

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 899**

51 Int. Cl.:

F04D 29/28 (2006.01)

F04D 29/30 (2006.01)

F04D 29/66 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2015 E 15157598 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 2921712**

54 Título: **Un rotor para un ventilador radial y un ventilador radial**

30 Prioridad:

17.03.2014 IT MI20140429

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

15.07.2020

73 Titular/es:

**ELICA S.P.A. (100.0%)
Via Ermanno Casoli, 2
60044 Fabriano (Ancona), IT**

72 Inventor/es:

**TRABALZI, FRANCESCO y
VITALETTI, LEONARDO**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 773 899 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

Un rotor para un ventilador radial y un ventilador radial

5 La presente invención se refiere a un rotor para un ventilador radial y un ventilador radial provisto de tal rotor.

Los ventiladores radiales, en particular los ventiladores destinados a enviar aire y/o gas (frecuentemente en forma de una mezcla de los mismos) a las calderas, tales como calderas de condensación, comprenden un alojamiento provisto de una abertura de succión y una abertura de descarga para el aire. Dentro del alojamiento se dispone un rotor capaz de girar alrededor de un eje de rotación. El aire entra al alojamiento a través de la abertura de succión en la dirección axial, cruza el rotor y se descarga desde él en la dirección radial hacia una porción espiral del alojamiento, desde el cual el aire alcanza la abertura de descarga. Para transportar el aire a lo largo de dicha trayectoria, el rotor está provisto de una pluralidad de palas dispuestas alrededor del eje de rotación del rotor que tiene un perfil arqueado en la dirección transversal al eje de rotación.

15 Los ventiladores radiales deben poder proporcionar un cabezal o nivel piezométrico adecuado en intervalos de flujo claramente definidos (llamados "curvas de trabajo") para garantizar el funcionamiento correcto, por ejemplo, de la caldera de condensación a la que están conectados.

20 Otra necesidad profundamente sentida, a la que la investigación en el campo de los ventiladores radiales dedica esfuerzos considerables, es lograr una reducción en las dimensiones sin empeorar el rendimiento. En otras palabras, es particularmente deseable que los ventiladores radiales logren curvas de trabajo eficientes mientras mantienen dimensiones generales limitadas.

25 Otra necesidad muy sentida es limitar el consumo de energía relacionado con el funcionamiento del rotor, normalmente puesto en marcha por un motor eléctrico.

Para lograr los objetivos anteriores, se han propuesto numerosas soluciones de ventiladores radiales. En particular, se han propuesto diversas configuraciones de las palas del rotor, así como los alojamientos adecuados para recibirlos. Los documentos WO 2006/013067 A2 y GB 2317926 A proporcionan algunos ejemplos, en los que se describen rotores para ventiladores radiales y ventiladores centrífugos en los que algunos de los componentes tienen características geométricas peculiares y ventajosas. El documento EP 1744060 A2 describe un rotor de ventilador que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

30 Sin embargo, otra necesidad específica, estrechamente relacionada con la eficiencia energética y la reducción del ruido del ventilador radial, es aumentar aún más la eficiencia dinámica del fluido.

Una necesidad adicional es poder proporcionar un ventilador que pueda lograr un alto aumento de la presión estática del aire transportado con un flujo de aire relativamente pequeño. Esta es, por ejemplo, una característica clave para hacer intercambiadores de calor eficientes de un tamaño compacto.

40 Por último, se requieren ventiladores radiales modernos para proporcionar el rendimiento antes mencionado en una amplia gama de modulación del flujo de gas transportado.

45 El propósito de la presente invención es poner a disposición un rotor para un ventilador radial y un ventilador radial que permitan lograr una curva eficiente de cabezal-flujo, en particular, apropiada para el funcionamiento de las calderas de condensación, tal como no requerir un consumo de potencia excesivo para accionar el rotor y tener dimensiones limitadas generales.

50 Estos y otros propósitos se logran mediante un rotor para un ventilador radial de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante un ventilador radial de acuerdo con la reivindicación 10. Las reivindicaciones dependientes se refieren a realizaciones ventajosas.

55 Para una mejor comprensión de la invención y sus ventajas, algunas de sus realizaciones, realizadas a modo de ejemplos no limitativos, se describirán a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva en despiece ordenado de un ventilador radial de acuerdo con invención;

60 la figura 2 es una vista en dirección axial de un rotor de acuerdo con la invención, en el que se muestra un anillo de soporte en transparencia, para resaltar mejor la posición y la forma de las palas del rotor;

la figura 3 es una vista parcial en corte transversal radial de un grupo de alojamiento de rotor del ventilador de la figura 1;

65 la figura 4 es una vista parcialmente en corte transversal radial del rotor solo del ventilador de la figura 1;

la figura 5 muestra la geometría de un detalle del rotor de acuerdo con una realización;

la figura 6 muestra la geometría de una pala principal del rotor y de una pala auxiliar (división) del rotor de acuerdo con una realización;

5 las figuras 7 y 8 son vistas en perspectiva de un alojamiento del ventilador radial de la figura 1;

la figura 9 muestra la geometría de un espacio de rotor de una media carcasa del alojamiento en la figura 7 en una vista axial;

10 la figura 10 muestra la media carcasa en corte transversal a lo largo del plano X-X en la figura 9;

las figuras 11 y 12 muestran la geometría de una lengüeta de transporte (morro) para el alojamiento del ventilador de la figura 7, en dos planos de corte transversal perpendiculares al eje de rotación del rotor;

15 la figura 13 muestra la forma de la lengüeta transportadora (morro) en la figura 11 en una vista axial y una vista radial;

la figura 14 muestra un alojamiento de ventilador de acuerdo con una realización, en una vista lateral;

20 la figura 15 muestra una media carcasa del alojamiento de ventilador de la figura 14, en una vista axial;

la figura 16 muestra un alojamiento de ventilador de acuerdo con una realización, en una vista lateral;

25 la figura 17 muestra una media carcasa del alojamiento de ventilador de la figura 16, en una vista axial;

la figura 18 es una vista en la dirección axial de un rotor de acuerdo con la invención, en el que se muestra un anillo de soporte en transparencia, para resaltar mejor la posición y la forma de las palas del rotor;

30 la figura 19 es una vista en corte transversal radial parcial de un grupo de alojamiento de rotor del ventilador de acuerdo con una realización;

la figura 20 es una vista parcial en corte transversal radial del rotor solo del grupo de alojamiento del rotor de la figura 19;

35 la figura 21 muestra la geometría de un detalle del rotor en la figura 20.

Con referencia a las figuras, un ventilador radial se denota globalmente con el número de referencia 1. El ventilador 1 es, por ejemplo, adecuado para transportar aire y/o gas (también en forma de una mezcla de los mismos) hacia un quemador o una caldera o un sistema de calefacción general. El ventilador 1 es particularmente adecuado para transportar aire y/o gas hacia una caldera de condensación.

40 El ventilador 1 comprende un rotor 2 capaz de girar alrededor de un eje de rotación A, en particular dentro de un alojamiento 3 del ventilador. En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas, los términos "axial" y "radial" se refieren al eje de rotación A del rotor 2, a menos que se especifique lo contrario.

45 El alojamiento 3 comprende preferiblemente dos partes conectables separadas, tales como una media carcasa 4 que define un espacio 6 de rotor adecuado para recibir dentro del rotor 2 y una cubierta 5 adecuada para cerrar el espacio 6 de rotor. La media carcasa 4 y la cubierta 5 se pueden conectar entre sí, por ejemplo, por medio de miembros 7 de conexión roscados. La cubierta 5 puede comprender además una porción sobresaliente 5' adecuada para ser insertada con un acoplamiento conformado en el espacio 6 de rotor delimitado por la media carcasa 4, ventajosamente sustancialmente complementaria a la misma.

50 La cubierta 5 es adecuada para soportar un motor 8, preferiblemente eléctrico, destinado a mover el rotor 2 por medio de su árbol 9 que, con el ventilador 1 ensamblado, es coaxial al eje de rotación A. El motor 8 puede estar conectado a la cubierta 5 por medio de un soporte intermedio 10 provisto para la conexión a la cubierta 5, por ejemplo por medio de tornillos 11 para ser insertados en los correspondientes asientos 12 de tornillo de la cubierta 5. Preferiblemente, los asientos 12 de tornillo están dispuestos a lo largo de una circunferencia a distancias angulares constantes. Por ejemplo, los asientos 12 de tornillo pueden ser tres en número y separados 120 ° entre sí. Para permitir el acoplamiento de los tornillos 11 y los asientos 12 de tornillo, el soporte intermedio 10 puede estar provisto de tantos soportes radiales 15 distribuidos correspondientemente a los asientos 12 de tornillo de la cubierta 5.

65 Para limitar la transmisión de vibraciones entre el motor 8 y la cubierta 5, el ventilador 1 puede comprender medios para amortiguar las vibraciones. De acuerdo con una posible realización, tales medios de amortiguación de las vibraciones comprenden los primeros amortiguadores 13 adecuados para actuar entre el soporte intermedio 10 y la cubierta 5, por ejemplo elementos de goma provistos de una abertura pasante para el paso de los tornillos 11, a fin

de amortiguar las vibraciones paralelas al eje de rotación A. Alternativamente, o además de los primeros amortiguadores 13, el ventilador 1 puede comprender además los segundos amortiguadores 14, que actúan entre el soporte intermedio 10 y la cubierta 5 orientados y conformados para amortiguar las vibraciones transmitidas desde el motor 8 al alojamiento 3 a lo largo de direcciones radiales. Los segundos amortiguadores 14, por ejemplo elementos de goma, pueden insertarse en soportes 16 formados por o conectados a la cubierta 5, y preferiblemente dispuestos a lo largo de una circunferencia interior a la circunferencia a lo largo de la cual están dispuestos los asientos 12 de tornillo. Incluso más preferiblemente, tales soportes 16 son tres en número y están dispuestos a 120 ° entre sí. Los segundos amortiguadores 14 pueden colocarse, por ejemplo, lateralmente en contacto con el soporte intermedio 10, para actuar en la dirección radial entre este último y los soportes 16.

