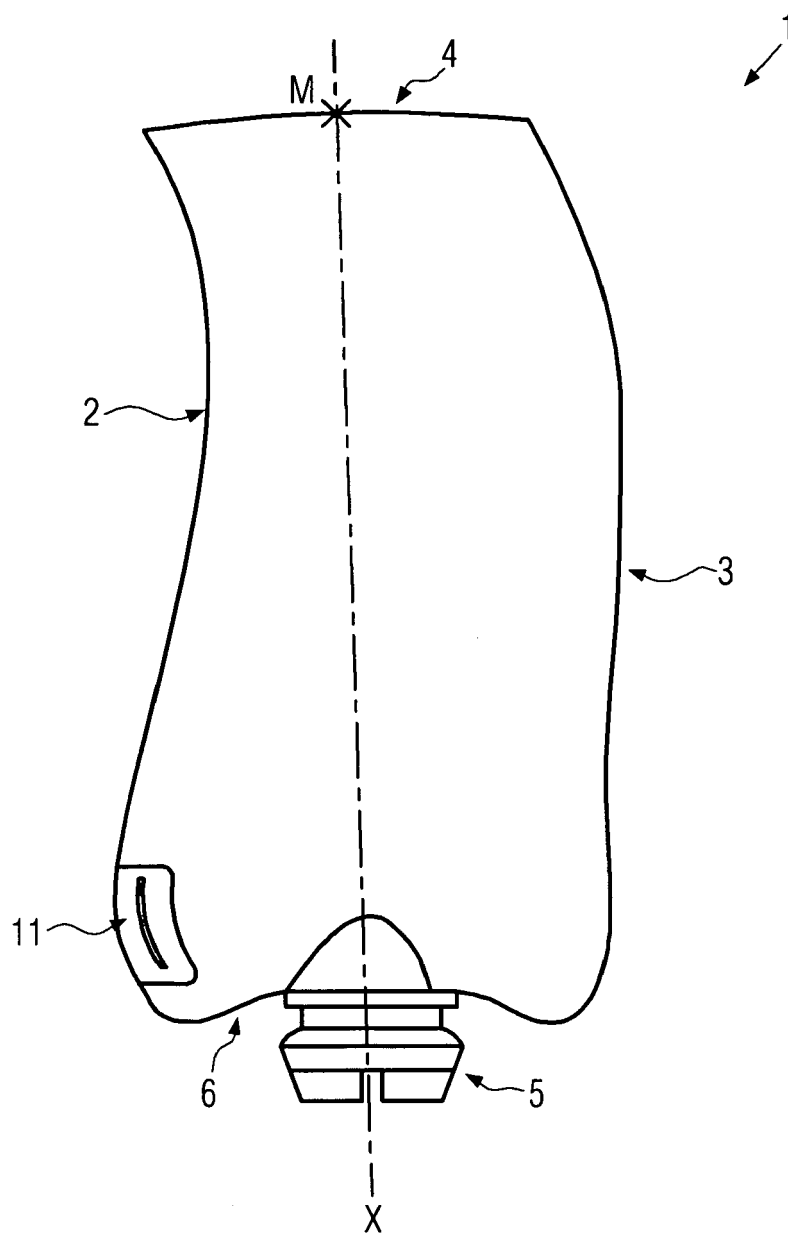


FIG. 2

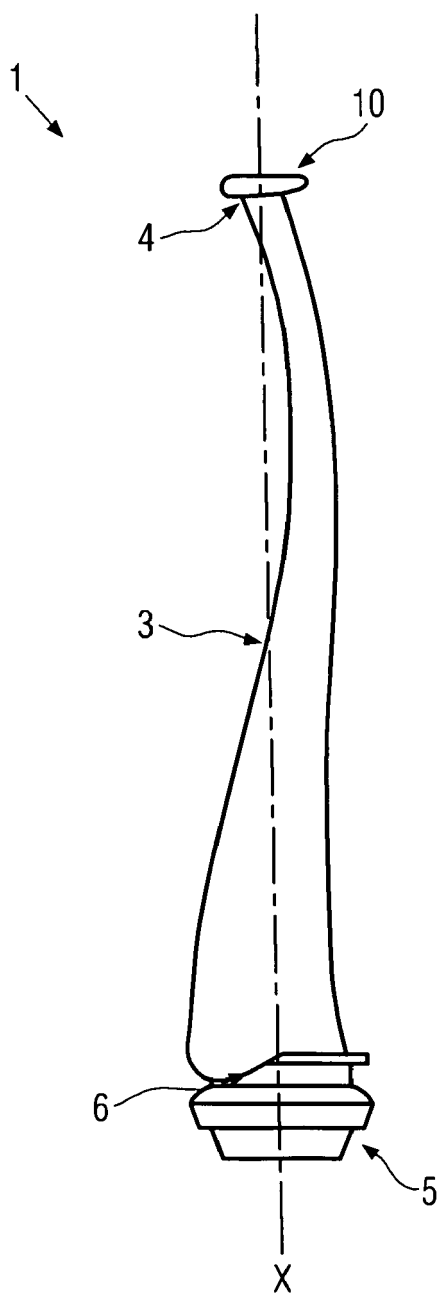
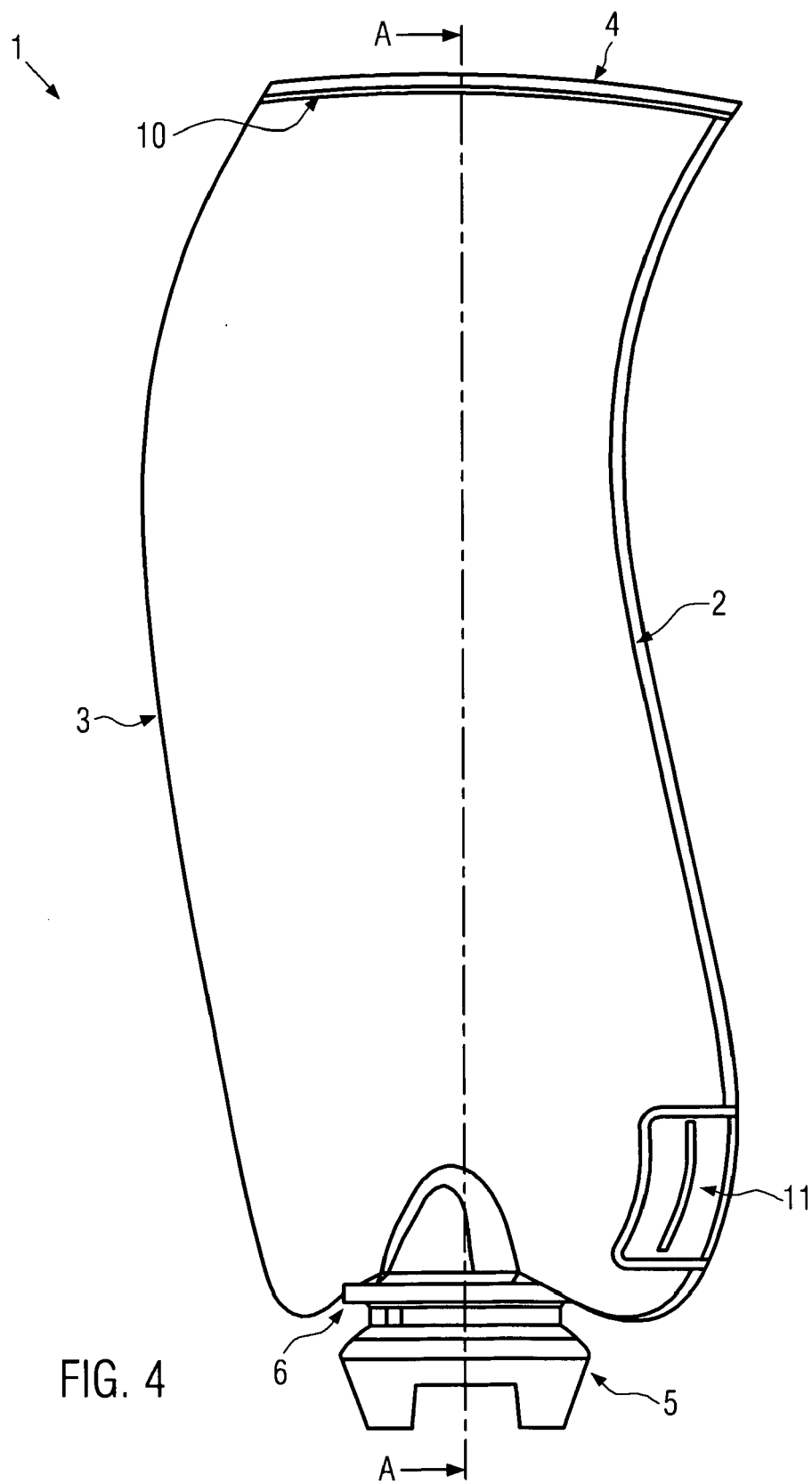