Para garantizar la protección del motor 8 durante el funcionamiento del ventilador 1, este último puede comprender un elemento 17 de cubierta conectado al motor 8, por ejemplo mediante tornillos 18. Dicho elemento 17 de cubierta tiene preferiblemente forma de copa, de modo que hace que el motor 8 sea inaccesible una vez que se ha ensamblado el ventilador 1. El elemento 17 de cubierta puede tener la función de proteger, además del motor 8, uno o más elementos auxiliares adicionales 48, tales como los circuitos electrónicos de control del motor 8.

Ventajosamente, para permitir el paso del árbol 9 del motor 8 a través de la cubierta 5 y su conexión con el rotor 2 alojado en el espacio 6 de rotor, la cubierta 5 comprende una abertura pasante 19.

El ventilador 1 comprende una abertura 20 de succión y una abertura 21 de descarga para el aire y/o el gas. De acuerdo con una realización, la abertura 20 de succión y la abertura 21 de descarga están hechas en la media carcasa 4. En particular, la abertura 20 de succión está preferiblemente dispuesta lateralmente en la media carcasa 4 y conformada de manera que el aire y/o gas entrante entre al espacio 6 de rotor y alcance el rotor 2 a lo largo de una dirección sustancialmente axial. La abertura 21 de descarga se hace preferiblemente en un extremo 23 de una porción 22 de descarga de la media carcasa 4 que se extiende en una dirección sustancialmente tangencial al alojamiento 3 (figuras 9, 15, 17), de modo que el aire y/o gas descargado por el rotor 2 circula en el espacio 6 de rotor a lo largo de líneas de flujo sustancialmente tangencial y es descargada por el ventilador 1 a través de la abertura 21 de descarga sin sufrir desviaciones excesivas en su movimiento.

En el extremo 23 de la porción 22 de descarga se puede proporcionar una brida 24 adecuada para conectar el ventilador 1 a elementos de soporte exteriores (no mostrados en las figuras), por ejemplo por medio de elementos de conexión roscados.

Para garantizar el movimiento del aire y/o gas en el ventilador 1, el rotor 2 comprende una pluralidad de palas principales 25 dispuestas sucesivamente alrededor del eje de rotación A (figuras 2, 5, 20, 21). Cada una de las palas principales 25 tiene un extremo delantero radialmente más interior 32 y un extremo trasero radialmente más exterior 33. El extremo delantero 32 tiene la función de aspirar y capturar el aire y/o gas que viene en la dirección axial desde la abertura 20 de succión y el extremo trasero 33 tiene la función de guiar el aire y/o gas descargado por el rotor 2 en el espacio 6 de rotor del alojamiento 3.

Cada una de las palas principales 25 comprende una superficie primaria cóncava de la pala principal 26 y una superficie secundaria convexa de la pala principal 27 opuesta a la superficie primaria de la pala principal 26. De esta manera, cada una de las palas principales 25 tiene una forma sustancialmente arqueada. Además, la superficie secundaria de la pala principal 27 de cada una de las palas principales 25 está orientada hacia la superficie primaria de la pala principal 26 de la siguiente pala principal. De esta manera, entre dos palas principales sucesivas de un par de palas principales, se forma un paso 28 de flujo para transportar el aire y/o gas entre una posición radialmente interior y una posición radialmente exterior del rotor 2. En particular, en la condición ensamblada del ventilador 1, el rotor 2, que gira como resultado del funcionamiento del motor 8, aspira el aire y/o gas de la abertura 20 de succión del alojamiento 3, coaxial al rotor 2, y lo transporta por efecto de la rotación del rotor en los pasos 28 de flujo delimitados por las palas principales 25, descargándolo al final radialmente fuera del rotor 2 en el espacio 6 de rotor.

Las palas principales 25 están conformadas para optimizar la dinámica del fluido dentro del rotor y, por lo tanto, el rendimiento general del ventilador 1.

De acuerdo con una realización (figuras 2 a 6), las palas principales 25 están libres de torsión (es decir, el ángulo de cuerda de la división es constante y la cuerda es paralela al eje de rotación A) y, en un plano de corte transversal perpendicular al eje de rotación A, se extiende a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura R1 sustancialmente constante, preferiblemente en el rango de 140 mm a 180 mm, preferiblemente de 150 mm a 170 mm, incluso más preferiblemente de aproximadamente 159 mm.

Por supuesto, en la evaluación de los parámetros dimensionales anteriores, se debe tener en cuenta el inevitable redondeo de los números decimales. Esta consideración también puede extenderse a las relaciones dimensionales y/o las dimensiones descritas y reivindicadas a continuación, y por lo tanto no se repetirá cada vez.

El rotor 2 comprende además una pluralidad de palas auxiliares 29 (llamadas "divisiones") también dispuestas alrededor del eje de rotación del rotor 2, y que tienen una extensión radial y una longitud menor que la extensión

radial y la longitud de las palas principales 25. Las palas principales 25 y las divisiones 29 se alternan, de modo que en cada uno de los pasos 28 de flujo solo se proporciona una de las divisiones 29.

5 Cada una de las divisiones 29 tiene un extremo delantero radialmente interior 34 y un extremo trasero radialmente exterior 35. Además, cada una de las divisiones 29 comprende una superficie primaria 30 de división cóncava y una superficie secundaria 31 de división convexa opuesta a la superficie primaria 30 de división de dicha división 29 (figuras 2, 5, 6). La superficie primaria 30 de división de cada una de las divisiones 29 está orientada hacia la superficie secundaria de la pala principal 27 de una primera de las palas principales 25 entre las cuales se posiciona la división 29 y la superficie 31 de división secundaria de cada una de las palas auxiliares 29 está orientada hacia la superficie primaria de la pala principal 26 de una segunda de las palas principales 25 entre las cuales está posicionada la división 29.

15 De acuerdo con una realización (figuras 2 a 6), las divisiones 29 están libres de torsión (es decir, el ángulo de cuerda de la división es constante y la cuerda es paralela al eje de rotación A) y, en un plano de corte transversal perpendicular al eje de rotación A, se extiende a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura R2 sustancialmente constante, preferiblemente en el rango de 140 mm a 180 mm, preferiblemente de 150 mm a 170 mm, incluso más preferiblemente de aproximadamente 159 mm. Ventajosamente, el radio de curvatura R2 de las divisiones 29 es sustancialmente igual al radio de curvatura R1 de las palas principales 25.

20 Las palas principales 25 y las divisiones 29 tienen, por lo tanto, preferiblemente la forma de porciones de pared cilíndrica que se extienden en una dirección paralela al eje de rotación A y con un radio de curvatura constante R1, R2 en los planos de sección ortogonales al eje de rotación A.

25 Para garantizar un flujo eficiente del aire y/o gas a través del rotor 2, así como absorciones de potencia limitada por el motor 8 que acciona el rotor 2, es importante que las palas, además de la forma descrita, tengan una disposición espacial adecuada dentro del rotor, así como una orientación adecuada en sus extremos delantero y trasero donde el aire y/o el gas se succionan y descargan respectivamente.

30 Con referencia a las palas principales (figuras 5 y 6), en el extremo trasero 33 es posible dibujar una línea recta T_{outpp} tangente al arco de la pala principal y una línea recta radial adicional R_{outpp} que conecta dicho extremo trasero 33 con el centro del rotor, es decir, con el eje de rotación A. Dichas dos líneas rectas T_{outpp} y R_{outpp} identifican un ángulo β_{outpp} de salida de la pala principal que, ventajosamente, está entre -5° y $+5^\circ$ y que preferiblemente es aproximadamente 0° . Por lo tanto, de acuerdo con una realización preferida, el extremo trasero de la pala principal 33 está orientado exactamente en una dirección radial al eje de rotación A.

35 También en el extremo delantero 32 de la pala principal 25 es posible dibujar una línea recta T_{inpp} tangente al arco de la pala principal y otra línea recta radial R_{inpp} que conecta dicho extremo delantero 32 al eje de rotación A. Dichas dos líneas rectas T_{inpp} and R_{inpp} identifican un ángulo de entrada de la pala principal β_{inpp} que está ventajosamente entre 45° y 55° y que es preferiblemente igual a aproximadamente $50,5^\circ$.

40 Las líneas rectas mencionadas anteriormente R_{outpp} y R_{inpp} , que pasan a través del eje de rotación A y, respectivamente, a través del extremo delantero 32 y el extremo trasero 33 de la pala principal 25, forman entre ellas un ángulo de envoltura de la pala principal θ_{pp} que está ventajosamente entre 30° y 50° y preferiblemente es igual a aproximadamente 43° .

45 Con referencia a las divisiones 29, con construcciones geométricas completamente análogas a las descritas para las palas principales 25, es posible identificar un ángulo de salida de la división β_{outps} , un ángulo de entrada de la división β_{inps} y un ángulo de envoltura de la división θ_{ps} (figuras 5, 6).

50 El ángulo de salida de la división β_{outps} puede estar entre -5° y $+5^\circ$ y es preferiblemente igual a aproximadamente 0° .

55 El ángulo de entrada de la división β_{inps} puede estar entre 4° y 6° y es preferiblemente igual a aproximadamente $4,7^\circ$.

El ángulo de envoltura de la división θ_{ps} puede estar entre 7° y -3° y es preferiblemente igual a aproximadamente 2° .

60 Los extremos traseros 33 de las palas principales 25 están dispuestos para definir una circunferencia exterior del rotor que delimita sustancialmente las dimensiones radiales máximas del rotor. De manera similar, los extremos delanteros 32 de las palas principales 25 están dispuestos de manera que definen una circunferencia interior de las palas principales. La circunferencia exterior del rotor y la circunferencia interior de las palas principales tienen respectivamente un diámetro de rotor D_{max} y un diámetro interior de las palas principales d_{ipp} (figura 4) que, ventajosamente, tienen una relación adimensional D_{max}/D_{ipp} en el rango entre 5 y 7 y que es preferiblemente aproximadamente igual a 5,9.

En la circunferencia exterior del rotor, el rotor 2 tiene una altura de rotor axial h_{ext} (figura 4). De acuerdo con una realización, el diámetro del rotor D_{max} y la altura del rotor axial h_{ext} tienen una relación D_{max}/H_{ext} en el rango de 4 a 5, y preferiblemente igual a aproximadamente 4,91.

5 Ventajosamente, los extremos traseros 35 de las divisiones 29 también están dispuestos a lo largo de la circunferencia exterior del rotor (figuras 4, 5). Además, sus extremos delanteros 34 están dispuestos de manera que definen una circunferencia interior de división con un diámetro interior de pala de división d_{ips} . Ventajosamente, el diámetro del rotor D_{max} y el diámetro interior de división D_{ips} tienen una relación D_{max}/D_{ips} en el rango de 1,55 a 1,65, preferiblemente igual a aproximadamente 1,59.