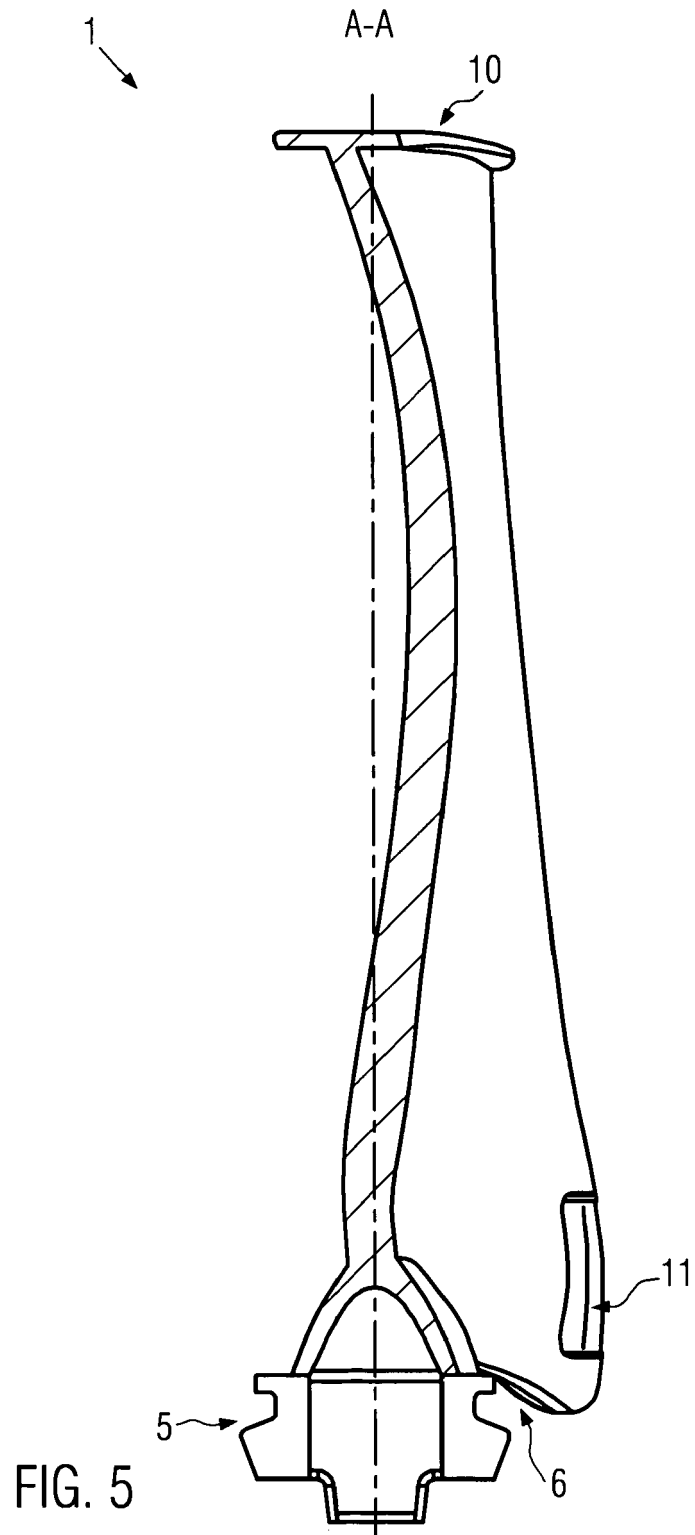