10 De acuerdo con una realización, la relación $R1/D_{max}$ entre el radio de curvatura $R1$ de las palas principales 25 y el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 está en el rango de 1,55 a 2,0, preferiblemente de 1,7 a 1,9, incluso más preferiblemente de aproximadamente $R1/D_{max} = 1,77$.

15 Ventajosamente, la relación $R2/D_{max}$ entre el radio de curvatura $R2$ de las divisiones 29 y el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 está en el rango de 1,55 a 2,0, preferiblemente de 1,7 a 1,9, incluso más preferiblemente aproximadamente $R2/D_{max} = 1,77$.

De acuerdo con una realización preferida, los parámetros geométricos se pueden elegir de la siguiente manera:

20 $D_{max} = 90 \text{ mm}$

$R1 = R2 = 159,1 \text{ mm}$

25 $d_{ipp} = 15,25 \text{ mm}$

$d_{ips} = 56,5 \text{ mm}$

$h_{ext} = 18,3 \text{ mm}$.

30 De acuerdo con una realización (figuras 2, 4), el rotor 2 comprende un elemento 36 de cubo destinado a ser conectado al árbol 9 del motor 8 para accionar el rotor 2. El elemento 36 de cubo forma una superficie 51 de guía orientada hacia un lado frontal 50 del rotor 2 destinado a estar orientado hacia la abertura 20 de succión del alojamiento 3. Las palas principales 25 y las divisiones 29 sobresalen de la superficie 51 de guía y, durante el movimiento de rotación del rotor 2 dentro del alojamiento 3, el aire y/o el gas son guiados desde la abertura 20 de succión a lo largo de la superficie 51 de guía en los pasos 28 de flujo definidos entre las palas principales 25. A lo largo de esta trayectoria, el aire o el gas se ven obligados a cambiar de dirección desde una dirección inicialmente principalmente axial (con respecto al eje de rotación A) a una dirección principalmente radial y circunferencial en relación con el eje de rotación A.

40 De acuerdo con un aspecto relativamente importante de la invención, la superficie 51 de guía es una superficie de rotación alrededor del eje de rotación A, preferiblemente anular, o alternativamente circular, con generatriz de doble curvatura que forma una porción convexa radialmente interior 52 a la que una porción cóncava intermedia 53 conecta (en un paso o punto de inversión libre de interrupción). Como ventaja adicional, la porción intermedia 53 se conecta a una porción 54 radialmente exterior sustancialmente rectilínea que forma un anillo exterior que es plano y ortogonal al eje de rotación A.

50 De esta forma, la superficie 51 de guía tiene la forma de una campana comprimida o aplanada axialmente, similar a una campana gaussiana, con el efecto de reducir la mezcla transversal, y los efectos de turbulencia entre las moléculas del gas transportado.

De acuerdo con una realización, las porciones radialmente interiores 52 e intermedias 53 de la generatriz de la superficie 51 de guía tienen la forma de un arco de un círculo en el que el radio de curvatura $R52$ de la porción radialmente interior 52 es menor que el radio de curvatura $R53$ de la porción intermedia 53, preferiblemente $R52 < 0,7 \cdot R53$, incluso más preferiblemente $R52$ es aproximadamente $0,5 \cdot R53$.

Además, la relación $D54ex/D_{max}$ entre un diámetro exterior $D54ex$ de la superficie 51 de guía y un diámetro exterior D_{max} del rotor 2 está ventajosamente en el rango de 0,7 a 0,85, preferiblemente aproximadamente 0,76.

60 Además, la relación $D53ex/D54ex$ entre un diámetro exterior $D53ex$ de la porción intermedia cóncava 53 de la generatriz de la superficie 51 de guía y un diámetro exterior $D54ex$ de la superficie 51 de guía está ventajosamente en el rango de 0,75 a 0,89, preferiblemente aproximadamente 0,83.

65 A modo de ejemplo de una realización ventajosa, los parámetros geométricos mencionados anteriormente se pueden elegir de la siguiente manera:

R52 = 8 mm ... 10 mm ... 12 mm,

R53 = 16 mm ... 20 mm ... 24 mm,

5 D54ex = 65 mm ... 68 mm ... 73 mm,

D53ex = 54 mm ... 56,5 mm ... 59 mm,

10 El rotor 2 también puede comprender un anillo 37 de soporte periférico, colocado en una posición axialmente opuesta al elemento 36 de cubo y que forma una abertura 38 que se solapa en la dirección axial (con relación al eje de rotación A) con el elemento 36 de cubo. Con el ventilador ensamblado, el anillo 37 de soporte se coloca alrededor de la abertura 20 de succión del alojamiento 3. De esta manera, durante el movimiento de rotación del rotor 2, el aire y/o el gas son guiados desde la abertura 20 de succión a través de la abertura 38 a lo largo de la superficie 51 de guía y a lo largo de una superficie interior 56 del anillo 37 de soporte que se cierra parcialmente en dos lados axialmente opuestos de los pasos 28 de flujo delimitados por las palas 25, 29, imponiendo así el aire y/o gas para transitar dentro de ellos.

20 El anillo 37 de soporte está conectado a todas las palas principales 25 y divisiones 29 en un lado frontal de las mismas axialmente opuesto a la superficie 51 de guía del elemento 36 de cubo.

De acuerdo con una realización, el elemento 36 de cubo, el anillo 37 de soporte y las palas principal y secundaria están hechos de una sola pieza, por ejemplo, usando un proceso de moldeo, preferiblemente en material plástico.

25 Para permitir la operación de moldeo del rotor 2 en una sola pieza, el elemento 36 de cubo y el anillo 37 de soporte están dispuestos de manera que la proyección del elemento 36 de cubo en el anillo 37 de soporte a lo largo del eje de rotación del rotor A esté en o dentro de la abertura 38 del anillo 37 de soporte. En particular, la abertura 38 tiene forma circular y el elemento 36 de cubo también tiene una forma circular con dimensiones iguales o inferiores (preferiblemente ligeramente más pequeñas) a las de la abertura 38.

30 Ventajosamente, el elemento 36 de cubo y el anillo 37 de soporte están conectados entre sí por medio de las palas principales 25 y las divisiones 29 (figura 4), que tienen sus extremos delanteros 32, 34 en el elemento 36 de cubo y comprenden porciones 40 de conexión en cuya altura (en la dirección axial A del rotor) aumenta gradualmente desde tales extremos delanteros 32, 34 radialmente hacia afuera hasta alcanzar el valor máximo en un área radialmente interior con respecto al anillo 37 de soporte. Comenzando desde la posición radial correspondiente al anillo 37 de soporte, las palas principales 25 y las divisiones 29 se extienden radialmente (pero no en una dirección perfectamente radial, sino con la curvatura descrita anteriormente) hacia afuera a lo largo del anillo 37 de soporte hasta sus extremos traseros 33, 35 (figuras 3, 5, 19, 20). Preferiblemente, los extremos traseros 33 de las palas principales 25 y las divisiones 29, que definen la circunferencia del rotor de diámetro D_{max} , terminan exactamente al ras con una circunferencia exterior del anillo 37 de soporte (figura 4).

40 En una realización, el diámetro exterior D_{37ex} del anillo 37 de soporte corresponde exactamente con el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 y la relación D_{max}/D_{37int} entre el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 y un diámetro interior D_{37int} del anillo 37 de soporte es en el rango de 1,1 a 1,3, preferiblemente aproximadamente 1,22.

45 A modo de ejemplo, se puede elegir D_{37int} en el rango de 73 mm ... 73,9mm ... 75 mm.

50 Como se ilustra, por ejemplo, en las figuras 3 y 4, un borde frontal de las palas principales 25 forma la porción 40 de conexión sustancialmente recta antes mencionada vista en una dirección circunferencial con respecto al eje de rotación A, al que se conecta una porción convexa exterior continua, por ejemplo formado por un arco intermedio de la porción circular 57 que tiene un radio de curvatura R_{57} y una porción radialmente exterior 58 de un arco circular que tiene un radio de curvatura R_{58} (en el anillo 37 de soporte), en el que la relación R_{57}/R_{58} de las dos curvaturas ventajosamente puede estar en el rango de 0,18 a 0,22, preferiblemente aproximadamente 0,2.

55 A modo de ejemplo de una realización ventajosa, los parámetros geométricos mencionados anteriormente se pueden elegir de la siguiente manera:

R57 = 17 mm ... 20 mm ... 24 mm,

R58 = 92 mm ... 100 mm ... 110 mm.

60 La relación D_{25alt}/D_{max} entre un diámetro D_{25alt} del punto de altura axial máxima de la pala principal 25 y el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 puede estar ventajosamente en el rango de 0,45 a 0,6, preferiblemente aproximadamente 0,52.

65 Para permitir la conexión del rotor 2 al motor 8, el elemento 36 de cubo comprende ventajosamente una porción tubular 42 adecuada para recibir el árbol 9 del motor 8 y que preferiblemente se extiende en paralelo al eje de

rotación A del rotor 2. El árbol 9 puede estar conectado a la porción tubular 42 por medio de medios de bloqueo (no mostrados en las figuras) adecuados para conectar este último integralmente en rotación y en traslación a lo largo del eje de rotación A.

5 En esta área de unión tubular del árbol del motor al elemento 36 de cubo, el elemento 36 de cubo puede formar una discontinuidad con respecto a la curvatura de la superficie 51 de guía descrita (figuras 4, 20).

En una realización preferida, el número de palas principales 25 es diecisiete y el número de divisiones 29 es diecisiete.

10 Las palas principales 25 y las divisiones 29 pueden tener un grosor sustancialmente constante s_{pp} y s_{ps} igual a aproximadamente 1,15 mm (en el extremo más delgado) ... 1,8mm.

15 El espacio 6 de rotor del alojamiento 3 en la dirección axial tiene una altura axial de alojamiento H_{all} (figuras 3, 19) que, ventajosamente, tiene con la altura axial del rotor h_{ext} una relación en el rango $H_{all}/H_{ext} = 1,0 \dots 1,15$, preferiblemente igual a aproximadamente $H_{all}/H_{ext} = 1,08$.

A modo de ejemplo de una realización preferida, la altura axial del alojamiento H_{all} puede ser de 19,2 mm ... 19,8mm ... 20,3mm.

20 Además, el espacio 6 de rotor del alojamiento 3, transversalmente a su altura H_{all} , y por lo tanto transversalmente al eje de rotación A del impulsor 2, está delimitado por un perfil transversal que comprende una sección principal 45 ventajosamente conformada como una pluralidad de arcos circulares de alojamientos sucesivos (figuras 9, 15, 17). El perfil transversal del espacio 6 de rotor puede comprender además una porción 46 de descarga, en la cual el alojamiento 3 se extiende dentro de la porción 22 de descarga, identificado por un ángulo de referencia α .

De acuerdo con una realización, la sección principal 45 comprende cuatro de los arcos circulares de alojamiento sucesivos anteriormente mencionados, en particular un arco primero CC1, segundo CC2, tercero CC3 y cuarto CC4 de un círculo de alojamiento que tiene respectivamente un primer radio de alojamiento de curvatura RC1, un segundo radio de alojamiento de curvatura RC2, un tercer radio de alojamiento de curvatura RC3, y un cuarto radio de alojamiento de curvatura RC4. Estos arcos de círculos de alojamiento están dispuestos en un orden, preferiblemente comenzando más o menos desde la porción 46 de descarga, con una dirección opuesta a la de rotación del rotor 2. En particular, con referencia a la figura 9, los arcos de los círculos de alojamiento están dispuestos en sentido antihorario, mientras que el rotor está destinado a girar en sentido horario.

30 Ventajosamente, tales radios de curvatura del alojamiento tienen relaciones en los siguientes rangos y valores preferidos (subrayados): $RC1/RC2 = 1,25 \dots \underline{1,27} \dots 1,3$; $RC1/RC3 = 1,37 \dots \underline{1,4} \dots 1,43$; $RC1/RC4 = 1,45 \dots \underline{1,49} \dots 1,53$.

40 A modo de ejemplo de una realización ventajosa, los parámetros geométricos mencionados anteriormente se pueden elegir de la siguiente manera:

$$RC1 = 67 \text{ mm} \dots \underline{70 \text{ mm}} \dots 73 \text{ mm},$$

45 $RC2 = 52 \text{ mm} \dots \underline{55 \text{ mm}} \dots 58 \text{ mm},$

$$RC3 = 47 \text{ mm} \dots \underline{50 \text{ mm}} \dots 53 \text{ mm},$$

50 $RC4 = 44 \text{ mm} \dots \underline{47 \text{ mm}} \dots 50 \text{ mm},$

siempre que los radios de curvatura de alojamiento RC1, RC2, RC3, RC4 disminuyan de RC1 a RC4, es decir, en sentido antihorario en la figura 9.

De acuerdo con una realización, el primer radio de curvatura del alojamiento RC1 y el diámetro del rotor D_{max} tienen una relación dentro del siguiente rango y valor preferido (subrayado): $D_{max}/RC1 = 1,2 \dots \underline{1,29} \dots 1,4$.

Los arcos de alojamiento del círculo están ventajosamente conectados de modo que la sección principal 45 del perfil transversal del espacio 6 de rotor está sustancialmente libre de discontinuidades.

60 La porción 46 de descarga puede tener un ancho α entre 60° y 80° , preferiblemente igual a aproximadamente 70° .

Ventajosamente, el alojamiento 3 comprende una lengüeta 47 de guía adecuada para transportar el aire y/o gas descargado radialmente por el rotor 2 hacia la porción 22 de descarga y desde allí hacia la abertura 21 de descarga (figuras 9, 11-13, 15, 17). Esta lengüeta 47 de guía, preferiblemente en voladizo formada en una sola pieza con la media carcasa 4 del alojamiento 3, se coloca en el espacio 6 de rotor en la porción 46 de descarga.

5 La lengüeta 47 de guía forma una superficie interior radialmente curvada 59 (orientada hacia el espacio 6 de rotor) sustancialmente con dicho cuarto radio de curvatura del alojamiento RC4, y una superficie radialmente exterior 60 con una curvatura doble con una porción convexa alejada de la abertura 21 de descarga y una porción cóncava al lado de la abertura 21 de descarga.

10 Para una ventaja adicional, la lengüeta 47 de guía tiene un corte transversal que aumenta gradualmente en la dirección del eje de rotación A hacia la abertura 21 de descarga (figura 13), para obligar al aire y/o gas descargado por el rotor a seguir una trayectoria circunferencial a lo largo de todo el espacio de rotor antes de alcanzar la porción 22 de descarga. Además, la lengüeta 47 de guía tiene un corte transversal que aumenta gradualmente en una dirección radial al eje de rotación A hacia la abertura 21 de descarga (figura 13).

15 El alojamiento 3, en particular la media carcasa 4 y la cubierta 5, están hechas preferiblemente de aluminio o aleación de aluminio.

El ventilador 1 configurado de esta manera puede garantizar valores de cabezal altos y que no sufran variaciones excesivas ya que los caudales dispensados varían. También se ha verificado que la potencia absorbida por el motor eléctrico para operar el ventilador a las presiones y caudales de trabajo se mantiene a niveles suficientemente bajos.

20 Las dimensiones totales del ventilador, debido esencialmente a las dimensiones axial y radial del rotor, que determinan las dimensiones axial y radial del alojamiento, son adecuadas para aplicaciones a las que están destinados los ventiladores de acuerdo con la invención, en particular para el suministro de aire y/o gas a calderas de condensación.

25 A partir de la descripción dada anteriormente, una persona experta en la técnica puede así apreciar cómo el rotor y el ventilador de acuerdo con la invención permiten el logro de curvas de trabajo eficientes de caudal-cabezal para un consumo de energía limitado y dimensiones generales.

30 Las figuras 21, 22, 23 ilustran una realización de un rotor y un ventilador que tienen varias características en común con el ventilador descrito hasta ahora, pero que difieren en algunos detalles que surgirán de la siguiente descripción breve.

35 Las palas principales 25 están libres de torsión y, en un plano de corte transversal perpendicular al eje de rotación A, se extienden a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura R1 sustancialmente constante, preferiblemente en el rango de 575 mm a 625 mm, preferiblemente aproximadamente 599 mm.

40 Las divisiones 29 están libres de torsión y, en un plano de corte transversal perpendicular al eje de rotación A, se extienden a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura R2 sustancialmente constante, preferiblemente en el rango de 575 mm a 625 mm, preferiblemente aproximadamente 599 mm.

Ventajosamente, el radio de curvatura R2 de las divisiones 29 es sustancialmente igual al radio de curvatura R1 de las palas principales 25.

45 La relación D_{max}/D_{ipp} entre la circunferencia exterior del rotor D_{max} y la circunferencia interior de las palas principales d_{ipp} está en el rango de 3,5 a 5,5, preferiblemente alrededor de 4,6.

El diámetro del rotor D_{max} y la altura del rotor axial h_{ext} tienen una relación D_{max}/H_{ext} en el rango de 7 a 7,5, y que preferiblemente es igual a aproximadamente 7,27.

50 El diámetro del rotor D_{max} y el diámetro interior de división D_{ips} tienen una relación D_{max}/D_{ips} en el rango de 1 a 2, preferiblemente igual a aproximadamente 1,5.

55 De acuerdo con una realización, la relación $R1/D_{max}$ entre el radio de curvatura R1 de las palas principales 25 y el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 (realización en las figuras 21 a 23) está en el rango de 4,5 a 5,5 preferiblemente aproximadamente $R1/D_{max} = 4,99$.

Ventajosamente, la relación $R2/D_{max}$ entre el radio de curvatura R2 de las divisiones 29 y el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 está en el rango de 4,5 a 5,5, preferiblemente aproximadamente $R2/D_{max} = 4,99$.

60 A modo de ejemplo, los parámetros geométricos se pueden elegir de la siguiente manera:

$$D_{max} = 120 \text{ mm}$$

$$R1 = R2 = 599,1 \text{ mm}$$

65 $d_{ipp} = 26,2 \text{ mm}$

$d_{ips} = 78 \text{ mm}$

$h_{ext} = 16,5 \text{ mm}$.

5 En las realizaciones de las figuras 21 a 23 también, el elemento 36 de cubo forma una superficie 51 de guía de la que sobresalen las palas principales 25 y las divisiones 29 y que es una superficie de rotación con respecto al eje de rotación A, preferiblemente anular o alternativamente circular, con generatriz de doble curvatura que forma una porción convexa radialmente interior 52 a la que se conecta una porción cóncava intermedia 53 (en un punto de
10 inversión continuo o sin interrupciones). Como ventaja adicional, la porción intermedia 53 se conecta a una porción radialmente exterior sustancialmente rectilínea 54 que forma un anillo exterior que es plano y ortogonal al eje de rotación A.

15 De esta forma, aquí también la superficie 51 de guía tiene la forma de una campana comprimida o aplanada axialmente, similar a una campana gaussiana, con el efecto de reducir la mezcla transversal y los efectos de turbulencia entre las moléculas del gas transportado.

20 Las porciones radialmente interiores 52 e intermedias 53 de la generatriz de la superficie 51 de guía están compuestas por series de arcos de un círculo en el que el radio de curvatura R_{52} de la porción radialmente interior 52 es menor que el radio de curvatura R_{53} de la porción intermedia 53.

Además, la relación D_{54ex}/D_{max} entre un diámetro exterior D_{54ex} de la superficie 51 de guía y un diámetro exterior D_{max} del rotor 2 está ventajosamente en el rango de 0,7 a 0,75, preferiblemente aproximadamente 0,72.

25 Además, la relación D_{53ex}/D_{54ex} entre un diámetro exterior D_{53ex} de la porción intermedia cóncava 53 de la generatriz de la superficie 51 de guía y un diámetro exterior D_{54ex} de la superficie 51 de guía está ventajosamente en el rango de 0,85 a 0,95, preferiblemente alrededor de 0,9.

30 Contrariamente a la realización de las figuras 2 y 3, en la realización de las figuras 21 a 23 el diámetro exterior D_{37ex} del anillo 37 de soporte es inferior al diámetro exterior D_{max} del rotor 2. La relación D_{max}/D_{37int} entre el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 y un diámetro interior D_{37int} del anillo 37 de soporte está en el rango de 1,2 a 1,3, preferiblemente aproximadamente 1,25.