FIG. 3





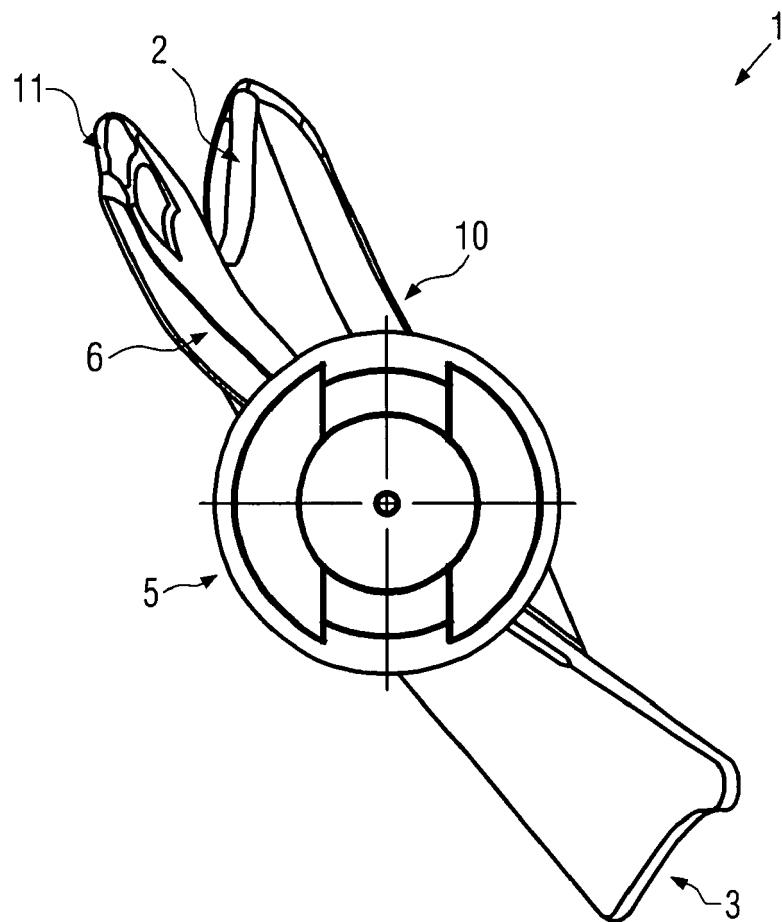


FIG. 6

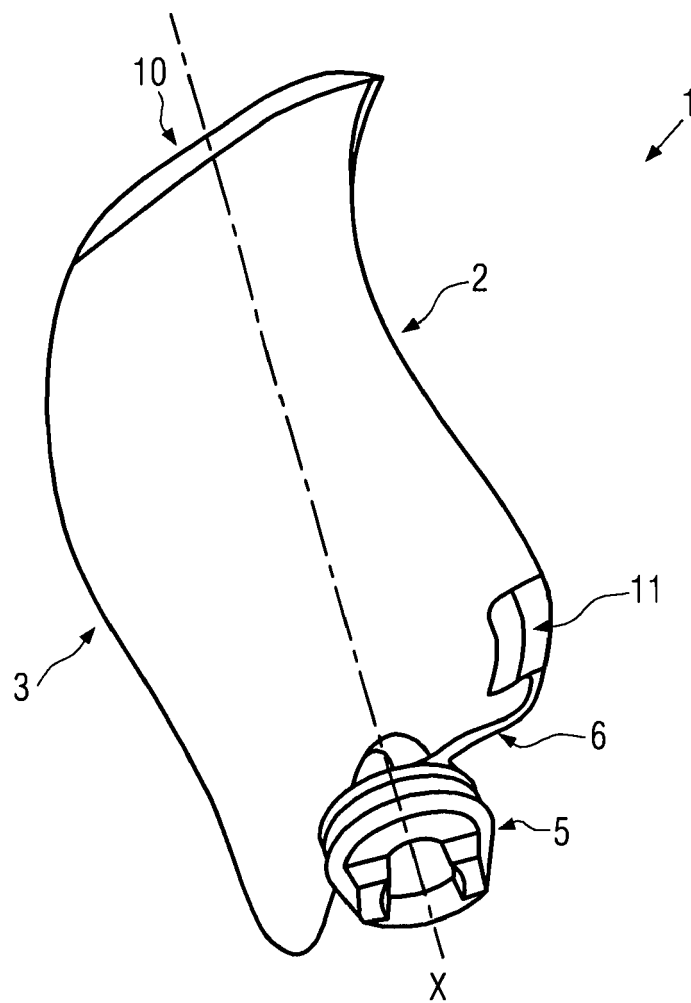


FIG. 7

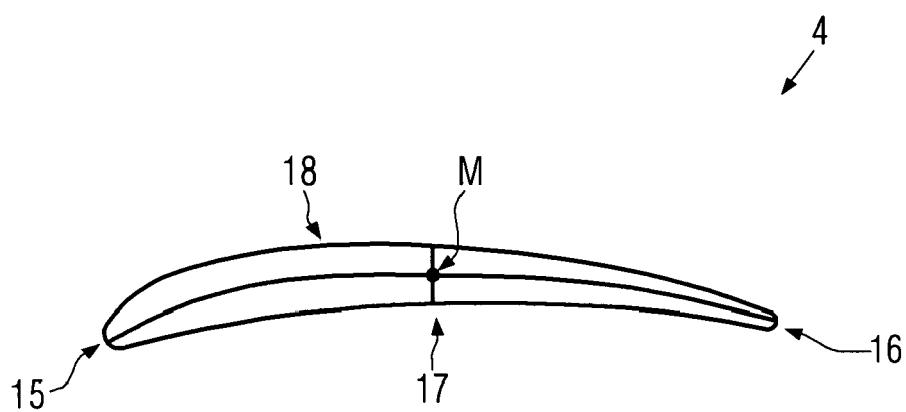


FIG. 8