35 La relación D_{max}/D_{37ext} entre el diámetro exterior D_{max} del rotor 2 y el diámetro exterior D_{37ext} del anillo 37 de soporte está en el rango de 1,02 a 1,1, preferiblemente aproximadamente 1,04.

A modo de ejemplo, D_{37int} puede elegirse en el rango de 92 mm ... 96 mm ... 100 mm y D_{37ext} puede elegirse en el rango de 113 mm...115,3 mm ... 117 mm.

40 Una persona experta en la técnica puede realizar numerosas modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas del rotor y del ventilador radial, reemplazando elementos con otros funcionalmente equivalentes para satisfacer requisitos contingentes específicos.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un rotor (2) para un ventilador radial (1), que es adecuado para rotar alrededor de un eje de rotación (A) y que comprende:
- 5 - una pluralidad de palas principales (25) dispuestas en secuencia alrededor de dicho eje de rotación (A) y que tiene extremos delanteros radialmente interiores (32) y extremos traseros radialmente exteriores (33),
- 10 - una pluralidad de palas auxiliares (29) que tienen un extremo delantero radialmente interior (34) y un extremo trasero radialmente exterior (35), y que tiene una extensión radial que es menor que una extensión radial de las palas principales (25), en el que las palas principales (25) y las palas auxiliares (29) se alternan mutuamente,
- 15 - un miembro (36) de cubo que forma una superficie (51) de guía desde la cual se proyectan las palas principales (25) y las palas auxiliares (29), caracterizado porque la superficie (51) de guía es una superficie rotacional con respecto al eje rotacional (A) con una generatriz que forma una porción convexa radialmente interior (52) y una porción intermedia cóncava (53), y una porción radialmente exterior (54).
- 2.- El rotor (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie (51) de guía tiene sustancialmente la forma de una campana gaussiana que se aplanan en la dirección del eje de rotación (A).
- 20 3.- El rotor (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas porciones radialmente interiores (52) e intermedias (53) de la generatriz de la superficie (51) de guía tienen la forma de un arco de un círculo y un radio de curvatura (R52) de la porción radialmente interior (52) se selecciona en un grupo de rangos que consisten en:
- 25 - el radio de curvatura (R52) de la porción radialmente interior (52) es menor que un radio de curvatura (R53) de la porción intermedia (53),
- el radio de curvatura (R52) de la porción radialmente interior (52) es $R52 < 0,7 \cdot R53$,
- 30 - el radio de curvatura (R52) de la porción radialmente interior (52) es aproximadamente $0,5 \cdot R53$.
- 4.- El rotor (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que una relación ($D54ex/Dmax$) entre un diámetro exterior ($D54ex$) de la superficie (51) de guía y un diámetro exterior ($Dmax$) del rotor (2) varía de 0,7 a 0,85, o dicha relación ($D54ex/Dmax$) es aproximadamente 0,76.
- 35 5.- El rotor (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que una relación ($D53ex/D54ex$) entre un diámetro exterior ($D53ex$) de la porción intermedia cóncava (53) de la generatriz de la superficie (51) de guía y un diámetro exterior ($D54ex$) de la superficie (51) de guía varía de 0,75 a 0,89, o dicha relación ($D53ex/D54ex$) es aproximadamente 0,83.
- 40 6.- El rotor (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las palas principales (25) están libres de torsión y se extienden a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura (R1) sustancialmente constante, que varía de 140 mm a 180 mm, en el que las palas auxiliares (29) están libres de torsión y se extienden a lo largo de un arco de un círculo con un radio de curvatura (R2) sustancialmente igual al radio de curvatura (R1) de las palas principales 25.
- 45 7.- El rotor (2) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que un ángulo de salida de la pala principal (β_{outpp}) varía entre -5° y $+5^\circ$, y un ángulo de entrada de la pala principal (β_{inpp}) varía entre 45° y 55° , en el que un ángulo de envoltura de la pala principal (θ_{pp}) varía entre 30° y 50° .
- 50 8.- El rotor (2) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que un ángulo de salida de la pala auxiliar (β_{outps}) varía entre -5° y $+5^\circ$, y un ángulo de entrada de la pala auxiliar (β_{inps}) varía entre 4° y 6° , en el que un ángulo de envoltura de la pala auxiliar (θ_{ps}) varía entre 7° y -3° .
- 55 9.- El rotor (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende un anillo (37) de soporte periférico, dispuesto en una posición axialmente opuesta con respecto al miembro (36) de cubo y conectado a las palas principales (25) y auxiliares (29), en el que una relación ($Dmax/D37int$) entre el diámetro exterior $Dmax$ del rotor (2) y un diámetro interior ($D37int$) del anillo (37) de soporte varía de 1,1 a 1,3.
- 60 10.- El rotor (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la porción radialmente exterior (54) de la generatriz de la superficie (51) de guía es rectilínea y forma un anillo exterior que es plano y ortogonal al eje de rotación (A).
- 65 11.- Un ventilador (1), que comprende un alojamiento (3) que define un espacio (6) de rotor que recibe un rotor (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

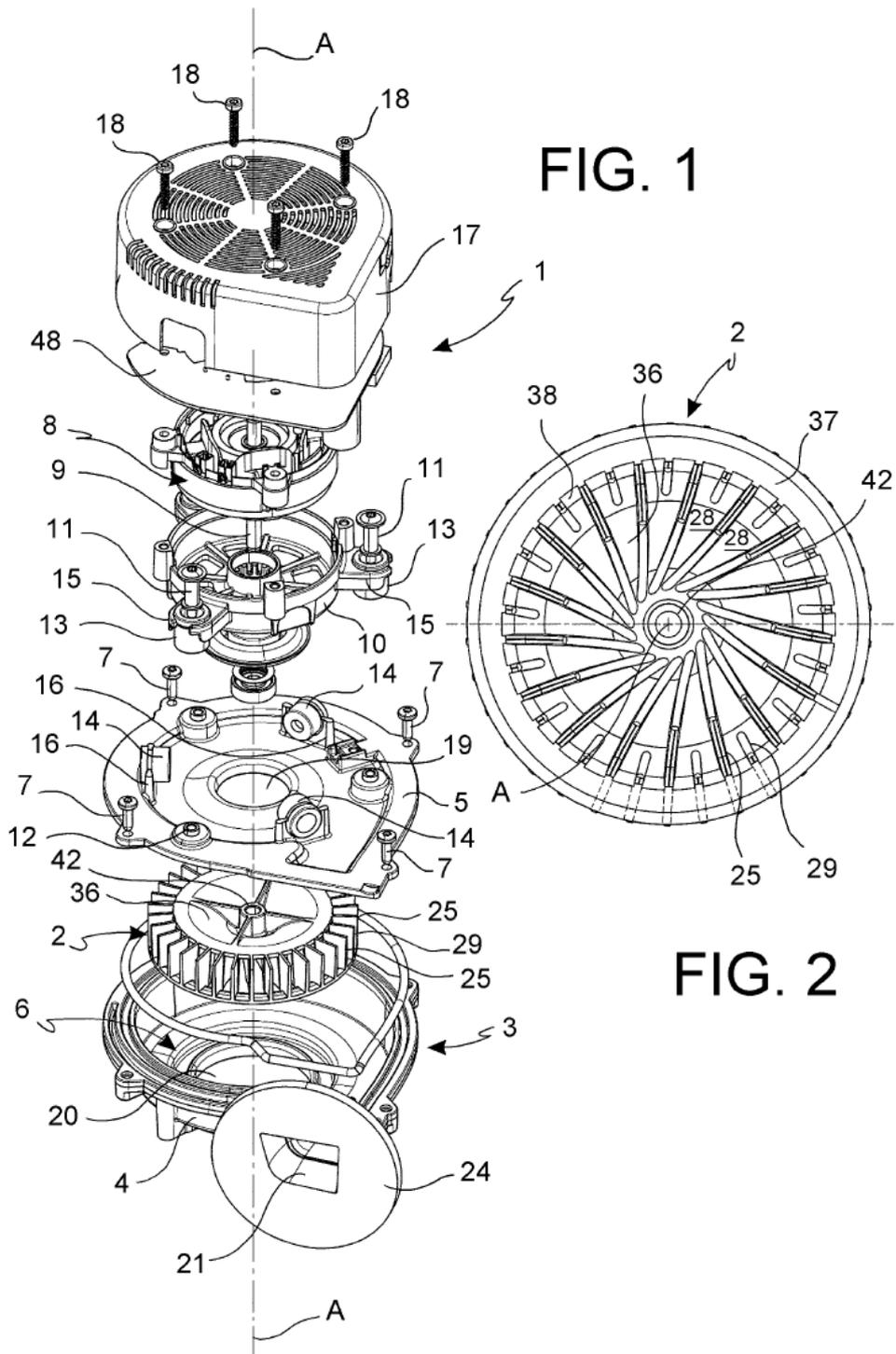
en el que una relación (Hall/hext) entre una altura axial del espacio (6) de rotor y una altura axial (hext) del rotor (2) en un perímetro exterior del mismo varía entre = 1,0...1,15,

5 en el que el espacio (6) de rotor está circunferencialmente definido por un perfil transversal que comprende una longitud principal (45) compuesta por un primer arco de alojamiento de un círculo (CC1), un segundo arco de alojamiento de un círculo (CC2), un tercer arco de alojamiento de un círculo (CC3) y un cuarto arco de alojamiento de un círculo (CC4), que tienen respectivamente un primer radio de curvatura de alojamiento (RC1), un segundo radio de curvatura de alojamiento (RC2), un tercer radio de curvatura de alojamiento (RC3) y un cuarto radio de curvatura de alojamiento (RC4), y está dispuesto en secuencia con una dirección que es opuesta a la dirección de rotación del rotor (2), en el que dichos radios de curvatura de alojamiento tienen relaciones en los siguientes rangos:

10 $RC1/RC2 = 1,25 \dots 1,3;$

$RC1/RC3 = 1,37 \dots 1,43;$

15 $RC1/RC4 = 1,45 \dots 1,53.$



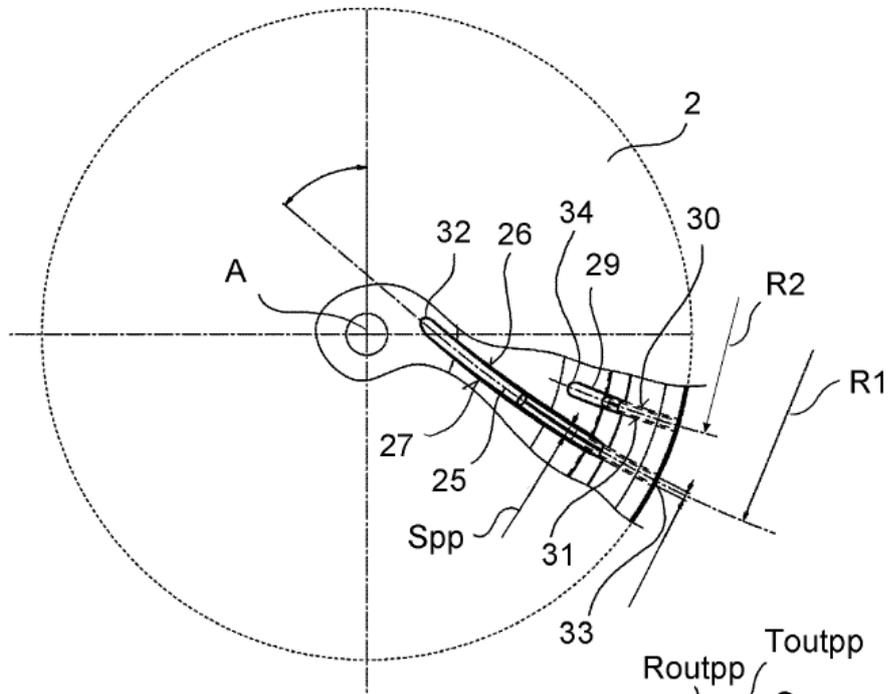


FIG. 5

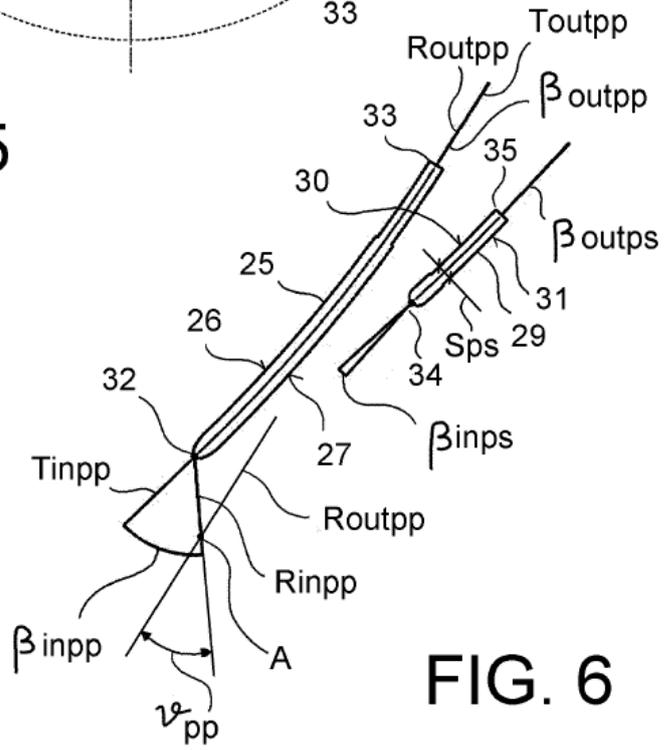


FIG. 6

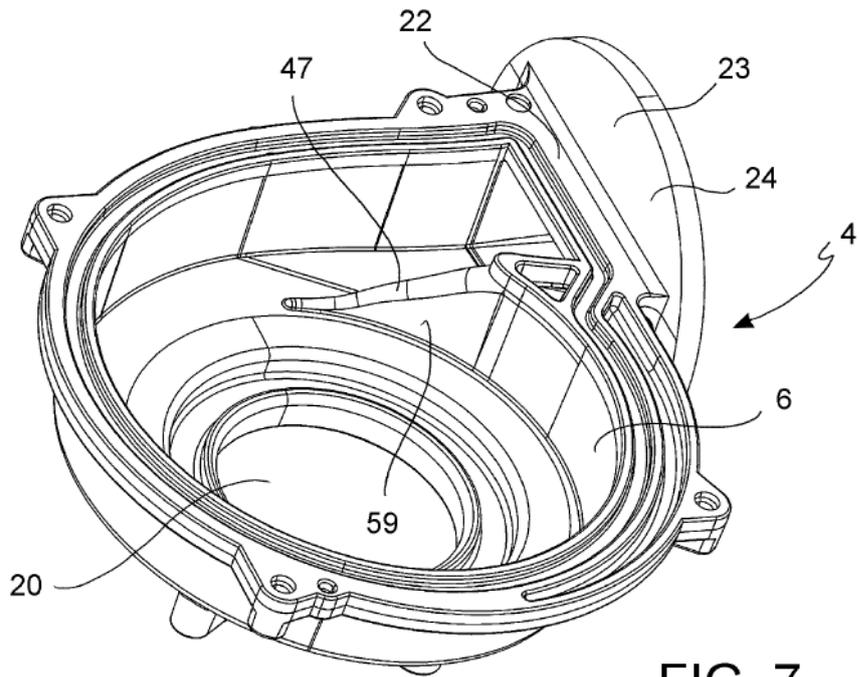


FIG. 7

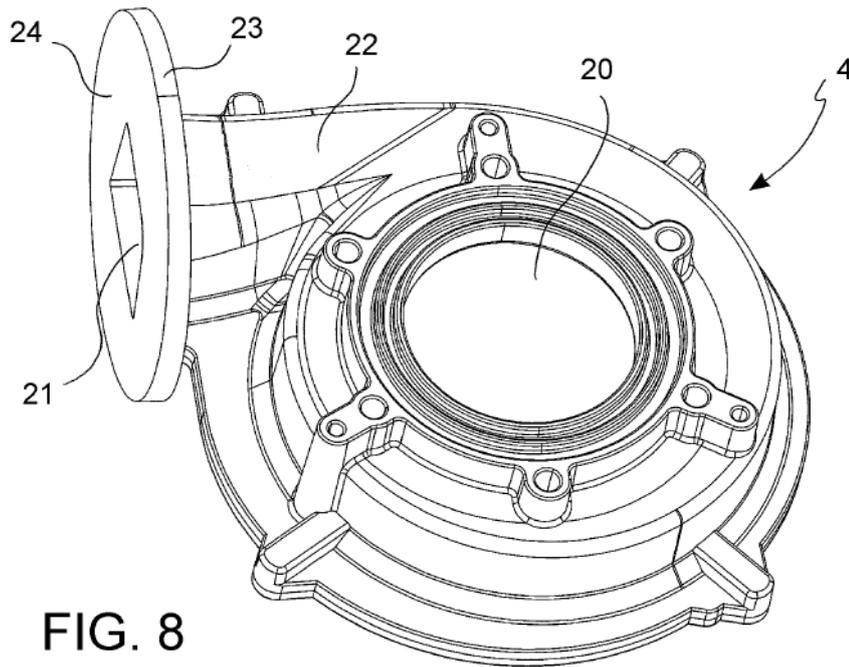


FIG. 8

FIG. 9

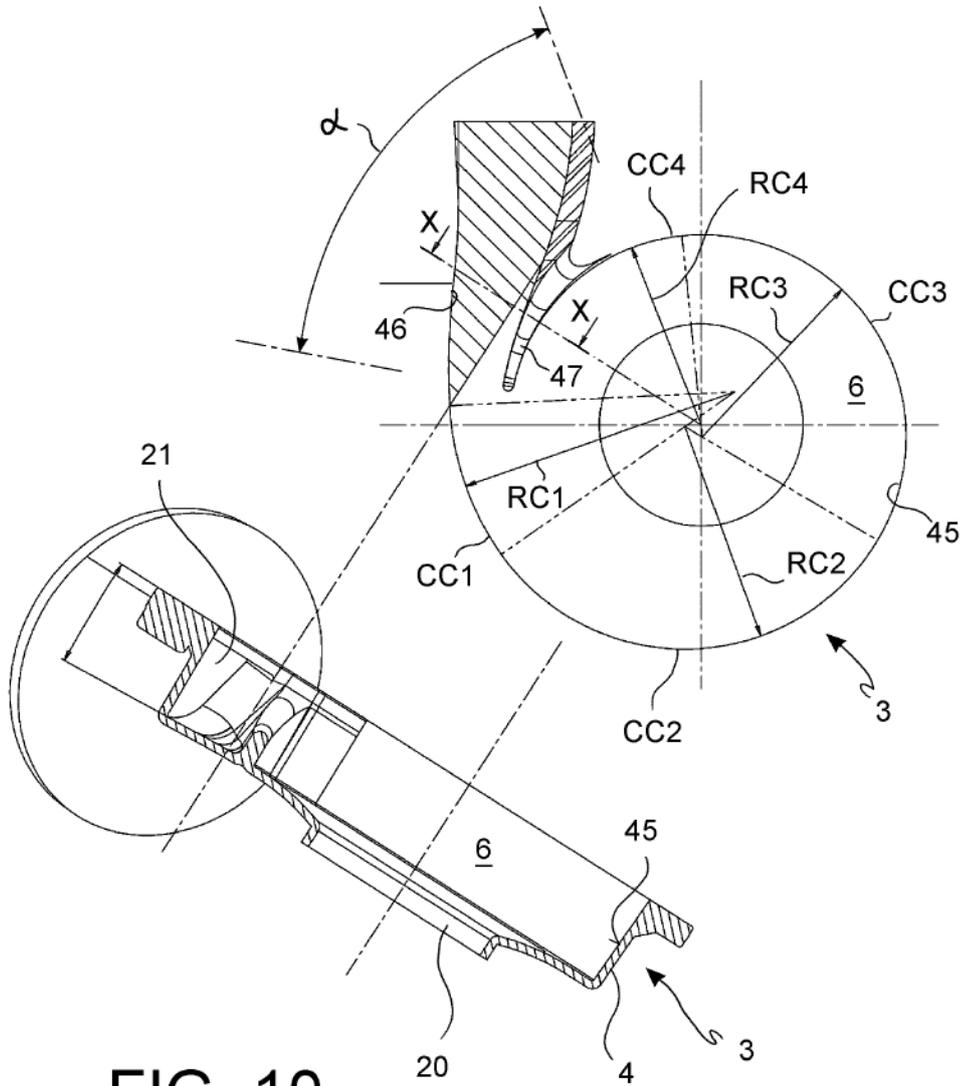
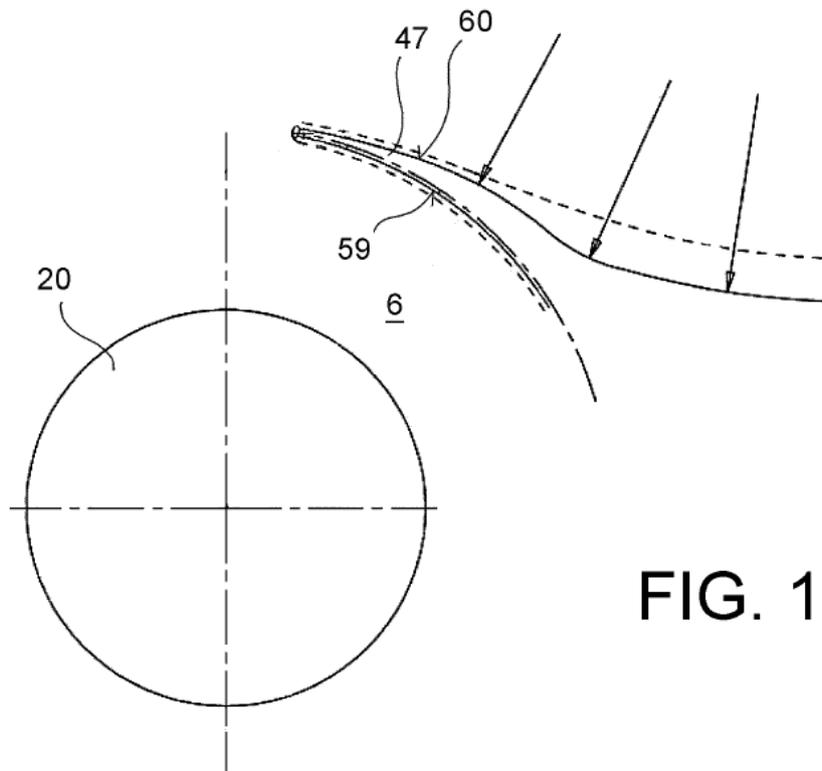
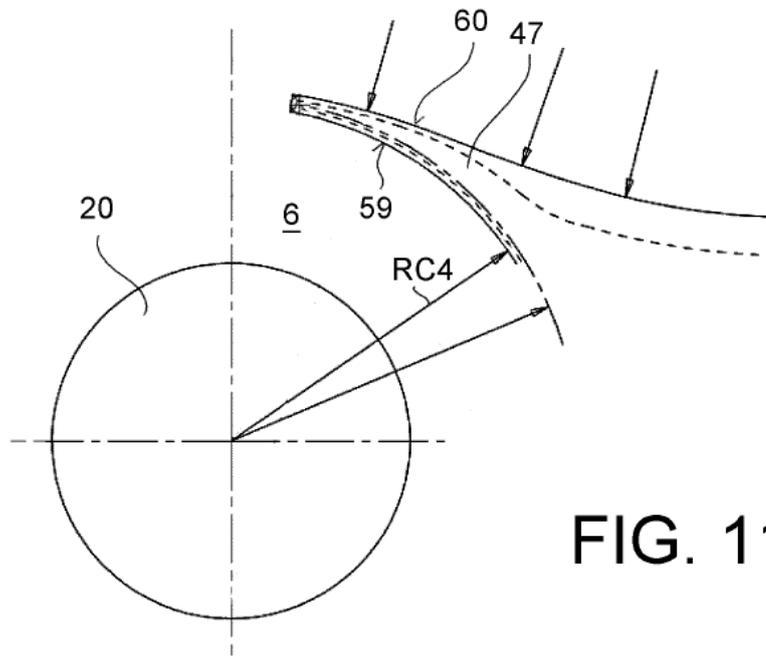
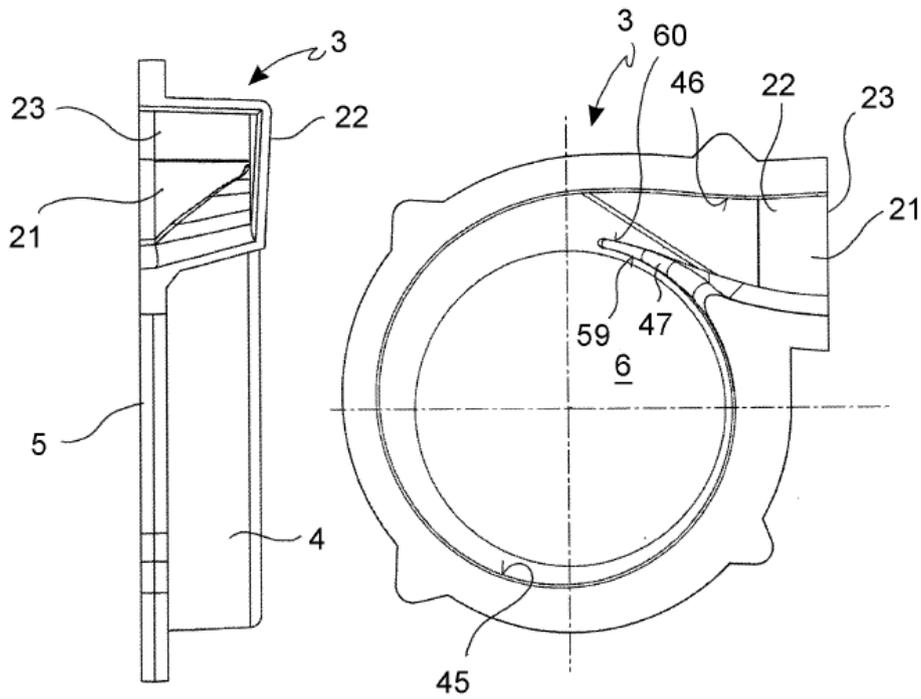
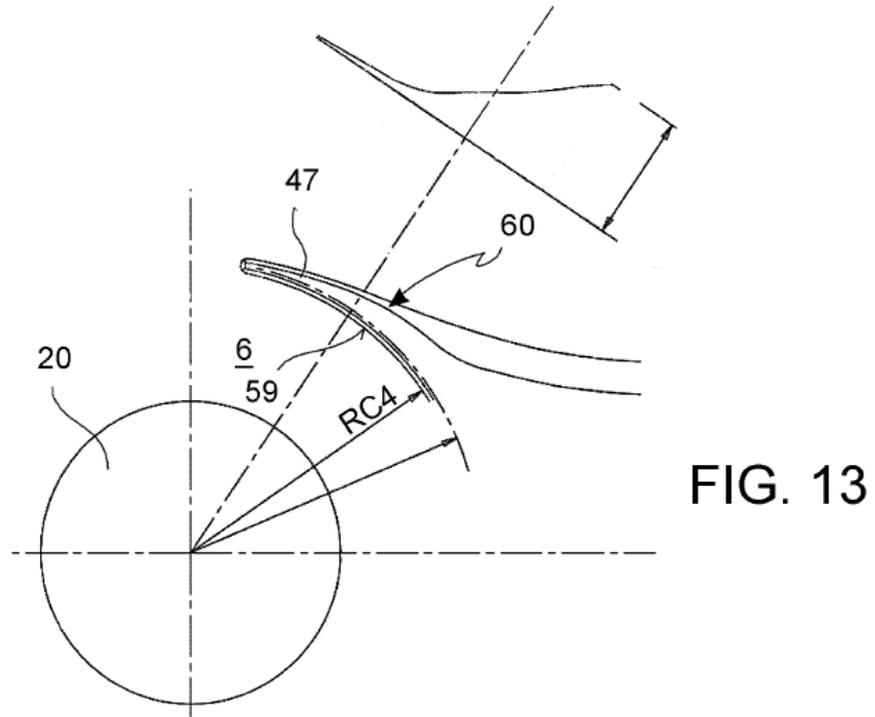


FIG. 10





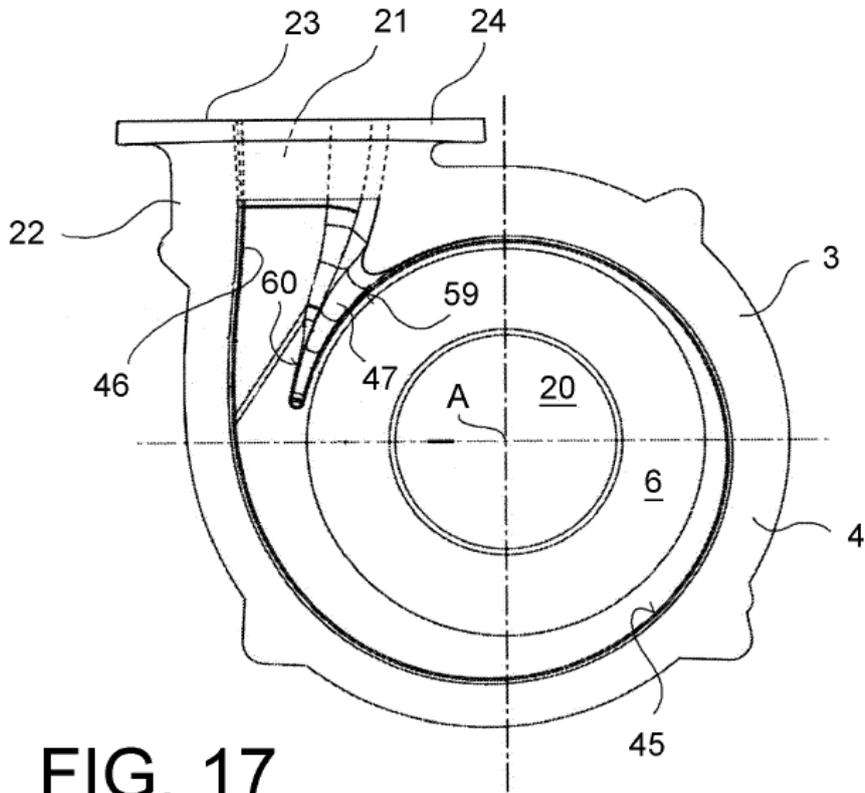


FIG. 17

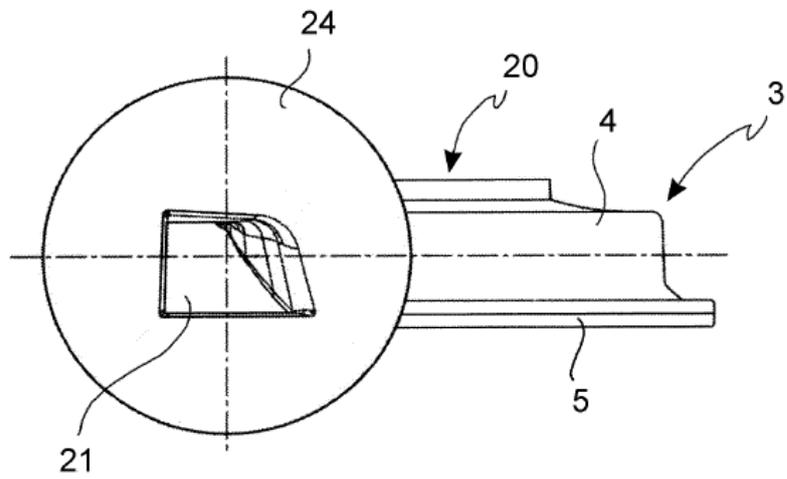


FIG. 16

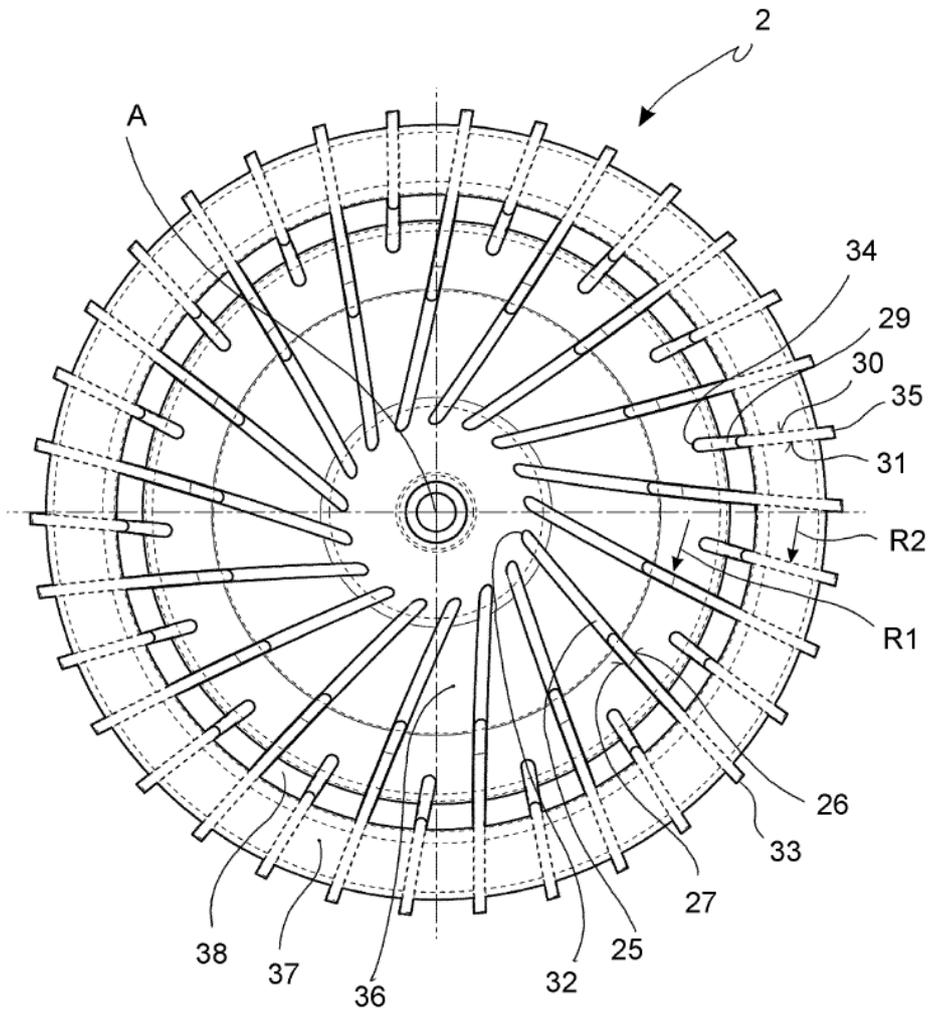


FIG. 18

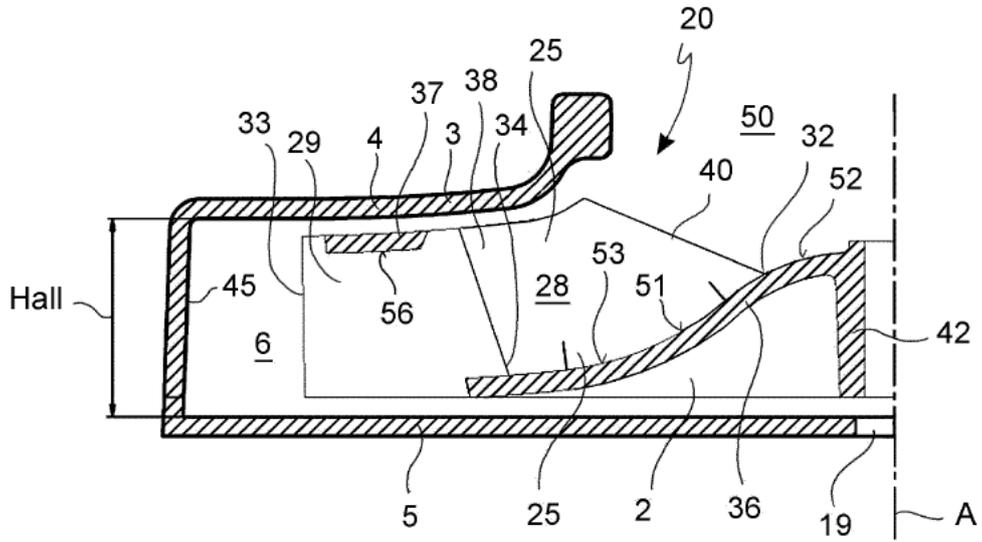


FIG. 19

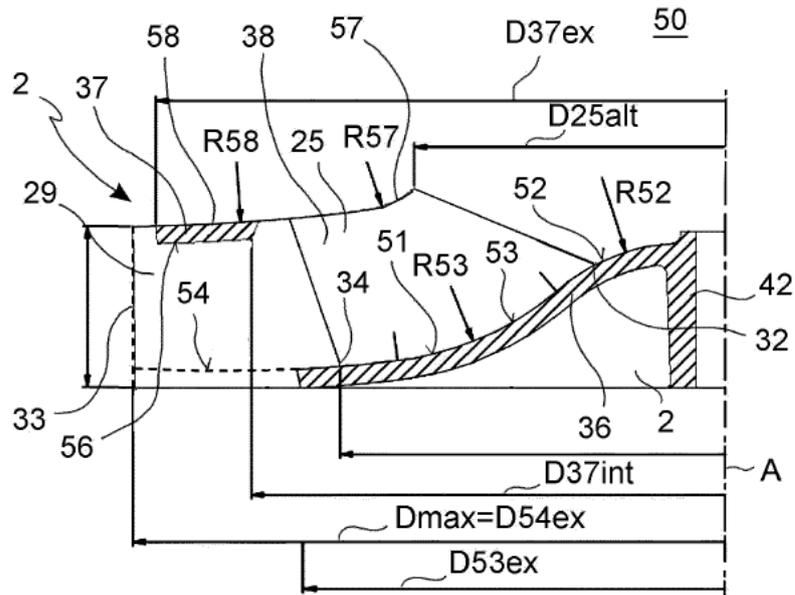


FIG. 20

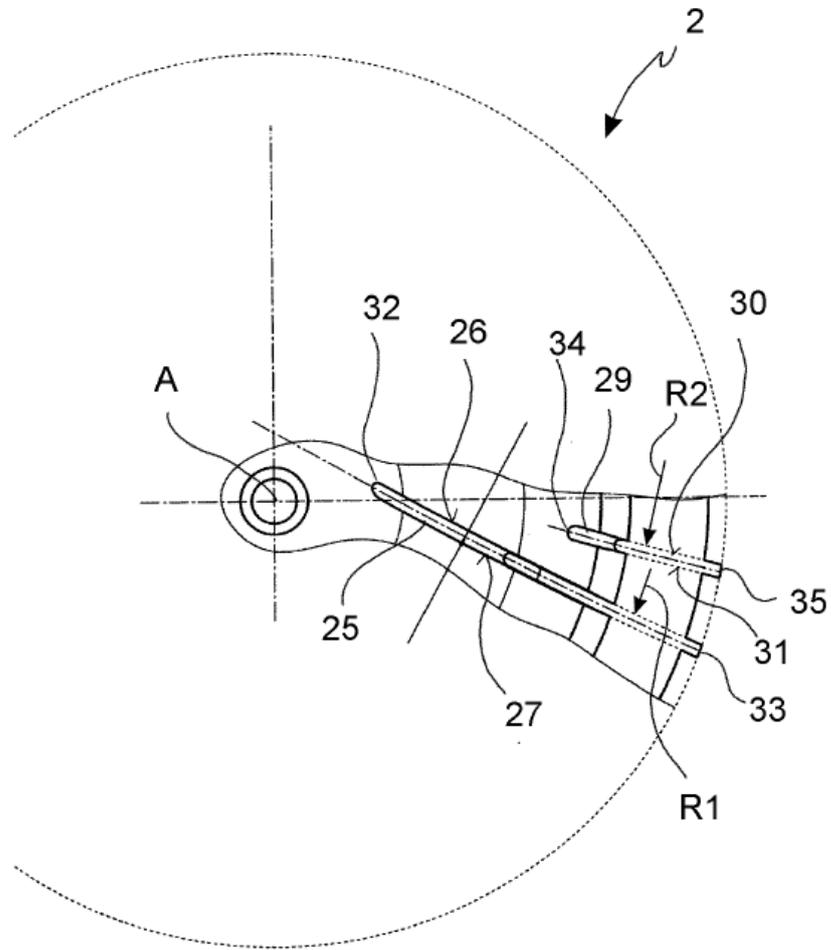


FIG. 21